

Ciência animal em debate

Adriana Regina Bagaldo
Ossival Lolato Ribeiro
Wendell Marcelo de Souza Perinotto
(Orgs.)



Ciência animal em debate

REITOR

Fábio Josué Souza dos Santos

VICE-REITOR

José Pereira Mascarenhas Bisneto

SUPERINTENDENTE

Rosineide Pereira Mubarack Garcia

CONSELHO EDITORIAL

Ana Lúcia Moreno Amor

Josival Santos Souza

Luiz Carlos Soares de Carvalho Júnior

Maurício Ferreira da Silva

Paulo Romero Guimarães Serrano de Andrade

Robério Marcelo Rodrigues Ribeiro

Rosineide Pereira Mubarack Garcia (presidente)

Sirlara Donato Assunção Wandenkolk Alves

Walter Emanuel de Carvalho Mariano

SUPLENTE

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Marcílio Delan Baliza Fernandes

Wilson Rogério Penteado Júnior

COMITÊ CIENTÍFICO

(Referente ao Edital nº. 002/2020 EDUFRB – Edital de
apoio à publicação de livros eletrônicos)

Adriana Regina Bagaldo

Ossival Lolato Ribeiro

Wendell Marcelo de Souza Perinotto

Ana Patricia David de Oliveira

Edenilce de Fátima Ferre Martins

Mariza Alves Ferreira

Samira Maria Peixoto C. da Silva

Rosileia Silva Souza

EDITORA FILIADA À



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Adriana Regina Bagaldo
Ossival Lolato Ribeiro
Wendell Marcelo de Souza Perinotto
(Orgs.)

Ciência animal em debate



Editora UFRB

Cruz das Almas - BA /Brasil -2020

Copyright©2020 Adriana Regina Bagaldo, Ossival Lolato
Ribeiro e Wendell Marcelo de Souza Perinotto

Direitos para esta edição cedidos à EDUFRB.

Projeto gráfico, capa e editoração eletrônica:
Antonio Vagno Santana Cardoso

A reprodução não-autorizada desta publicação, por qualquer
meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

C569c Ciência animal em debate / Organizadores: Adriana
Regina Bagaldo, Ossival Lolato Ribeiro e Wendell
Marcelo de Souza Perinotto. _ Cruz das Almas, BA:
EDUFRB, 2020.

254p.; il. . – (Coleção Pesquisas e Inovações
Tecnológicas na Pós-Graduação da UFRB; volume 4).

ISBN: 978-65-87743-38-7.

1. Zootecnia. 2. Ciência Animal. 3. Produção Animal.
I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.
II. Bagaldo, Adriana Regina. III. Ribeiro, Ossival Lolato.
IV. Perinotto, Wendell Marcelo de Souza. V. Título.

CDD: 636.08

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 /
1615) & Neubler Nilo Ribeiro da Cunha (Bibliotecário - CRB5/1578)
(os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico)



Editora UFRB

Rua Rui Barbosa, 710 – Centro
44380-000 Cruz das Almas – BA /Brasil
Tel.: (75) 3621-7672
editora@reitoria.ufrb.edu.br
www.ufrb.edu.br/editora
www.facebook.com/editoraufrb

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelas bolsas de mestrado e de pós-doutorado do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD), viabilizadas aos estudantes que participaram das pesquisas relatadas neste livro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pelas bolsas de mestrado viabilizadas aos estudantes, e pelo fomento de vários estudos que contribuíram para a construção deste livro.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento de pesquisas que participaram de vários capítulos deste livro.

Sumário

Apresentação

*Adriana Regina Bagaldo, Ossival Lolato Ribeiro,
Wendell Marcelo de Souza Perinotto* 7

Ingredientes alternativos para ovinos a pasto

*Adriana Regina Bagaldo, Ana Patrícia David de Oliveira,
Mailin Vasconcelos dos Santos Lima, Bruna Yasnaia
de Souza Oliveira, Bruna de Jesus Almeida,
Gilmara da Silva Miranda* 11

Tratos culturais para a palma forrageira

*Ossival Lolato Ribeiro, Tarcísio Marques Barros,
Daniele Rebouças Santana Loures, Pedro Leon Gomes Cairo* 33

Conservação de coprodutos de sisal

*Ossival Lolato Ribeiro, Daniele Rebouças Santana Loures,
Ernani Macedo Pedreira, Pedro Leon Gomes Cairo,
Givanildo Lopes da Silva* 53

Biocontrole e manejo parasitário em ruminantes

*Luis Eduardo Meira Faria, Inês dos Santos Pereira,
Ially de Almeida Moura, Giancarlo Bomfim Ribeiro,
Wendell Marcelo de Souza Perinotto* 69

Cobre supranutricional para frangos: revendo aplicações

*Valmiro Lima Aragão Neto, Victor Cruz Aragão,
Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito* 99

Fruit meal on red tilapia aquafeed 123

*Jessica Cerqueira dos Santos, Rodrigo Fortes-Silva,
Edenilce de Fátima Ferreira Martins, Denise Soledade
Peixoto Pereira, Felipe Guedes de Araújo,
Angélica Maria Lucchese, Edna Dória Peralta* 125

Pescado: desenvolvimento de novos produtos

Norma Suely Evangelista-Barreto, Thais Arrais Mota,

Tiago Sampaio de Santana, Mariza Alves Ferreira 147

Caranguejo-uçá: bioecologia, pesca e conservação

*Thaís Arrais Mota, Sérgio Schwarz da Rocha,
Norma Suely Evangelista-Barreto* 175

Abelhas sociais: alternativa zootécnica 197

*Michelle Santos da Silva, Jossimara Neiva de Jesus,
Andreia Santos do Nascimento, Samira Maria Peixoto
Cavalcante da Silva, Maria Angélica Pereira
de Carvalho Costa, Geni da Silva Sodré,
Carlos Alfredo Lopes de Carvalho* 199

Comportamento higiênico em abelhas sem ferrão

*Jossimara Neiva de Jesus, Roberto Barbosa Sampaio,
Michelle Santos da Silva, Geni da Silva Sodré, Cândida
Maria Lima Aguiar, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho* 223

Sobre os autores 243

Apresentação

Adriana Regina Bagaldo

Ossival Lolato Ribeiro

Wendell Marcelo de Souza Perinotto

O Programa de Pós-Graduação (PPG) em Ciência Animal, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, iniciou a sua primeira turma em 2008. O Programa tem por objetivo a atualização, o aprimoramento e a especialização de profissionais das Ciências Agrárias e Biológicas para atuarem no magistério superior e/ou pesquisa em Universidades, empresas de pesquisa e iniciativa privada, qualificando-os e habilitando-os para o desenvolvimento de projetos e para a busca de novos conhecimentos que visem a solucionar problemas relacionados a estas áreas de conhecimento. Com mais de 100 mestres titulados, o PPG Ciência Animal tem atuado com pesquisas regionais, principalmente, no Recôncavo da Bahia, além de alcançar, também, a região do semiárido.

Os capítulos deste e-book – Ciência Animal em Debate - foram cuidadosamente elaborados pelos professores, com a participação de orientados e colaboradores. Em cada capítulo foi focalizado um assunto atual e relevante, oriundo de resultados de estudos realizados ao longo do tempo pelos corpos docente e discente. Os capítulos foram organizados de acordo com as áreas de concentração do PPG Ciência Animal: (1) Nutrição e Alimentação Animal e (2) Produção Animal. Quatro linhas de pesquisa compõem estas duas áreas: Nutrição e Alimentação de Ruminantes; Nutrição e Alimentação de não Ruminantes; Produção e Manejo de Ruminantes; Produção e Manejo de não Ruminantes.

Espera-se que este material possa contribuir com a comunidade científica e acadêmica das áreas de Zootecnia, Recursos Pesqueiros

e afins para estudos em Ciência Animal. Assim, apresentamos o e-book “Ciência Animal em Debate” permitindo o pleno uso de seus textos e figuras, desde que respeitados os direitos dos autores a terem os devidos créditos. Reforçamos, ainda, que os textos apresentados nesta edição são de inteira responsabilidade dos autores.

Ingredientes alternativos para ovinos a pasto

*Adriana Regina Bagaldo
Ana Patrícia David de Oliveira
Mailin Vasconcelos dos Santos Lima
Bruna Yasnaia de Souza Oliveira
Bruna de Jesus Almeida
Gilmara da Silva Miranda*

Introdução

No Nordeste do Brasil, o aumento da agroindústria ocorreu tanto pela ampliação quanto pela tecnificação das áreas de exploração agrícola. A Bahia, devido a sua produção agrícola, possui grande quantidade de resíduos e subprodutos agroindustriais. Ao invés de serem utilizados como adubos, ou simplesmente descartados no ambiente, tais resíduos e subprodutos podem ser fornecidos na dieta de ruminantes. A produção regional inclui o farelo de cacau, a casca de café, a casca da soja, a torta de dendê e o bagaço e a parte aérea da mandioca com potencial para exploração pecuária (CARVALHO JÚNIOR et al., 2009).

Alimentos regionais provenientes da agroindústria (coprodutos ou subprodutos), ou oriundos da lavoura de grãos, das raízes e tubérculos, das gorduras e óleos, da fruticultura e de empresas processadoras de frutas poderiam ser acrescentados também na suplementação de ruminantes em pastejo (OLIVEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2012a). O fornecimento de coprodutos na suplementação de ruminantes a pasto pode resultar no aumento da produtividade com redução do uso dos ingredientes tradicionais (milho e soja) no período de entressafra (SAMPAIO et al., 2017; LOUSADA JR et al., 2005).

Pesquisas recentes qualificam esses alimentos e determinam os melhores níveis de suplementação para ruminantes, podendo resultar em maior ganho de peso dos animais em um menor período, produtos finais (leite e/ou carne) de qualidade e minimização dos custos no sistema de produção (OLIVEIRA et al., 2012a). Para esses resultados, as dietas formuladas devem apresentar níveis adequados de matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), minerais e vitaminas (BRANCO et al., 2010).

O sistema de pastejo, quando a pastagem é de boa qualidade para suprir as exigências nutricionais dos animais, é economicamente viável e lucrativo, apesar de ser mais susceptível às interferências ambientais (OLIVEIRA, 2018). Para amenizar os efeitos do clima nas características da pastagem e aumentar a produtividade do rebanho, a suplementação alimentar torna-se uma ferramenta indispensável (ALMEIDA, 2017), e isso se deve a um melhor ganho de peso individual.

A quantidade, a qualidade e o equilíbrio dos nutrientes na dieta possuem grande relevância e deve ser ajustado para um melhor desempenho produtivo. Em função disso, a pesquisa em nutrição animal desempenha um papel fundamental na busca do ingrediente que irá afetar positivamente a produção do rebanho (ROSA et al., 2019).

Suplementação para pequenos ruminantes

Ovinocultura e caprinocultura são atividades de destaque na produção animal, praticadas para fins de corte, lã e leite, sendo sua difusão pelo Brasil devido à habilidade dos animais em se adaptar a ambientes diversificados (HERMUCHE et al., 2013). Em muitos países de clima tropical, a ovinocultura é praticada com grandes limitações nutricionais em função da forragem em épocas quentes (MANEERAT et al., 2015). Nestes países tropicais, os ruminantes

são alimentados basicamente com pastagem; nos períodos de estiagem, a disponibilização do alimento diminui aumentando, assim, a demanda para suplementação com alimentos alternativos que preencham a deficiência dos nutrientes (DAMAS MSAKI et al., 2012).

A suplementação é o complemento da dieta e resulta em menor período para o animal atingir o peso ideal de abate, o que significa que o animal permanecerá menos tempo na fazenda (REIS et al., 2009). O uso de concentrado deve visar metas que não podem ser alcançadas, em dado momento, com o uso exclusivo das pastagens (SANTOS et al., 2004).

Animais sob pastejo de qualidade selecionam alimentos mais digestíveis, que resultam em consumos e ganhos de pesos maiores (BARROS et al., 2014). A suplementação desses animais melhora a resposta na produtividade e é uma forma de reduzir os custos na produção, por isso havendo necessidade de pesquisa das melhores fontes nutricionais disponíveis (COSTA et al., 2009).

Suplementação alimentar para animais em pastejo está cada vez mais comum. É importante que a suplementação seja um complemento da dieta, com o intuito de suprir os nutrientes deficientes na forragem disponível (GARCIA et al., 2014).

No período da seca, a produção de massa verde pode diminuir substancialmente. Assad et al. (2015), no experimento durante o período do ano de transição águas-seca, observaram gradual redução na quantidade de massa de forragem seca total de 6500 kg/ha para 5500 kg/ha no período de estiagem. A relação de folha verde/massa de forragem reduziu-se em 22,8% do início ao final do experimento, passando de 2692 kg/ha para 1084 kg/ha.

Nesse período de seca, o desempenho produtivo dos animais diminui, pois ocorre a ingestão insuficiente de nutrientes devido à redução e baixa qualidade da massa de forragem ofertada (GARCIA et al., 2014). Ribeiro et al. (2014) observaram que ovinos da Raça Santa Inês suplementados a pasto consumiram mais matéria seca

total (1186g de MS/animal/dia) do que os animais mantidos apenas com mistura mineral e forragem (1017g de MS/animal/dia), o que evidencia a capacidade da suplementação em aumentar o consumo de matéria seca total por animais em pastejo.

Animais que consomem suplemento têm maior aporte de nutrientes e são menos dependentes da pastagem para atender suas exigências nutricionais, o que ocasiona menor competição na procura por alimento porque aumenta a seletividade dos animais quanto à escolha do local de pastejo (PROVENZA et al., 1999). Ovinos que não recebem suplemento apresentam maiores tempos diários de pastejo em relação àqueles sob suplementação, cujo tempo de pastejo sob suplementação é, em média, 20% inferior ao daqueles que não recebem suplemento (JOCHIMS et al., 2010).

Apesar das vantagens apresentadas para a suplementação da dieta de ruminantes, Marcondes et al. (2011) alertam para o fato de que a melhoria do nível nutricional da dieta proporciona aumento no custo da alimentação, o que pode tornar a atividade pecuária pouco lucrativa. Sendo assim, é necessária a constante busca por meios alternativos e eficientes, principalmente alimentares, que sejam viáveis economicamente e de fácil utilização, tendo em vista as consequências ocasionadas por grandes períodos de seca e a falta de informação sobre as formas de conservação do alimento ou a introdução de novas técnicas nas propriedades rurais (BATISTA; SOUZA, 2015).

Alimentos alternativos

Torta de dendê

O dendezeiro (*Elaeis guineenses*) é uma palmeira originária da Costa Ocidental da África, introduzida no Brasil no século XVII pelos escravos e que se adaptou ao clima tropical e úmido do país (SOUZA et al., 2010). O principal produto é o óleo extraído industrialmente

da polpa do fruto, pois possui aceitação pelos diversos segmentos industriais como fonte de óleo vegetal (SILVA, 2006).

Esta palmeira é uma oleaginosa bastante produtiva (SOUSA et al., 2010), podendo ser uma das principais fontes de biodiesel no Brasil. Rocha (2007) reportou que a produtividade de óleo de palma é a maior do mundo, até 10 vezes superior à produtividade de óleo de soja, com rendimentos variando de 4 a 6 t/ha/ano, o que justifica a utilização para a produção de biodiesel.

No processamento dos frutos do dendezeiro obtêm-se os seguintes subprodutos: óleo de palma bruto (20%); óleo de palmiste (1,5%); torta de palmiste ou torta de dendê (3,5%); engaços (22%); fibras (12%); cascas (5%); efluentes líquidos (50%) (CAMPOS; CARMÉLIA, 2007). A torta de dendê é o produto resultante da polpa seca do dendê após moagem e extração do óleo de amêndoa do dendê ou palmiste.

Por possuir uma quantidade de óleo residual, a torta de dendê é um subproduto competitivo na alimentação animal (NÖEL, 2003). É um ingrediente que possui ácidos graxos (láurico, mirístico, oléico, palmítico, esteárico e linoléico (OLIVEIRA et al., 2015), e sua inclusão nas dietas de ruminantes pode resultar em melhores índices produtivos.

A adição da torta de dendê na dieta eleva a presença dos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) (RIBEIRO et al., 2011). É um alimento barato, não apresenta fatores antinutricionais e tem a seguinte composição: proteína bruta (14-19%); extrato etéreo (3-20%); fibra bruta (65%); cinzas (3-4%); cálcio (0,21-0,34%); fósforo (0,48-0,71%) (ALIMON, 2004; OLIVEIRA et al., 2017).

A composição química da torta de dendê varia de acordo com o processo de extração do óleo: mecânico (resulta em maiores teores de gordura no subproduto) ou por meio da adição de solvente químicos (SHARMILA et al., 2014). A variação dificulta o uso adequado desse resíduo na alimentação animal (COSTA et al., 2006).

Visoná-Oliveira et al. (2015) advertem que a inclusão acima de 7,5% de torta de dendê na MS da dieta para cordeiros acarreta redução do consumo de MS e de digestibilidade dos nutrientes, com possível comprometimento do desempenho.

A torta de dendê também apresenta alto teor de fibra, e pode comprometer o consumo pelo animal. Em sistema extensivo, Freitas et al. (2017) observaram que adicionar até 30% de torta de dendê no suplemento para cordeiros em pastejo reduziu o consumo de MS sem alterar o ganho de peso médio diário ou as características das carcaças.

Os elevados teores de extrato EE sobre o consumo de alimentos podem ocasionar o declínio da digestibilidade da fibra, fatores metabólicos ou a palatabilidade das fontes de lipídios. Silva et al. (2005) recomendam que a torta de dendê pode substituir o concentrado a base de milho moído em até 18% da matéria seca da dieta sem reduzir o consumo de cabras.

Contudo, alimentar animais com subprodutos derivados da indústria exige conhecimentos aprofundados referentes a sua composição químico-bromatológica e seu efeito em relação ao desempenho. Para Visoná-Oliveira et al. (2013), os níveis recomendados de torta de dendê na dieta de ruminantes são variados na literatura, seja por não ser um alimento padrão ou por diferenças nas condições experimentais.

Mugabe (2016) observou que a inclusão de até 45% de torta de dendê no concentrado de ovinos sob pastejo não afetou as características e o desenvolvimento testicular, além de ter mantido a qualidade do sêmen dos ovinos. Os parâmetros sanguíneos melhoraram, pois os níveis de colesterol total, de lipoproteínas de alta densidade, de lipoproteínas de muito baixa densidade e de triglicerídeos aumentaram.

Oliveira (2018) verificou que a inclusão de até 45% de torta de dendê na MS do suplemento concentrado para cordeiros a pasto

reduziu o consumo de matéria seca devido à baixa aceitabilidade da torta pelos animais. Além da redução no consumo, o desempenho dos animais também foi reduzido; entretanto, a conversão alimentar melhorou e a digestibilidade dos nutrientes não foi afetada. Em relação às características da carcaça e qualidade da carne dos cordeiros a inclusão da torta não afetou as características quantitativas da carcaça, mas a qualidade da carne apresentou maior teor de marmoreio, uma característica desejável e que pode agregar valor à carne.

Torta de mamona

A mamona é considerada uma fonte importante para produção de biodiesel por ser de fácil cultivo, de baixo custo e resistente à seca (BOMFIM; SILVA; SANTOS, 2009); é bastante difundida no Brasil, principalmente na região Nordeste. Além disso, pode ser consorciada com outras culturas, e o fato de ser adaptada à seca torna sua cultura especialmente adequada ao semiárido nordestino (SEVERINO et al., 2006). Outro fator importante é que a mamona não compete com outras culturas alimentares, tornando-se uma opção rentável e sustentável nas áreas não utilizadas para a produção de alimentos (BALAT, 2011).

O principal objetivo da produção de mamona é o beneficiamento das sementes, as quais são utilizadas para a extração do óleo que é utilizado para o desenvolvimento de diversos produtos, como lubrificantes para automóveis, materiais plásticos, medicamentos e cosméticos, além de fazer parte da produção do biodiesel (CANGEMI; SANTOS; CLARO NETO, 2010).

Em média, a semente de mamona é constituída de 65% de amêndoas e 35% de cascas; no caso da semente de alto rendimento, pode-se chegar a mais de 70% de amêndoas (BOMFIM; SILVA; SANTOS, 2009). A composição química das sementes pode variar de acordo com a variedade e a região de cultivo. Praticamente toda

a produção da mamona é industrializada, obtendo-se como produto principal o óleo e, como coprodutos, a torta e o farelo de mamona (COSTA et al., 2004).

De acordo com Abdalla et al. (2008), esses coprodutos possuem conteúdo proteico relativamente alto (em média 35%), o que sugere a sua utilização como fonte proteica. Suliman et al. (2015) afirmam que o farelo de mamona é um produto com alto teor de proteína, variando de 28 a 43%. Além disso, possui alto teor de fibras e lignina, o que pode limitar seu consumo (PALMIERI et al., 2016).

Entretanto, para se utilizar o farelo de mamona na alimentação de ruminantes é necessário que se realize uma destoxificação devido à presença dos fatores antinutricionais ricina (proteína), ricinina (alcalóide) e CB-1(complexo alergênico) (ASLANI et al., 2007).

Segundo Anandan et al. (2005), das três toxinas presentes na mamona, a ricina é a mais potente. De acordo com Oliveira et al. (2010), a ricina presente nas sementes da mamona promove a morte ou a inibição dos microrganismos ruminais, diminuindo a degradação do alimento. Além disso, provoca graves complicações digestivas, podendo levar à morte se ingerida em altas doses (TOKARNIA et al., 2000).

A destoxificação do farelo de mamona vem despertando a atenção de diversos pesquisadores no mundo, com alguns resultados satisfatórios (SEVERINO, 2005). Estudos desenvolvidos por Anandan et al. (2005) compararam a eficiência de diferentes métodos físicos e químicos para a inativação da ricina do farelo de mamona, tais como: autoclavagem, cozimento, aquecimento, fervura, embebição, e tratamentos com hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio, amônia, cloreto de sódio e formaldeído ou tanino.

Lima et al. (2020) demonstraram que o farelo de mamona poderia ser usado como alternativa ao farelo de soja para alimentação de cabras em lactação. Ao avaliar a utilização do farelo de mamona destoxificado com hidróxido de cálcio adicionado com ureia, em substituição ao farelo de soja na dieta de cabras alpinas em lactação,

foi constatado que o farelo de mamona pode ser incluído até o nível de 25,0g/kg em substituição ao farelo de soja na dieta de cabras alpinas em lactação. Isso porque tanto o consumo de matéria seca e nutrientes dos animais quanto a digestibilidade não foram afetados pela substituição. Entretanto, a produção de leite tendeu a aumentar e a eficiência alimentar tendeu a reduzir-se até o nível de 25,0g/kg de substituição. A composição do leite (gordura, proteína e teor de sólidos totais) também foi crescente até o nível de 25,0g/kg.

Farelo de vagem de algaroba

A algaroba possui uma vagem com potencial para alimentação animal, pois apresenta 25-28% de glicose, 11-17% de amido e 7-11% de proteína (SILVA et al., 2001; SILVA et al., 2007). Diante disso, o farelo de algaroba pode ser utilizado na nutrição de ovinos mantidos em pastagem, principalmente nos períodos de má distribuição de chuvas e de secas, quando há maior escassez de forragem (ALMEIDA, 2017).

Dentre as fontes alimentares alternativas para ruminantes no Nordeste, a algaroba destaca-se pela disponibilidade na região e por apresentar uma produção, ao mesmo tempo, de baixo custo e em meses de menor ocorrência de chuvas (ARGÔLO et al., 2010). A vagem de algaroba é o produto da algarobeira, e durante longos períodos de estiagem se torna importante fonte de nutrientes para os ruminantes em regiões semiáridas.

A adição do farelo da vagem de algaroba (FVA) na dieta proporciona aumento da ingestão de matéria seca e de nutrientes por ovinos, além de melhorar o balanço de nitrogênio devido ao fornecimento de energia prontamente disponível; representa uma alternativa viável em períodos de seca com o intuito de evitar a perda de peso dos animais (SANTOS et al., 2015). O uso do farelo de algaroba na dieta de ruminantes pode reduzir os custos com

alimentação, pois pode substituir ingredientes tradicionais e mais onerosos na dieta (PEREIRA et al., 2013).

Chaturvedi e Sahoo (2013) avaliaram o efeito da inclusão de FVA no concentrado de 24 ovinos machos adultos (3-5 anos, 45,4 ± 4,26kg), nos níveis 0,30 e 40% na dieta sobre o consumo. Como não houve diferença no consumo de nutrientes, os autores concluíram que o FVA pode ser incluído no concentrado em até 40% na alimentação de ovinos sem qualquer efeito adverso sobre a ingestão de nutrientes.

Em experimento realizado por Almeida (2017), foi testada a inclusão do farelo de vagem de algaroba no suplemento de cordeiros em pastejo e os resultados mostraram-se promissores. De acordo com a autora, o farelo da vagem de algaroba pode ser incluído no suplemento de cordeiros mantidos a pasto em até 75%, sem prejudicar o comportamento ingestivo, consumo e a digestibilidade. Além disso, os animais que receberam farelo de vagem de algaroba no suplemento apresentaram maior peso corporal final em relação aos que receberam concentrado padrão à base de milho e soja. Os animais suplementados com farelo de vagem de algaroba apresentaram um maior consumo de suplemento e, conseqüentemente, uma redução no consumo do pasto, bem como uma redução no tempo gasto com alimentação. Segundo a autora, esses dados mostram que o farelo da vagem de algaroba melhorou a aceitabilidade do suplemento aumentando, assim, o seu consumo e resultando em melhor desempenho dos animais.

Soares Junior (2018) também afirma que pode ser feita a inclusão de até 75% do farelo de vagem de algaroba no suplemento de cordeiros mantidos em pastagem, pois não afeta as características de carcaça e nem a qualidade da carne desses animais.

Farelo de cacau

O cacau (*Theobroma cacao*) é originário das regiões tropicais do Sul do México e da América Central (FERRÃO, 2013). Foi introduzido no

Brasil no Estado do Pará, em meados do século XVII, e posteriormente sua cultura foi implantada no Sul da Bahia (SENAR, 2018).

O cacau é encontrado com preços acessíveis no mercado, especialmente no estado da Bahia, responsável por toda produção cacauífera do Nordeste (SILVA et al., 2006). Na indústria, o farelo do cacau é o subproduto das amêndoas utilizadas para a obtenção da manteiga do cacau e do chocolate, resultado da retirada da casca, após serem lavadas, secas ao ar e submetidas a vapor; o farelo de cacau representa 10% da produção das amêndoas secas de cacau (SILVA et al., 2005).

O farelo do cacau é utilizado de forma restrita na alimentação animal em decorrência de uma substância tóxica chamada teobromina (PIRES et al., 2004). Pires et al. (2004) avaliaram níveis de 0,7 e 30% de inclusão do farelo de cacau nas dietas para ovinos, e observaram que o maior nível deste resíduo (30%) não afetou o consumo de nutrientes e as características de desempenho dos animais, que obtiveram um ganho médio diário de 86,7g/animal.

Torta de Licuri

O licuri (*Syagrus coronata*) é uma palmeira que se adaptou ao clima seco e semiárido da região da caatinga. Seus grãos são utilizados na alimentação humana, e a palmeira tem potencial ornamental e forrageiro. Sua existência é de grande valor para a região, mas ainda existem muitas limitações para sua exploração de forma adequada.

O licurizeiro é importante para os municípios onde a espécie se encontra, pois representa uma fonte de renda da população local. As folhas podem ser utilizadas para a confecção de chapéus de palha, sacolas, vassouras e espanadores (ARROUCHA; ARROUCHA, 2013). Do fruto aproveita-se a amêndoa que pode ser consumida *in natura* ou utilizada para a culinária local. O óleo do licuri é extraído a

partir da prensagem do fruto e bastante utilizado para produção de saponáceos (sabão em pó, detergentes, sabão em barra e sabonetes finos), considerados de alta qualidade. Do resíduo obtido com a extração do óleo, origina-se uma torta que é comercializada e pode ser utilizada na alimentação animal (CREPALDI et al., 2001).

A torta de licuri, por ser um alimento ainda não muito utilizado na alimentação animal, carece de informações importantes sobre o desempenho dos animais que a utilizam como alimento (BORJA, 2011). A adição da torta de licuri na dieta de ovinos pode melhorar o aporte proteico e energético desses animais.

Os efeitos da suplementação com torta de licuri em cordeiros a pasto foram avaliados por Bagaldo et al. (2019). Ao substituir o farelo de soja pela torta de licuri em níveis baixos, médio e alto, os autores recomendam utilizar até 174g/kg de MS (nível médio) da torta de licuri em substituição ao farelo de soja no suplemento de cordeiros em pastejo, pois melhorou tanto o desempenho dos animais quanto a taxa de conversão alimentar sem alterar as características da carcaça e a qualidade da carne. Além disso, a inclusão da torta de licuri no suplemento não provocou alterações nem no consumo de matéria seca da pastagem pelos ovinos e nem nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EE. Entretanto, o consumo total do suplemento aumentou em função dos níveis de inclusão da torta, a exemplo do consumo de EE e FDN total. Já os consumos de CNF total e PB do suplemento sofrerão redução. A digestibilidade da FDN e do CNF também foi reduzida com o aumento da substituição. O comportamento ingestivo dos animais foi influenciado pelos níveis de substituição, reduzindo o tempo gasto com alimentação e aumentando o tempo de ruminação.

Conclusões

A utilização dos alimentos alternativos tem sido uma atividade de bastante importância para a produção e nutrição animal,

principalmente na suplementação de animais a pasto em épocas de estiagem, quando há diminuição na qualidade da forragem.

Referências

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-268, 2008.

ALIMON, A. R. **The nutritive value of palm kernel cake for animal feed**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242540604_The_Nutritive_Value_of_Palm_Kernel_Cake_for_Animal_Feed. Acesso em: 20 de junho de 2020.

ALMEIDA, B. J. **Farelo da vagem de algaroba no suplemento de cordeiros em pastejo**. 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

ANANDAN, S. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.1, p.159-168, 2005.

ARGÔLO, L. S. et al. Farelo da vagem de algaroba em dietas para cabras lactantes: parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.3, p.541-548, 2010.

ARROUCHA, E. P. T. L.; ARROUCHA, M. L. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do licuri**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013, 92p.

ASLANI, M. R. et al. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v.49, p.400-406, 2007.

ASSAD, L. V. F. et al. Proteína degradável no rúmen e frequência de suplementação para novilhos Nelore em pastejo: Desempenho produtivo e análise econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.3, p.2105-2118, 2015.

- BAGALDO, A. R. et al. Effect of licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. **Small Ruminant Research**, v.177, p.18-24, 2019.
- BALAT, M. Potential alternatives to edible oils for biodiesel production – A review of current work. **Energy Conversion and Management**, Jordânia, v.52, p.1479-1492, 2011.
- BARROS, L. V. et al. Desempenho produtivo e nutricional de novilhas de corte em pastejo suplementar no período da seca e/ou no período de transição seca-águas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, p.2655-2672, 2014.
- BATISTA, N. L.; SOUZA, B. B. Caprinovinocultura no semiárido brasileiro – fatores limitantes e ações de mitigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.11, n.2, p.01-09, 2015.
- BOMFIM, M. A. D.; SILVA, M. M. C.; SANTOS, S. F. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, São Vicente da Serra, v.3, n.4, p.15-26, 2009.
- BORJA, M. S. *Torta de licuri (Syagrus coronata) na alimentação de caprinos*. 2011. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2011.
- BRANCO, R. H. et al. Efeito dos níveis de fibra da forragem sobre o consumo, a produção e a eficiência de utilização de nutrientes em cabras lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.11, p.2477-2485, 2010.
- BRASIL. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Cacau: produção, manejo e colheita/Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Brasília: **Senar**, 2018. 145p; il. 21cm (Coleção Senar, 215).
- CAMPOS, A. A.; CARMELIA, E. C. **Viabilidade de extração de óleo de dendê no estado do Pará**, Viçosa, 57p., 2007. (Texto para revisão e crítica – Convenio UFV/ MDA).

CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. A revolução verde da mamona. **Química e Sociedade**, v.32, n.1, 2010.

CARVALHO JÚNIOR, J. N. et al. Desempenho de ovinos mantidos com dietas com capim-elefante ensilado com diferentes aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.6, p.994-1000, 2009.

CHATURVEDI, O. H.; SAHOO, A. Nutrient utilization and rumen metabolism in sheep fed Prosopis juliflora pods and Cenchrus grass. **Journal Springer Plus**, San Francisco v.2, n.1, p.1-7, 2013.

COSTA, D. A. et al. Avaliação nutricional da torta de dendê para suplementação de ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.4, n.8, p.83-101, 2009.

COSTA, F. X. et al. Avaliação dos teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, p.1-7, 2004.

COSTA, R. G.; MARQUES, A. V. M. S.; MEDEIROS, A. N. Efeitos da alimentação sobre as características quantitativas de carcaça ovina. **Revista Nacional da Carne**, Rio de Janeiro, v.30, n.1, p.18-33, 2006.

CREPALDI, I. C. et al. Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* (Matius) Beccari). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v.24, n.2, p.155-159, 2001.

DAMAS MSAKI, T. et al. Evaluation of locally available feed resources for dairy goat feeding in Kongwa district, Tanzania. **Third Rurorum Biennial Meeting**, p.571-576, 2012.

FERRÃO, J. E. M. Na linha dos descobrimentos dos séculos XV e XVI intercâmbio de plantas entre a África Ocidental e a América. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.36, n.2, p.250-269, 2013.

FREITAS, T. B. et al. Effects of increasing palm kernel cake inclusion in supplements fed to grazing lambs on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid profile. **Animal Feed Science and Technology**, Netherlands, v.226, n.2, p.71–80, 2017.

GARCIA, J. et al. Consumo, tempo de pastejo e desempenho de novilhos suplementados em pastos de *Brachiaria decumbens*, durante o período seco. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.12, p.2095-2106, 2014.

HERMUCHE, P. et al. M. Environmental factors that affects sheep production in Brazil. **Applied Geography**, Geórgia, v.44, n.1, p.172-181, 2013.

JOCHIMS, F. et al. Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.572-581, 2010.

LIMA, M. V. S. et al. Intake, digestibility, ingestive behavior, production, and composition of goat milk supplemented with detoxified castor bean meal added urea as a replacement of soybean meal. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.52, p.2135-2143, 2020.

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUES, N. M. et al. Consumo e digestibilidade aparente de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.659-669, 2005.

MANEERAT, W. et al. Evaluating agro-industrial by-products as dietary roughage source on growth performance of fattening steers. **Saudi Journal of Biological Science**, Riyadh, v.22, p.580-584, 2015.

MARCONDES, M. I. et al. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.1313-1324, 2011.

MUGABE, L. C. **Suplementação com torta de dendê (*Elaeis guineensis*) sobre parâmetros reprodutivos de cordeiros a pasto**. 2016. 136p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

NÖEL, J. M. Products and by-products. **BUROTROP Bulletin**, Montpellier, n.19, p.8, 2003.

- OLIVEIRA, A. S. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.158, n.1-2, p.15-28, 2010.
- OLIVEIRA, B. Y. S. **Torta de dendê na suplementação de cordeiros a pasto**. 2018. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.
- OLIVEIRA, F. L. et al. Desempenho de bovinos da raça Gir em pastagem de *Brachiaria brizantha* submetidos a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.16, n.1, p.36-46, 2015.
- OLIVEIRA, J. S. et al. Chemical composition of glycerin produced by biodiesel plants in Brazil and potential utilization in animal feeding, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.509-512, 2013.
- OLIVEIRA, R. L.; CÂNDIDO, E. P.; LEÃO, A. G. A nutrição de ruminantes no Brasil. In: Tópicos Essenciais em Ciência Animal I. **Coletânea da I Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo**, 169p. 2012a.
- OLIVEIRA, R. L. et al. Palm kernel cake obtained from biodiesel production in diets for goats: feeding behavior and physiological parameters. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.49, n.7, p.1401–1407, 2017.
- PALMIERI, A. D. et al. Nutritional and productive performance of goats kids fed diets with detoxified castor meal. **Animal Feed Science and Technology**, San Francisco, v.216, n.2, p.81-92, 2016.
- PEREIRA, T. C. J. et al. Mesquite pod meal in diets for lactating goats. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.42, p.102-108, 2013.
- PIRES, A. J. V. et al. Farelo de cacau na alimentação de ovinos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, n.293, p.33-43, 2004.

PROVENZA, F. D. et al. Foraging on the edge of chaos. In: **Grazing behavior of livestock and wildlife**. Moscow: University of Idaho, p.1-12, 1999.

QUINTELLA, C. M. et al. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção das tarefas e oportunidades para P&D&I. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.3, p.793-808, 2009.

REIS, R. A. et al. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.147–159, 2009.

RIBEIRO, P. P. et al. Protein percentage in supplements for sheep grazing Aruana grass on dry season. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.6, p.1779-1786, 2014.

RIBEIRO, R. D. X. et al. Meat quality of lambs fed on palm kernel meal, a By-product of biodiesel production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, n.10, p.1399–1406, 2011.

ROCHA, R. N. C. **Culturas Intercalares para Sustentabilidade da Produção de Dendê na Agricultura Familiar**. 2007. 75p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

ROSA, P. P. et al. Utilização de coprodutos industriais na alimentação de ruminantes: Revisão Bibliográfica. **Revista Científica Rural**, Bagé v.21, n.3, p.387-407, 2019.

SAMPAIO, R. L. et al. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.1, p.30-37, 2017.

SANTOS, E. D. G. et al. Terminação de tourinhos Limousin X Nelore em pastagem de *Brachiaria decumbens* Staff, durante a estação seca, alimentados com diferentes concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.1627-1637, 2004.

SANTOS, R. P. et al. Parâmetros sanguíneos de cordeiros em crescimento filhos de ovelhas suplementadas com níveis crescentes de propilenoglicol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n.3, p.473-478, 2015.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SEVERINO, L. S. *O que sabemos sobre a Torta de mamona*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, 31p. (Documento 134).

SHARMILA, A. et al. Improving nutritional values of palm kernel cake (PKC) as poultry feed. A review. **Malaysian Journal of Animal Science**, Singapore, v.17, n.1, p.1-18, 2014.

SILVA, C. G. M. et al. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). **Ciência, Tecnologia e Alimentos**, Campinas, v.27, p.733-736, 2007.

SILVA, H. G. O. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.405-411, 2005.

SILVA, H. G. O. et al. Características físico-química e custo do leite de cabras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.1, p.116-123, 2006.

SILVA, J. S. O. **Produtividade de óleo de palma na cultura do dendê na Amazônia Oriental: Influência do clima e do material genético**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, M. M. **Biodiesel e produção familiar de dendê no município de Valença-BA**. 2006. 54p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de Ciências Econômicas) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

SILVA, S. A. et al. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Química Nova**, Campinas, v.24, p.460-464, 2001.

SOARES JÚNIOR, M. S. F. **Característica de carcaça e qualidade de carne em cordeiros sob pastejo suplementados com farelo de vagem algaroba no concentrado**. 2018. 42p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2018.

SOUSA, J. P. L. et al. Uso da torta de dendê em dietas para animais de produção. **Revista Pubvet**, Maringá, v.14, n.6, 2010.

SOUZA, R. A. et al. Desempenho produtivo e parâmetros de carcaça de cordeiros mantidos em pastos irrigados e suplementados com doses crescentes de concentrado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.4, p.323-329, 2010.

SULIMAN, M. A. et al. Productive performance of New Zealand white growing rabbits fed diets containing different levels of treated castor meal. **Egyptian Journal of Nutrition and Feeds**, Cairo v.18, p.361-370, 2015.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. **Plantas Tóxicas do Brasil**. Helianthus: Rio de Janeiro. 2000, 310p.

VISONÁ-OLIVEIRA, M. et al. Consumo e digestibilidade de nutrientes da torta de dendê na dieta de ovinos. **Ciencia Animal Brasileira**, Goiânia, v.16, n.2, p.179–192, 2015.

VISONÁ-OLIVEIRA, M. et al. Torta de dendê na alimentação de ruminantes. **Enciclopédia biosfera**, - Goiânia, v.9, n.16; p.2031, 2013.

Tratos culturais para a palma forrageira

Ossival Lolato Ribeiro

Tarcísio Marques Barros

Daniele Rebouças Santana Loures

Pedro Leon Gomes Cairo

Introdução

As regiões de clima semiárido caracterizam-se por longos períodos com baixa ou nenhuma precipitação, chuvas irregulares e altas temperaturas, causando grandes impactos sobre a disponibilidade dos alimentos para a produção animal. Logo, o cultivo de espécies forrageiras que se adaptam as condições climáticas supracitadas é essencial para evitar perdas significativas, tanto na produtividade quanto na economia (MARQUES et al., 2017). Neste contexto, podemos afirmar que a palma forrageira é uma cactácea de relevância praticamente incontestável e, muitas vezes, insubstituível para o semiárido brasileiro, sendo um importante recurso forrageiro para a produção animal em função de seu elevado potencial de produção de biomassa forrageira nas condições ambientais do semiárido (BARROS, 2019).

Todavia, vale destacar que a forma de cultivo vem tornando-se objeto de estudo com a incorporação de novas estratégias de plantio e da utilização da planta. Assim, dependendo do gênero e/ou cultivar a ser utilizado, bem como das condições de solo e relevo no local de cultivo e disponibilidade de “sementes” (mudas), práticas de cultivo especiais são necessárias com o objetivo de potencializar o desenvolvimento e a produtividade das plantas, além de economizar na implantação do palmal.

Os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* são os mais importantes, pois são utilizados principalmente como forragem para alimentação de

ruminantes. A área plantada com palma forrageira ultrapassa 600 mil hectares no Nordeste, fazendo do Brasil um dos países com maior área cultivada do mundo (LOPES et al., 2012).

Independente do gênero e/ou cultivar utilizado, frequentemente, a propagação da palma forrageira é realizada por meio do plantio do cladódio inteiro ou, eventualmente, utilizando-se uma metade mediante um corte longitudinal. Por se tratar de uma planta de crescimento lento, a disponibilidade de novas mudas ocorre dois anos após o plantio de um palmal. Por isto, se apresenta como uma dificuldade à aquisição de novas mudas, tanto pela demora do seu desenvolvimento como pela quantidade excessiva de material necessário à propagação. De acordo com Silva et al. (2014), na forma tradicional de plantio, estima-se que são necessários entre 40 e 80 mil mudas (cladódios inteiros) para a formação de um hectare.

Em contrapartida, a exigência de se elevar o número de plantas por hectare de palma, bem como de se realizar uma reserva estratégica de alimentos nos períodos mais críticos do ano, tem motivado um aumento de tecnologias que possam melhorar a eficiência de produção de mudas, como a propagação da palma forrageira pela fragmentação do cladódio (CAVALCANTE et al., 2017).

Tal progresso permite ao produtor a capacidade de elevar as aéreas dos palmaís com pequenas quantidades de cladódio, haja vista que esta metodologia é pouco dispendiosa e pode reduzir os custos de implantação das lavouras quando comparada à utilização da propagação convencional. A principal vantagem desta tecnologia deve-se à possibilidade de obtenção de um maior número de mudas por área de cultivo, além de ser uma área permanente para a produção de mudas.

Nas experiências conduzidas em campo, a eficiência do processo é de, aproximadamente, 85% e, usualmente, obtêm-se entre 10 a 12 mudas para cada cladódio disponível (CAVALCANTE et al., 2017). Ainda, deve ser ressaltado que existe a possibilidade de serem realizadas até três colheitas de mudas, por ano, em uma área

de multiplicação por meio da técnica de fragmentação. Portanto, fica evidenciado que a palma forrageira denota um grande potencial de produção de mudas quando bem manejada.

Além da planta, outro ponto que se deve ter cuidado especial é o manejo do solo onde se pretende realizar o cultivo da palma forrageira, com ênfase para a fertilidade do solo. Logo, sem um planejamento de adubação e manutenção da fertilidade do solo, a sustentabilidade dos sistemas de produção de palma pode ser reduzida ao longo do tempo devido, singularmente, à redução na disponibilidade de nutrientes como o fósforo (P) e o potássio (K).

Desta forma, o uso de fertilizantes na implantação e propagação da palma forrageira será capaz de promover uma maior rebrota e produção das mudas. Portanto, com a utilização da tecnologia de propagação da palma forrageira associada ao fornecimento da adubação fosfatada e potássica, acredita-se que é possível elevar a produtividade, qualidade e vigor das mudas produzidas. Assim, o presente capítulo teve como objetivo discorrer sobre os resultados obtidos ao avaliar-se o fornecimento da adubação fosfatada e potássica sobre o desenvolvimento e propagação da palma forrageira pela técnica do fragmento do cladódio para o estabelecimento e produção da palma forrageira. Os trabalhos foram conduzidos na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas – Bahia, em projetos do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, e algumas considerações serão realizadas a seguir.

Fragmentação e adubação fosfatada

Para situar nosso leitor, destacamos que os estudos foram realizados entre os meses de janeiro e maio de 2018, perfazendo um período de avaliação de 120 dias. A palma forrageira utilizada no experimento foi a *Opuntia ficus-indica*, variedade Gigante, adquirida e coletada no município de Ipirá-BA, junto aos produtores dessa região.

No estudo avaliou-se o número de fragmentação dos cladódios (4, 6 e 8 fragmentos – Figura 1) e adubação fosfatada (sem adubação; dose recomendada 166kg/ha de P_2O_5 ; dobro da dose recomendada 333kg/ha de P_2O_5). Por fim, avaliou-se o fator tempo (30; 60; 90 e 120 dias) para verificar o desenvolvimento morfométrico dos novos cladódios (mudas).

Figura 1 - Modelo de marcação para a fragmentação dos cladódios.



Fonte: Ribeiro, 2020.

Ao se analisar os resultados, observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores número de fragmentos vs adubação para a variável mortalidade. Vale destacar que a mortalidade de fragmento tem grande influência sobre o sucesso desta técnica de produção de mudas de Palma Forrageira, haja vista que o vigor dos fragmentos define a sobrevivência deles. Logo, recomenda-se selecionar os cladódios mais vigorosos e, preferencialmente, das classes secundária e/ou terciária para a utilização na fragmentação.

Desdobrando a interação entre os fatores supracitados, nota-se que a fragmentação em oito partes, associada à ausência de adubação fosfatada, proporcionou a maior mortalidade de fragmentos,

ao passo que a fragmentação em quatro partes junto com o dobro da adubação gerou a menor mortalidade dos cladódios (Tabela 1).

Tabela 1 - Desdobramento da interação n° de fragmentos X adubação fosfatada para a variável Mortalidade da palma forrageira propagada pelo método do fracionamento do cladódio.

Doses de P	n° de fragmentos		
	4	6	8
Sem P	0,91 A b	1,63 A a	2,1 A a
166 (kg/ha)	0,92 A b	1,24 AB ab	2,1 A a
333 (kg/ha)	0,41 B b	0,56 B b	1,8 A a

Fonte: construído pelos autores, 2020

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$); Letras maiúsculas fixam o tipo de fragmento (coluna); Letras minúsculas fixam o nível de adubação (linha).

Diante deste índice de mortalidade, explica-se a importância da adubação de implantação com o fósforo no cultivo de palma forrageira pelo método de fragmentação do cladódio para produção de mudas, onde o fósforo atua diretamente na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, além de fazer parte dos componentes estruturais dos ácidos nucleicos dos genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (GRANT et al., 2001).

Ressalte-se ainda que, inicialmente, para a emissão de novas raízes e a realização inicial da fotossíntese, as plantas vivem de suas reservas orgânicas do material vegetativo. Sendo assim, corroborando os resultados obtidos, a palma fragmentada em quatro partes proporcionou menor mortalidade quando não se aplica adubação fosfatada devido à maior quantidade de reserva de energia e minerais, corroborando os resultados obtidos.

Essa afirmação pode ser corroborada pelo estudo de Cavalcante et al. (2017), onde avaliou-se o efeito de dois tamanhos de

fragmentação de cladódios (1/2 e 1/6 do cladódio) no desenvolvimento de novas brotações para propagação de palma forrageira. Os autores observaram que, após 45 dias de plantio, todos os fragmentos (100%) de cladódios fragmentados ao meio (1/2), permaneceram viáveis, enquanto nos demais tratamentos a viabilidade foi de 73,3% no período.

Ao avaliar-se o desenvolvimento das plantas, podemos observar que a técnica da fragmentação promoveu diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis número de brotações, brotações simples e duplas, que são variáveis importantes, pois indicam a possibilidade de produção futura de mudas. Contudo, para a adubação fosfatada, houve alteração apenas na variável brotações simples (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeito da fragmentação e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial da palma forrageira para as variáveis brotações totais, simples e duplas da palma forrageira.

n° fragmentos	Brotações totais	Brotações simples	Brotações duplas
4	13,4 a	11,4 a	1,1 a
6	9,7 b	9,1 b	0,4 b
8	7,5 c	7 c	0,3 b
Doses de P	Brotações totais	Brotações simples	Brotações duplas
Sem P	9,9 a	8,9 b	0,68 a
166 (kg/ha)	10,2 a	8,9 ab	0,72 a
333 (kg/ha)	10,8 a	9,8 a	0,56 a

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A fragmentação em quatro partes do cladódio proporcionou aumento no número de brotações simples e duplas. Tal resultado pode ser explicado pela diferença no tamanho do fragmento e pela maior reserva energética (fitomassa – reservas orgânicas) presente em maiores fragmentos, o que pode possibilitar o desenvolvimento

mais rápido e vigoroso da planta favorecendo, assim, as brotações oriundas dessa metodologia de fragmentação.

Para o fator adubação fosfatada, nota-se que o dobro da dose de P (333 kg/ha) não diferiu da dose recomendada; porém, diferiu da ausência de adubação, obtendo um maior número de brotações simples. Este resultado pode ser explicado pela maior disponibilidade de P no solo e por suas funções no metabolismo de plantas CAM, uma vez que este nutriente estimula o enraizamento, a brotação e o desenvolvimento da planta e é, também, um mineral que participa da divisão celular. Logo, como a pesquisa trata da produção de mudas, a divisão celular irá favorecer novas brotações para a palma forrageira.

Além dos fatores número de fragmentação e adubação fosfatada, também foi avaliado o período de desenvolvimento (30; 60; 90; 120 dias após o plantio), de forma isolada, pois entende-se que a persistência da planta ao longo do tempo é um fator primordial para o sucesso da técnica de produção de palma forrageira.

Os resultados demonstraram que tanto a mortalidade quanto as brotações simples e duplas da planta aumentam com o passar dos dias (Tabela 3), resultado considerado normal, haja vista que a palma forrageira em crescimento inicial apresenta suas primeiras atividades vegetativas, geralmente, 30 dias após o plantio, sendo normal que a planta apresente brotações de forma crescente ao longo do tempo.

Tabela 3 - Desenvolvimento inicial da palma forrageira propagada pela técnica de fragmentação de cladódios em função do tempo de desenvolvimento.

Tempo	Mortalidade	Brotações totais	Brotações simples	Brotações duplas
30 dias	0,90 b	3,5 c	3,2 c	0,35 b
60 dias	1,20 ab	10 b	8,5 b	0,72 ab
90 dias	1,29 ab	14,8 a	13,1 a	0,93 a
120 dias	1,57 a	13,5 a	12,7 a	0,66 ab

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Por outro lado, o aumento da mortalidade pode ser explicado tanto pelo ataque de fungos e bactérias quanto à alta umidade relativa do ar ocasionada, principalmente, pelo excesso de pluviosidade registrado durante o período experimental (283 mm), com maior concentração no período entre 90 e 120 dias após o plantio. As perdas observadas neste estudo foram registradas gradativamente, a cada mês, por podridão de coloração acastanhada à preta acometendo, principalmente, o parênquima do fragmento afetado, e por lesões compatíveis com os de ataque de fungos e formigas oportunistas que, usualmente, afetam a palma forrageira.

Além do desenvolvimento inicial da planta, também se avaliou as características morfométricas das brotações oriundas dos cladódios fragmentados. O estudo apontou que houve interação significativa dos fatores número de fragmentação vs tempo (dias) para espessura e área do cladódio (Tabela 4).

Tabela 4 - Espessura e área do cladódio da palma forrageira propagada pelo método do fracionamento do cladódio em função do tempo e número de fragmentos.

Tempo	Espessura (cm)		
	n° de fragmentos		
	4	6	8
60 dias	0,54 B a	0,63 A a	0,46 B a
90 dias	0,72 B a	0,66 A a	0,57 AB b
120 dias	0,97 A a	0,82 A ab	0,72 A b
Tempo	Área cladódio (cm ²)		
	n° de fragmentos		
	4	6	8
60 dias	63,8 B a	42,9 C b	27,5 C c
90 dias	114,5 B a	71,4 B b	57,6 B c
120 dias	124,1 A a	82,1 A b	62,7 A c

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05); Letras minúsculas para as linhas; Letras maiúsculas para as colunas.

Desdobrando a interação entre esses fatores, nota-se que a fragmentação em quatro partes do cladódio, associada ao tempo de cultivo de 120 dias, proporcionou a maior espessura e área do cladódio da palma forrageira, ao passo que a fragmentação em oito partes, associada ao tempo de 60 e 90 dias, proporcionou brotações menores. A espessura média do cladódio representa tanto o estágio de turgidez dos cladódios quanto o acúmulo dos compostos orgânicos no parênquima da planta, sendo mostrado na pesquisa o aumento gradativo da espessura da planta com o passar dos dias de cultivo.

Observa-se que aos 120 dias a planta estava em uma fase de maturidade maior. Desse modo, a magnitude do índice de área do cladódio da palma forrageira está vinculada ao número de cladódios presentes na planta e ao hábito de crescimento da cultura, ou seja, quanto maior o número de brotações em um cladódio, maior será sua área e, conseqüentemente, a planta irá capturar mais luz solar aumentando a sua eficiência na fotossíntese.

A adubação fosfatada não apresentou nenhuma interação com os demais fatores e não influenciou ($P>0,05$) as variáveis morfométricas da palma forrageira de comprimento, largura, espessura e área do cladódio (Tabela 5).

Tabela 5 - Características morfométricas (cm) das brotações da palma forrageira sob a técnica de fragmentos de cladódios em função da adubação fosfatada.

Doses de P	Comprimento	Largura	Espessura	Área cladódio
Sem P	15,1 a	7,1 a	0,68 a	71,5 a
166 (kg/ha)	14,8 a	7,0 a	0,68 a	70,2 a
333 (kg/ha)	15,3 a	7,3 a	0,68 a	73,9 a

Fonte: construído pelos autores, 2020

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P<0,05$).

Como o fósforo é um nutriente com baixa mobilidade no solo e na planta, acredita-se que o período de 120 dias de avaliação não

foi suficiente para detectar o efeito da adubação fosfatada sobre a morfometria das brotações.

Já para os fatores número de fragmentos e tempo, analisados isoladamente, houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis comprimento e largura das plantas (Tabela 6).

Tabela 6 - Médias do comprimento e da largura (cm) das brotações de palma forrageira sob fragmentação do cladódio em função do número de fragmentos e do tempo (dias).

n° de fragmentos	Comprimento	Largura
4	18,2 a	8,5 a
6	14,5 b	6,9 b
8	12,4 c	5,9 c
Tempo	Comprimento	Largura
60 dias	12,1 b	5,5 c
90 dias	16,2 a	7,7 b
120 dias	16,8 a	8,2 a

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), nas colunas.

Comparando os fragmentos nota-se que, para as variáveis estudadas comprimento e largura, obtiveram-se médias com maior expressividade no corte em quatro fragmentos, e menores médias quando o cladódio é fracionado em oito partes. Essa diferença morfométrica da nova planta e sua estrutura, possivelmente, pode estar relacionada com o maior tamanho do fragmento obtido a partir do corte do cladódio em quatro partes e, conseqüentemente, com sua maior reserva energética e de fitomassa.

O fator tempo pode significar diferentes formas de crescimento e desenvolvimento da planta da palma forrageira. Nestes estudos

observou-se que houve o alongamento dos cladódios durante o período experimental (Tabela 6) quando, nos primeiros meses de cultivo, a planta apresenta crescimento de suas novas estruturas e enraizamento para posteriormente se desenvolver em espessura e área do cladódio.

Fragmentação e adubação potássica

Para situar nosso leitor, destacamos que os estudos foram realizados entre os meses de janeiro e maio de 2018, perfazendo um período de avaliação de 120 dias. A palma forrageira utilizada no experimento foi a *Opuntia ficus-indica*, variedade Gigante, adquirida e coletada no município de Ipirá - BA, junto a produtores dessa região. No estudo avaliou-se o número de fragmentação dos cladódios (4, 6 e 8 fragmentos – Figura 1) e adubação potássica (sem adubação; dose recomendada a 555 kg/ha de K_2O ; dobro da dose recomendada 1111 kg/ha de K_2O). Por fim, avaliou-se o fator tempo (30; 60; 90 e 120 dias) para verificar o desenvolvimento morfo métrico dos novos cladódios (mudas).

Neste estudo verificou-se a ocorrência de interação entre os fatores número de fragmentos e tempo (dias), ou Adubação vs fragmentação, por exemplo, além da ocorrência de efeito isolado de um dos fatores avaliados. Na Tabela 7 pode-se observar que, para o número de brotações totais, a combinação entre quatro fragmentos e 90 dias de cultivo resultou em maior número de brotações, ao passo que a combinação entre oito fragmentos e 30 dias de cultivo resultou na menor produção de brotações.

Tabela 7 - Desdobramento da interação entre número de fragmentos e tempo de cultivo sobre a variável brotações totais da palma forrageira propagada sob a técnica de fracionamento do cladódio.

Tempo	n° de fragmentos		
	4	6	8
30 dias	5,8 C a	2,4 C b	1,3 C c
60 dias	13,9 B a	9,6 B b	6,2 B c
90 dias	16,0 A a	13,7 A b	10,5 A c
120 dias	14,8 AB a	12,4 AB b	10,4 A c

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Letras maiúsculas fixou o tipo de fragmento (coluna); Letras minúsculas fixou o tempo de cultivo (linha).

Um resultado bastante inusitado foi obtido neste estudo com relação às brotações totais. Entre 30 e 90 dias de cultivo foi observado o aumento no número de brotações, independentemente do fator fragmentação, resultado que já era esperado, pois à medida que a planta se desenvolve, naturalmente, espera-se o aumento no número de cladódios. No entanto, observou-se que houve redução aos 90 a 120 dias de cultivo.

Este resultado pode ser explicado em função do excesso de água no solo advindo da pluviosidade (200 mm) registrada no período em questão. Desta forma, recomenda-se que o início do cultivo da palma forrageira sob a técnica da fragmentação de cladódios seja realizada em período mais seco do ano ou no final do período de chuvas, evitando-se, assim, períodos com solo encharcado que podem ocasionar podridão dos fragmentos, conforme relatado no tópico anterior e, conseqüentemente, redução na produção de mudas, conforme observado neste tópico.

De acordo com Souza et al. (2008), a faixa ideal de precipitação para adequado cultivo da palma forrageira encontra-se entre 386 a 812 mm por ano. Portanto, pode-se inferir que a precipitação registrada no último mês de cultivo (200 mm) pode ter influenciado negativamente o número de brotações.

Já para o fator número de fragmentos nota-se que, independentemente do tempo de cultivo, a fragmentação dos cladódios em quatro partes proporcionou melhores resultados quanto ao número de brotações. Este resultado pode ser explicado devido a uma maior reserva de energia (fitomassa) presente em cada fragmento, possibilitando que o desenvolvimento ocorra mais rápido favorecendo, assim, as brotações oriundas dessa metodologia de propagação da palma forrageira.

Em relação ao número de fragmentos que o cladódio original é cortado, outro fator merece destaque: o número de auréolas/acúleos (espinhos da palma) em cada fragmento. Neste sentido, vale lembrar que quanto maior o tamanho do fragmento, possivelmente, maior será o número de auréolas/acúleos, o que pode permitir à planta ter mais chances de emissão de raízes e, conseqüentemente, de brotações.

Todavia, vale destacar que as características supracitadas por si só, de forma isolada, não são garantia de adequado processo vegetativo da palma forrageira, sendo que as características edafoclimáticas do local de cultivo, bem como a estrutura adequada para o cultivo dos fragmentos (canteiros e cobertura com sombrite), têm influência marcante sobre a planta e sua produção, o que pode ser corroborado pela influência negativa da pluviosidade sobre a variável em questão observada no presente estudo.

Ao avaliar o desenvolvimento inicial das plantas (por meio das variáveis mortalidade de plantas, brotações simples e brotações duplas) observou-se efeito isolado dos fatores fragmentação e dias de cultivo (Tabela 8), obtendo-se diferença significativa ($P < 0,05$) para todas as variáveis em ambos os fatores.

Tabela 8 - Valores médios de mortalidade de plantas, brotações simples e duplas da palma forrageira em função da fragmentação de cladódios e dias de cultivo.

n° de fragmentos	Mortalidade	Brotações simples	Brotações duplas
4	1,4 a	11,0 a	0,80 a
6	2,5 b	8,3 b	0,70 ab
8	3,4 b	6,5 c	0,60 b

Tempo	Mortalidade	Brotações simples	Brotações duplas
30 dias	1,6 b	2,9 c	0,22 b
60 dias	2,1 ab	8,2 b	0,70 a
90 dias	2,3 ab	11,6 a	0,79 a
120 dias	2,4 a	11,6 a	0,88 a

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Conforme observado no tópico anterior, também neste estudo observou-se que a fragmentação do cladódio original em quatro fragmentos apresentou superioridade em relação às demais, proporcionando redução na mortalidade de plantas e aumento nas brotações simples e duplas. Tal resultado pode ser explicado pela diferença no tamanho e estruturas do fragmento.

Ao avaliar o tempo de cultivo, em dias, notou-se que tanto a mortalidade quanto as brotações simples e duplas da planta aumentam com o passar do tempo (Tabela 8). Estes resultados podem ser explicados por dois fatores, a saber:

a) Como o cladódio foi fragmentado e está em crescimento inicial, apresentando suas primeiras atividades vegetativas após o plantio, naturalmente espera-se que o mesmo apresente brotações de forma crescente com o passar do tempo, haja vista a necessidade de aumento da área e desenvolvimento de estruturas que possibilitem

a realização de fotossíntese para a manutenção e desenvolvimento da planta e

b) Por outro lado, o aumento da mortalidade de plantas pode ser atribuído pelo ataque de fungos e bactérias devido à alta umidade relativa do ar ocasionada, principalmente, pelo grande volume de pluviosidade (200 mm) registrado durante o período de 90 a 120 dias de avaliação, após o plantio.

Para a avaliação das doses de adubação potássica (Tabela 9), o estudo apontou que houve influência significativa ($P < 0,05$) para as variáveis analisadas, exceto para brotações duplas ($P > 0,05$).

Tabela 9 - Valores médios da mortalidade de plantas, brotações totais, brotações simples e duplas da palma forrageira sob doses de potássio.

Doses de K	Mortalidade	Brotações totais	Brotações simples	Brotações duplas
Sem K	1,8 b	9,2 b	8,4 b	0,48 a
555 (kg/ha)	2,5 a	9,5 b	8,3 b	0,75 a
1111 (kg/ha)	2,0 b	10,5 a	9,1 a	0,72 a

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Com relação à mortalidade de plantas, nota-se que a ausência de adubação potássica proporcionou o menor valor. Este resultado pode sugerir que a adubação com este nutriente no estabelecimento da planta pode não contribuir para as atividades fisiológicas iniciais, indicando que sua utilização pode ser realizada por meio de adubação de cobertura, após a planta ter iniciado o processo de brotação e desenvolvimento de novas estruturas.

As afirmações acima podem ser corroboradas por estudo conduzido por Dubeux Jr et al. (2010), que ao avaliarem o efeito do potássio para a palma forrageira clone IPA 20 aos seis meses de idade, não encontraram efeito significativo deste nutriente sobre o número de

cladódios, o que pode reforçar a sugestão de que a palma forrageira pode não necessitar desse nutriente para seu desenvolvimento inicial (implantação). Sobretudo, saliente-se que a realização da análise de solo antes da implantação do palmar, verificando-se o nível de K presente no solo, pode auxiliar na identificação real da necessidade deste nutriente já no momento do plantio ou não.

A análise do solo onde realizou-se o presente estudo, no setor de Forragicultura da UFRB, registrou a disponibilidade de 0,05 Cmolc/dm³ de K, o que aparentemente não limitou o desenvolvimento inicial da palma forrageira mesmo ao utilizar cladódios fragmentados. Assim, recomenda-se que estudos com período maior de avaliação e adubação de cobertura sejam conduzidos para sanar tais dúvidas.

Ao avaliar-se a produção das novas estruturas (brotações), observou-se que a adubação potássica, especialmente com o dobro da dose recomendada, proporcionou aumento das brotações totais e brotações simples (uma nova estrutura por vez). O potássio é um nutriente importante para a palma forrageira como adubação de cobertura após os primeiros meses de cultivo, tendo efeito marcante sobre o desenvolvimento de novas estruturas vegetais.

Em relação às características morfométricas dos novos cladódios (Tabela 10), a pesquisa apontou que, de forma isolada, ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) para os fatores número de fragmentos e tempo de cultivo (dias); porém, não houve alterações significativas nas dimensões da planta ($P > 0,05$) para o fator adubação potássica.

Tabela 10 - Valor médio para as características morfométricas (cm) da palma forrageira em função dos fatores fragmentação, adubação e dias de cultivo.

n° de Fragmentos	Comprimento	Largura	Espessura	Área cladódio
4	17,4 a	10,2 a	0,72 a	116,9 a
6	14,3 b	7,1 ab	0,67 ab	6,8 b
8	12,8 c	6,1 b	0,64 b	51,5 b
Doses de K	Comprimento	Largura	Espessura	Área cladódio
Sem K	14,8 a	7,1 a	0,66 a	70,3 a
555 (kg/ha)	14,3 a	7,0 a	0,67 a	67,0 a
1111 (kg/ha)	15,3 a	7,3 a	0,70 a	97,9 a
Tempo	Comprimento	Largura	Espessura	Área cladódio
60 dias	12,8 b	6,0 b	0,47 c	51,1 b
90 dias	15,6 a	9,2 a	0,65 b	97,6 a
120 dias	16,1 a	8,2 a	0,91 a	86,5 ab

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Em relação ao número de fragmentos para a produção de mudas, nota-se que para todas as variáveis estudadas obtiveram-se médias com maior expressividade quando se utilizou o cladódio dividido em quatro fragmentos. Essa diferença na morfometria da sua estrutura, possivelmente, pode estar relacionada com o maior tamanho do fragmento obtido a partir do cladódio original e, conseqüentemente, com sua respectiva reserva energética e estrutura de auréolas/acúleos.

Note-se ainda que, ao longo dos dias de cultivo, a planta tende a crescer gradativamente; no presente estudo, portanto, ao se avaliar as novas estruturas da palma forrageira oriunda da fragmentação de cladódios, obteve-se maior comprimento, largura e espessura de cladódios aos 120 após o plantio. Apenas para a variável área

do cladódio obteve-se maior resultado aos 90 dias, com pequena redução aos 120 dias.

Apesar de o estudo ter sido finalizado exatamente aos 120 dias, não nos permitindo fazer afirmações com exatidão científica, ainda assim podemos inferir que a redução na área total dos novos cladódios pode ser indicativo de que a planta esteja realocando nutrientes para utilização na emissão de novas estruturas, dando continuidade ao processo de formação da nova planta mãe e produção de novas mudas da palma forrageira.

Os resultados apresentados pelo presente estudo demonstram que, sob condições adequadas, a palma forrageira pode apresentar desenvolvimento conforme o esperado, isto é, nos primeiros meses de cultivo apresenta crescimento de suas novas estruturas objetivando o estabelecimento de área fotossinteticamente ativa, com elevação na produção de biomassa e consequente expansão da planta (ALMEIDA *et al.*, 2003).

Conclusões

1 – Os fatores número de fragmentos e tempo de cultivo tem grande influência sobre o desenvolvimento inicial da nova planta da palma forrageira e sobre as características morfométricas dos novos cladódios (mudas), independente do fator adubação. Assim, recomenda-se que para a técnica de fragmentação, seja utilizado o máximo de quatro fragmentos de um cladódio original (mãe) e o período mínimo de 120 dias para a colheita de novas mudas;

2 – Para a adubação fosfatada deve-se utilizar a dose recomendada (166 Kg/ha de P_2O_5) já no plantio, haja vista que as plantas apresentaram resposta positiva no desenvolvimento inicial e nas características dos novos cladódios;

3 – Para a adubação potássica deve-se utilizar a dose recomendada (555 Kg/ha de K_2O) no momento da implantação ou

ainda como adubação de cobertura após o plantio, haja vista que as plantas apresentaram respostas positivas significativas entre 90 e 120 dias após o plantio possibilitando, assim, a escolha do período de adubação;

4 – Recomenda-se a realização de novos estudos com período de avaliação superior a 120 dias, objetivando avaliar mais profundamente as respostas da palma forrageira aos fatores estudados na presente pesquisa, além da verificação da viabilidade técnico-econômica desta tecnologia.

Referências

ALMEIDA, M. L. et al. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Revista Ciência Rural**, v.33, p.189-194, 2003.

BARROS, T. M. **Propagação de palma forrageira pelo método da fragmentação do cladódio para produção de mudas**. 60p. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

CAVALCANTE, J. M. M. et al. Desenvolvimento inicial de brotações com uso de 1/2 e 1/6 do cladódio na propagação da palma forrageira *Nopalea cochenillifera* var. miúda. **Revista Pubvet**, Maringá, v.11, p.819- 824, 2017.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. et al. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, p. 129-135, 2010.

GRANT, C. A. et al. **A Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. **Informações agronômicas**, Piracicaba, SP. Ed 95, p.1-5, 2001.

MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.9, p.75-93, 2017.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da Palma forrageira. In: LOPES, E.D. (Org.) **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**, João Pessoa: EMEPA, p.21-60, 2012.

SILVA, L. M. et al. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v.44, p.2064-2071, 2014.

SOUZA, L. S. B. et al. Indicadores climáticos para o zoneamento agrícola da palma forrageira (*Opuntia* sp.). In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, Petrolina. **Anais** v.3; p.23-28, 2008.

Conservação de coprodutos de sisal

Ossival Lolato Ribeiro

Daniele Rebouças Santana Loures

Ernani Macedo Pedreira

Pedro Leon Gomes Cairo

Givanildo Lopes da Silva

Introdução

A importância do sisal para a economia do setor agrícola nordestino pode ser analisada sob diversos aspectos, merecendo destaque a geração de renda e emprego para um contingente de aproximadamente 800 mil pessoas, proporcionando divisas para os Estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte (COUTINHO et al., 2006).

Pouco do resíduo do desfibramento do sisal é utilizado por produtores, sendo na maioria das vezes o adubo distribuído na própria cultura para recompor parte da fertilidade de suas lavouras. O resíduo do sisal é utilizado na alimentação de ruminantes através da mucilagem *in natura*, ou ainda como forragem conservada nas formas de feno ou silagem (BRANDÃO, 2009).

A alta umidade da mucilagem de sisal, em torno de 85%, pode gerar uma grande produção de efluentes e, conseqüentemente, trazer problemas ao processo fermentativo e à composição bromatológica da silagem. Faria et al. (2008a), ao avaliarem a composição bromatológica do coproduto do sisal amonizado com ureia, sugeriram pesquisas com a adição de sequestrantes de umidade como forma de evitar a perda da qualidade do produto.

A inclusão de produtos externos (os aditivos) no processo de ensilagem tem como função prevenir as fermentações secundárias, sequestrando a umidade e melhorando a estabilidade aeróbia da

silagem produzida (HENDERSON, 1993). Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente, pode-se melhorar o valor nutritivo da silagem (BRANDÃO, 2009).

Brandão et al. (2011) relataram valores de 8,7 e 9,5% de proteína bruta na mucilagem de sisal fenada e ensilada, respectivamente, sendo encontrado valor de 22,7% de proteína bruta quando esta mucilagem foi amonizada.

Vale ressaltar que a maioria dos estudos com silagem da mucilagem de sisal se deteve em avaliar efeitos de aditivos na composição bromatológica; no entanto, pouco são os estudos acerca da dinâmica do processo fermentativo da silagem da mucilagem de sisal. Para Jobim et al. (2007), medir as perdas da dinâmica do processo fermentativo da silagem pode ser de grande importância nas avaliações da qualidade de fermentação (padrão de fermentação) da forragem ensilada, possibilitando quantificar as perdas totais de matéria seca da silagem e identificar os efeitos dos aditivos na mesma.

Faria et al. (2008b), ao avaliarem a composição bromatológica do coproduto do desfibramento do sisal submetido a autofermentação, constataram que a adição de ureia não trouxe benefícios. Entretanto, em outro estudo avaliando a composição bromatológica do coproduto do desfibramento do sisal tratado com ureia, concluíram que o uso da mesma durante o processo de estocagem do coproduto do sisal melhorou sua qualidade, particularmente no que diz respeito ao teor proteico. Contudo, a estocagem não trouxe benefícios ao volumoso, observado pelas reduções nos teores de carboidratos não fibrosos e de digestibilidade de matéria seca (FARIA et al., 2008a).

A avaliação da composição bromatológica da mucilagem de sisal e o desenvolvimento de estratégias de utilização dela podem tornar a região sisaleira da Bahia diferenciada na produção de ruminantes quanto ao planejamento alimentar para o período das

secas. Estima-se que a geração de coprodutos da cultura do sisal seja superior a 850 mil toneladas/ano na região sisaleira da Bahia (CONAB, 2009).

Contudo, apesar de algumas dificuldades como alto custo de produção de sisal, declínio de área plantada e produtividade, o sisal ainda continua sendo uma das opções econômicas para a região semiárida do Nordeste do Brasil; além disso, existe a possibilidade de aproveitamento não somente da fibra, mas também dos resíduos gerados pela atividade na alimentação de ruminantes, podendo tornar esta cultura mais rentável economicamente e mais vantajosa para a área em questão. Por isso, é necessário garantir sua continuidade e realizar estudos e trabalhos capazes de estimular a expansão da cultura e a utilização dos seus resíduos, notadamente na alimentação animal.

Desta maneira, objetivou-se com o presente capítulo analisar a composição bromatológica, a dinâmica do processo fermentativo e as perdas de matéria seca da silagem da mucilagem de sisal, com a utilização de aditivos.

Ensilagem de sisal

Sisal emurchecido com ureia

Os trabalhos foram conduzidos na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas – Bahia, e algumas considerações serão realizadas a seguir.

Pode-se notar que o emurchecimento foi capaz de aumentar o teor de matéria seca em aproximadamente nove unidades percentuais, uma vez que a mucilagem do sisal apresenta um teor de matéria seca em torno de 10% (FARIA et al., 2008b).

Quanto à silagem da mucilagem emurchecida sem aditivo não houve diferença significativa para matéria seca e lignina ($P > 0,05$) entre

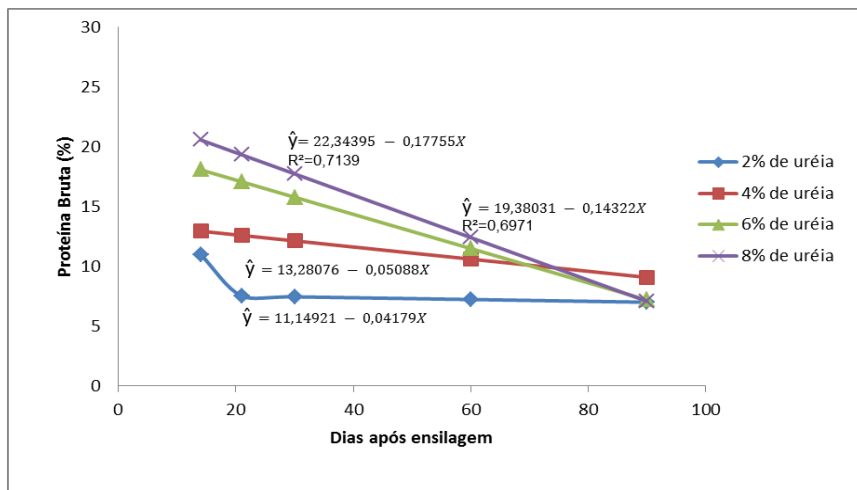
o material original e a silagem da mucilagem de sisal nos diferentes tempos de abertura (14, 21, 30, 60 e 90 dias). Houve redução nos teores de proteína bruta, exceto aos 14 dias, demonstrando que o tempo de armazenamento não trouxe benefícios à silagem emurchecida sem aditivos, ou seja, parte da proteína foi perdida. Houve aumento nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e redução dos carboidratos não fibrosos, fato esperado já que a elevação proporcional nas frações fibrosas ocorre à medida que ocorre a redução nos teores de proteína e carboidratos não fibrosos. Resultado parecido foi obtido por Faria et al. (2008b) ao analisarem a composição bromatológica do coproduto do desfibramento do sisal tratado com ureia, concluindo que a estocagem não trouxe benefícios ao volumoso em função das reduções nos teores de carboidratos não fibrosos e da digestibilidade de matéria seca.

Nas silagens da mucilagem de sisal emurchecidas aditivadas com ureia não houve efeito significativo da interação dose de ureia e época ($P > 0,05$) para os teores de matéria seca, matéria mineral, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina e carboidrato não fibroso.

Para os teores de proteína bruta houve efeito significativo de interação ($P < 0,05$) de doses de ureia e época de abertura do silo, evidenciando efeito significativo crescente para doses de ureia. Os incrementos deram-se pela adição do nitrogênio não proteico e as reduções ocorreram, provavelmente, pela capacidade de volatilização da ureia e da amônia (PIRES et al., 1999; REIS et al., 2001).

Constataram-se valores mais elevados de proteína bruta aos quatorze dias de armazenamento, em silagens com 6 e 8% de ureia (Figura 1).

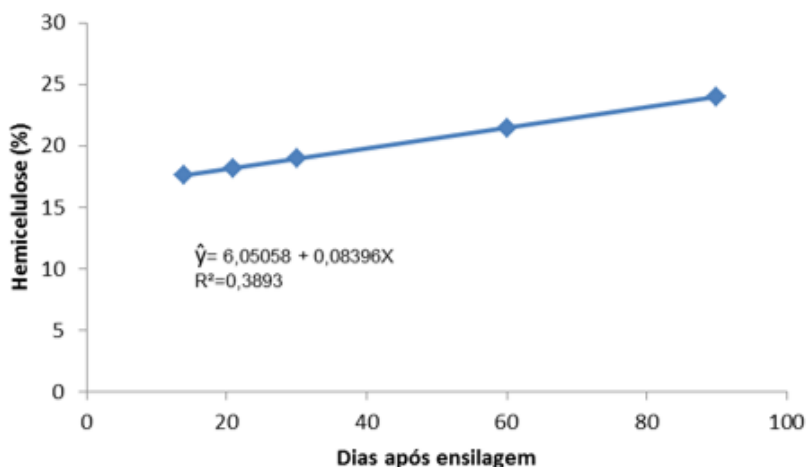
Figura 1 - Efeito temporal sobre o teor proteína bruta (PB) da silagem da mucilagem do sisal em função das doses de 2%, 4%, 6% e 8% de ureia.



Fonte: construído pelos autores, 2020.

Houve efeito significativo crescente de interação ($P < 0,05$) para dose 8% de ureia e época para hemicelulose (Figura 2).

Figura 2 - Efeito temporal sobre o teor de hemicelulose (HEM) em função da dose de 8% de ureia.

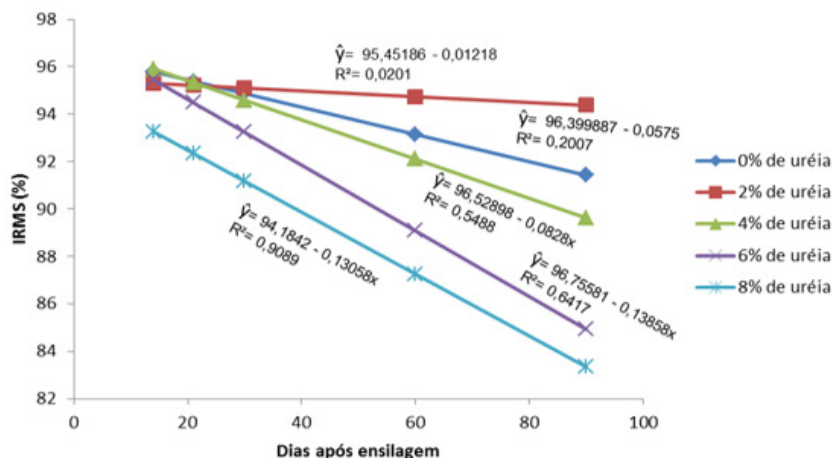


Fonte: construído pelos autores, 2020.

De acordo com Van Soest (1994), o aumento nos teores da fibra pode ser atribuído a não solubilização parcial da fração da hemicelulose, celulose ou lignina da parede celular. Como a hemicelulose foi obtida a partir da diferença dos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, esses resultados são reflexo do efeito do aditivo em reduzir os teores de fibra em detergente ácido. Essa ocorrência, por sua vez, comprova que o aditivo levou à maior solubilização de constituintes da parede celular em detergente ácido em comparação aos constituintes em detergente neutro.

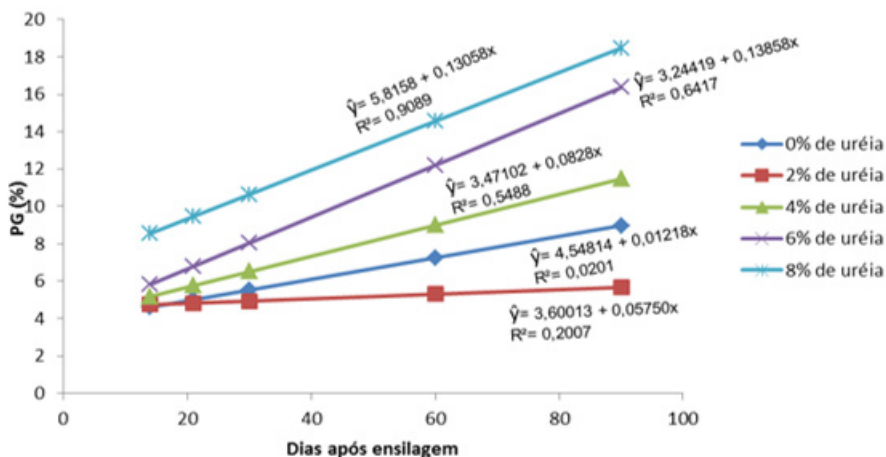
Não houve efeito significativo ($P>0,05$) de interação doses de ureia e dias após ensilagem para a produção de efluentes. Contudo, observou-se efeito significativo ($P<0,05$) de interação doses de ureia e dias após ensilagem para as variáveis índice de recuperação de matéria seca (RMS), perdas gasosas (PG), NH_3/NT e pH. As equações ajustadas para as variáveis citadas em função das doses de ureia encontram-se nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente.

Figura 3 - Efeito temporal sobre o índice de recuperação da matéria seca (IRMS) de silagens da mucilagem do sisal nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8% de ureia.



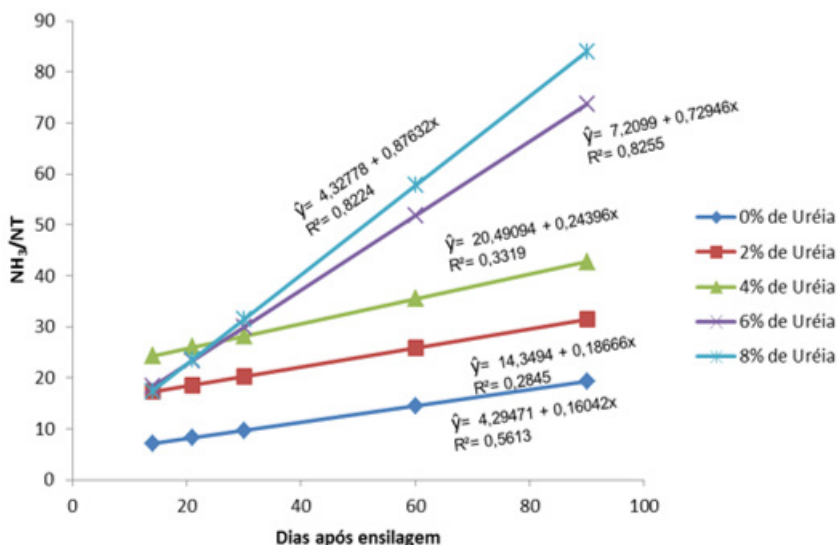
Fonte: construído pelos autores, 2020.

Figura 4 - Efeito temporal sobre as perdas de gases (PG) de silagens da mucilagem do sisal nas doses de 0, 2, 4, 6 e 8% de ureia.



Fonte: construído pelos autores, 2020.

Figura 5 - Efeito temporal sobre o nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (NH_3/NT) de silagens da mucilagem do sisal nas concentrações de 0, 2, 4, 6 e 8% de ureia.



Fonte: construído pelos autores, 2020.

O RMS sofreu redução com o aumento dos níveis de ureia, fato que pode ser justificado pelas perdas por gases com efeito significativo crescente ($P < 0,05$) e comportamento inverso, provavelmente pela proteólise ocorrida na silagem. Houve interação entre as doses de ureia e o período de abertura para as perdas por gases.

O NH_3/NT aumentou à medida que aumentaram as doses de ureia, com efeito significativo crescente ($P < 0,05$), na interação doses de ureia e época. Os maiores valores foram registrados nas silagens emurchecidas com 6% e 8% de ureia com 90 dias após a ensilagem: 73,68% e 84,01%, respectivamente. Esses dados demonstram que houve proteólise pela ação de microrganismos não desejáveis na silagem. Quando esse valor está acima de 20%, isso indica que houve grande quebra de aminoácidos (OSHIMA; MCDONALD, 1978). Entretanto, em silagens sem ureia (0%) os valores de NH_3/NT estiveram próximos aos desejáveis: 7,1% com 14 dias de ensilagem e 19,2% com 90 dias de ensilagem. Em estudo feito por Schmidt (2006), que avaliou as perdas fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar, concluiu-se que, nas silagens aditivadas com ureia, a abertura após 120 dias de armazenamento proporcionou maior teor de NH_3/NT (18,9%) em comparação com a abertura com 60 dias (15,1%), sendo que o tempo de abertura não afetou esta variável para as silagens sem aditivos.

Houve efeito significativo crescente ($P < 0,05$) de interação entre as doses de ureia e os dias após ensilagem para a variável pH, como pode ser observado pelos valores encontrados em função dos níveis 0% e 8% de ureia: 6,78 e 8,59, respectivamente. Entretanto, o pH não baixou o suficiente para inibir o desenvolvimento bacteriano indesejável (ROTZ; MUCK, 1994). Como não ocorreu acidificação do meio, houve perdas na qualidade da silagem por causa da degradação de compostos proteicos (proteínas verdadeiras, peptídeos, aminoácidos, aminas e amidas) por ação de microrganismos indesejáveis e até

amônia, a qual é perdida por volatilização durante a abertura do silo (CÂNDIDO et al., 2007).

O pH é um importante parâmetro de qualidade da fermentação e, por isso, os valores obtidos indicam que não houve uma fermentação adequada da silagem. No estudo feito por Schmidt (2006), verificou-se que a ureia aumentou o pH das silagens: nas silagens aditivadas, o pH foi de 3,53; nas silagens sem ureia, o pH foi de 3,32.

Níveis de compactação

A densidade de compactação é necessária para a obtenção da fermentação desejada, sendo que a condição de anaerobiose no interior do silo é dependente, principalmente, da adequada compactação (SILVA et al., 2015). A compactação busca eliminar o máximo de oxigênio (condição de anaerobiose), além de reduzir as perdas por deterioração e promover o maior armazenamento no silo (MUCK et al., 2003; BOLSEN; BOLSEN, 2004).

Estudos sobre a densidade da mucilagem de sisal ainda são escassos na literatura sobre ensilagens, em geral. Apenas constam informações gerais sobre as adequações de compactação (600 a 800 kg/m³) para evitar a presença de oxigênio residual que deprecie o processo fermentativo (TOMICH et al., 2003).

Desta forma, nos estudos conduzidos com diferentes densidades de compactação da silagem da mucilagem de sisal (DA SILVA, 2017), na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), ao se avaliar o perfil fermentativo da massa ensilada (Tabela 1), observou-se diferença significativa nas perdas de matéria seca (PMS), obtendo-se uma equação linear negativa, ajustada da seguinte forma: $y = -0,006x + 8,1905$ ($r^2 = 47,87\%$). De acordo com a equação, obteve-se a redução de -0,006% por unidade de aumento na densidade de compactação.

Tabela 1 - Valores médios para o perfil fermentativo da silagem da mucilagem de sisal sob diferentes densidades de compactação.

Perfil fermentativo	Densidade da silagem kg/m ³				Média	P- VALOR		EPM
	500	650	800	950		L ₍₁₎	Q ₍₂₎	
PMS	6,12	2,59	4,14	2,63	3,87	<0,0043	0,1003	0,2849
PG	3,62	5,28	4,75	5,56	4,80	<0,0022	0,1912	0,1541
PE	0,88	1,50	0,57	1,24	1,05	0,9506	0,9572	0,2142
NH ₃	9,83	8,74	8,09	6,18	8,37	<0,0001	0,7157	0,1314
pH	6,12	6,04	5,84	5,82	5,95	<0,0002	0,5123	0,0230

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Linear ₍₁₎; Quadrática ₍₂₎; PMS = perdas de matéria seca ₍₁₎ $y = -0,006x + 8,1905$; $R^2 = 47,87\%$; PG = Perdas por Gases ₍₁₎ $y = 0,0035x + 2,2417$; $R^2 = 63,52\%$; PE = perdas por efluentes; NH₃ = nitrogênio amoniacal ₍₁₎ $y = -0,0065x + 13,062$; $R^2 = 98,61\%$; pH ₍₁₎ $y = -0,0007x + 6,4759$; $R^2 = 91,81\%$.

Logo, nota-se que foi possível reduzir perdas de material ensilado por meio da elevação da compactação, sendo este um resultado desejado, conforme referenciado acima. Ainda se destaca, como benefício secundário, a preservação do valor nutricional do material ensilado, haja vista que ele está presente na MS e esta foi preservada com maior eficiência.

Outro fator a ser avaliado no perfil fermentativo de uma silagem é a perda por gases (PG). Ao avaliarem-se as diferentes densidades da silagem oriunda da mucilagem do sisal observou-se aumento significativo da PG em função da densidade utilizada (Tabela 1). Obteve-se efeito linear positivo ($P < 0,05$), com perdas de 0,0035% a cada unidade de aumento na densidade.

As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida na ensilagem e quando ocorre a produção de álcool (etanol ou manitol), aumentando consideravelmente estas perdas. Esse tipo de fermentação é promovido por bactérias heterofermentativas,

enterobactérias e por leveduras (TAVARES et al., 2009), possivelmente pelo fato da mucilagem de sisal apresentar 61,89% de açúcares solúveis na MS, teor relativamente elevado segundo Silva et al. (2014), e que pode provocar uma fermentação alcoólica com a produção de gases.

Por outro lado, as perdas por efluentes não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) para as densidades de compactações estudadas, obtendo-se média geral de 1,05 kg/t MV (Tabela 1). Os resultados baixos das perdas por efluente são satisfatórios, pois não afetaram a qualidade da silagem conservando os compostos orgânicos como açúcares, ácidos, proteína e minerais (MCDONALD; HENDERSON; HERON et al., 1991).

Para os teores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) e inversamente proporcional ao aumento da densidade, o que é desejado para um processo de ensilagem, haja vista que o $N-NH_3$ é proveniente da degradação de proteínas (MACEDO et al., 2012); logo, quanto menor for o valor deste composto na silagem, maior será a conservação da proteína que estará, possivelmente, disponível para a alimentação animal. Nestes estudos realizados no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB, foi possível obter-se redução de, aproximadamente, 37% no $N-NH_3$, evidenciando o efeito expressivo da maior compactação sobre a qualidade da silagem.

Por fim, outra variável que pode indicar sucesso ou não no processo fermentativo de silagem é o pH, pois o da silagem da mucilagem de sisal apresentou efeito linear negativo em relação aos níveis da densidade da silagem (compactação). A cada unidade de aumento na densidade obteve-se um decréscimo de -0,1070 no valor de pH (Tabela 1); entretanto, independentemente dos tratamentos, os valores de pH deste estudo foram considerados fora da faixa ideal, que vai de 3,8 a 4,2 segundo MCDONALD et al. (1991).

Todavia, vale destacar que a silagem da mucilagem de sisal não é uma silagem padrão, como são consideradas as silagens de milho ou sorgo forrageiro. Assim, embora a literatura traga uma faixa de pH considerada ideal, ressalte-se que esta faixa foi determinada em estudo com milho e sorgo forrageiro, plantas muito diferentes do sisal, podendo indicar que a silagem da mucilagem de sisal pode apresentar faixa de pH ideal diferente da literatura. Desta forma, deve-se salientar a importância da realização de estudos mais aprofundados sobre o pH desta silagem e seu comportamento sob diferentes condições de ensilagem.

Outra linha de avaliação da qualidade da silagem é sua composição bromatológica. Esta deve ser realizada com bastante critério e de forma concisa, haja vista que cada entidade nutricional tem sua importância para a nutrição animal, tanto de forma individual quanto em associação com outras, o que realça a importância da avaliação do valor nutricional da silagem como um todo.

Nos estudos acerca da densidade de compactação da silagem da mucilagem de sisal, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) para nenhuma entidade nutricional (Tabela 2). Este resultado reforça e corrobora a linha de raciocínio que sugere a realização de mais estudos com a silagem da mucilagem de sisal, sobretudo em diferentes condições de confecção (teor de MS; densidade de compactação; utilização de aditivos – químico ou bacteriano ou alimentício; realocação da silagem; tipo de silo; etc.), pois embora seja repetitivo afirmar, destacamos que o processo de ensilagem de plantas que não sejam o milho e o sorgo forrageiro, eventualmente, vai apresentar resultados bastante divergentes da literatura. Logo, torna-se necessário a elaboração de novos padrões e conceitos que possam nortear a confecção de silagens de plantas diversas.

Tabela 2 - Valores médios da composição bromatológica da silagem da mucilagem de sisal sob diferentes densidades de compactação.

Composição Bromatológica	Densidade da Silagem kg/m ³					P- VALOR		EPM
	500	650	800	950	Média	L ₍₁₎	Q ₍₂₎	
MS	26,19	27,40	25,71	27,10	26,60	0,6822	0,8698	0,2733
MM	16,73	17,22	17,16	16,90	17,00	0,7177	0,1863	0,1326
MO	83,26	82,77	82,83	83,09	82,99	0,7177	0,1863	0,1327
PB	8,99	8,71	8,80	8,41	8,73	0,1479	0,8337	0,1911
FDN	30,47	26,62	28,47	28,51	29,27	0,0751	0,5921	0,4039
FDA	24,43	23,90	23,64	23,30	23,82	0,1982	0,8769	0,2995
LIG	12,38	12,80	12,11	12,14	12,36	0,4240	0,6180	0,1922
CEL	12,20	12,13	11,84	11,94	12,02	0,1008	0,7986	0,2376
HEM	6,41	5,77	5,59	5,20	16,54	0,7560	0,9077	0,3750

Fonte: construído pelos autores, 2020.

Linear₍₁₎; Quadrática₍₂₎; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; LIG = lignina; CEL = celulose; HEM = hemicelulose.

Conclusões

1 - A ureia promoveu aumento dos teores de pH e NH₃/NT das silagens, influenciando em prejuízos na qualidade fermentativa da silagem da mucilagem de sisal pelo atraso no abaixamento do pH;

2 - Doses de 6% a 8% de ureia promovem um bom incremento de proteína bruta, e além de reduzir perdas de matéria seca, perdas gasosas e produção de efluentes evitam queda na qualidade fermentativa da silagem da mucilagem de sisal;

3 - A silagem da mucilagem de sisal apresentou melhor perfil fermentativo na densidade de 950 kg/m³;

4 - Por se tratar de uma planta bastante diferente dos padrões observados para milho e sorgo forrageiro, recomenda-se a realização de mais estudos com a silagem da mucilagem de sisal, sobretudo em diferentes condições de ensilagem.

Referências

BOLSEN, K. K.; BOLSEN, R. E. The silage triangle and important practices in managing bunker, trench, and driver-over pile silos. In: **Southeast dairy herd management conference**, 2004, Macon. Proceedings, p.1-7, 2004.

BRANDÃO, L. G. N. **Coprodutos do sisal como opção para alimentação de ruminantes no semiárido**. 2009. 76p. Dissertação de Mestrado (Ciência Animal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009.

BRANDÃO, L. G. N. et al. Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte.63, n.6, p.1493-1501, 2011.

CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1489-1494, 2007.

CONAB. [2009]. Disponível em: <www.conab.gov.br> Acesso em: 03 de junho de 2020.

COUTINHO, W. M.; SUASSUNA, N. D.; LUZ, C. M.; SUINAGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F. Bole roto f sisal caused by *Aspergillus niger* in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p. 605, 2006.

DA SILVA, G. L. **Silagem de mucilagem de sisal sob diferentes densidades de compactação**. 32p. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

FARIA, M. M. S. et al. Composição bromatológica do coproduto do desfibrilamento do sisal tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.3, p. 301-308, 2008a.

FARIA, M. M. S. et al. Composição bromatológica do coproduto do desfibrilamento do sisal submetido à auto-fermentação. **Magistra**, Cruz das Almas, v.20, n.1, p. 30-35, 2008b.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.45, n.1, p.35-56, 1993.

JOBIM, C. C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.101-119, 2007.

MACEDO, C. H. O. et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira. Saúde Produção. Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.371-382, 2012.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, p.340, 1991.

MUCK, R. E.; MOSER, L. E.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. In. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison (Eds), **Silage Science and Technology**. Madison, WI: American Society of Agronomy. p. 251-304, 2003.

OSHIMA, M.; McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.29, n.6, p.49-58, 1978.

PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; CECON, P. R. Amonização da quirera de milho com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.6, p.1186-1193, 1999.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. de A.; PEREIRA, J. R. A. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p.666-673, 2001.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison, p.828-868, 1994.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 228p. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2006.

SILVA, G. M. et al. Fatores anti-qualitativos em silagens. **Revista Eletrônica Nutritime**, Belo Horizonte, v.12, n.6, p.4359-4367, 2015.

SILVA, A. M. et al. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação de ruminantes. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.4, p.370-379, 2014.

TAVARES, V. B. et al. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurhecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia (*Panicum maximum*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

TOMICH, T. R. et al. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação**. 1ed. Corumbá: Embrapa Pantanal, 20 p., 2003.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p., 1994.

Biocontrole e manejo parasitário em ruminantes

Luis Eduardo Meira Faria

Inês dos Santos Pereira

Ially de Almeida Moura

Giancarlo Bomfim Ribeiro

Wendell Marcelo de Souza Perinotto

Introdução

Dentre os parasitos de interesse pecuário o carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* e os helmintos gastrintestinais assumem papel de destaque na bovinocultura brasileira (BIEGELMEYER et al., 2012; GRISI et al., 2014). *Rhipicephalus microplus* é responsável por perdas econômicas estimadas em, aproximadamente, 3,24 bilhões de dólares por ano (GRISI et al., 2014). Esses prejuízos são decorrentes dos gastos com acaricidas utilizados no controle e com o auxílio técnico para o tratamento de animais doentes. Além disso, esse ectoparasito é o vetor biológico dos agentes patogênicos do complexo da Tristeza Parasitária Bovina: *Anaplasma marginale*, *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* (RODRIGUEZ-VIVAS; JONSSON; BHUSHAN, 2018).

A depender da carga parasitária, os bovinos infestados com *R. microplus* podem apresentar diminuição na produção de carne e leite, pois cada fêmea desse parasito pode ingerir cerca de 0,5 mL a 3,0 mL de sangue, acarretando perda de 1,0 grama de peso vivo e 8,9 mL de leite por carrapato (BRITO et al., 2010). De acordo com Rodrigues e Leite (2013), estima-se uma redução de 92,24 litros de leite por vaca durante uma lactação. Observa-se também, ineficiência reprodutiva, depreciação do couro decorrente de lesões inflamatórias pela fixação do parasito, infecções secundárias e predisposição à instalação de miíases (GARCIA et al., 2019).

Outro grupo de parasitos importantes na produção de ruminantes são os helmintos gastrintestinais, ocasionando impactos negativos sobre os sistemas de produção adotados no Brasil e reduzindo a lucratividade da pecuária, cujos prejuízos causados na bovinocultura foram estimados em torno de sete bilhões de dólares por ano (GRISI et al., 2014).

Dentre os mais importantes nematoides que acometem os pequenos ruminantes, merecem destaque *Haemonchus contortus* (ALAM et al., 2019), e *Trichostrongylus* ssp., que são considerados os maiores responsáveis pelos prejuízos econômicos da caprino e ovinocultura (SILVA, 2014). No entanto, outras espécies também podem ser identificadas e causar prejuízos, destacando-se *Cooperia* sp., *Oesophagostomum* spp. e *Strongyloides papillosus* (BRITO et al., 2009).

A infecção por nematoides gastrointestinais é um fator limitante para a criação eficiente de ruminantes devido aos impactos negativos causados na saúde e produtividade dos rebanhos. Considerando a maior sensibilidade dos caprinos à infecção, a caprinocultura tem sido uma atividade especialmente afetada por este problema (GALLIDIS et al., 2009). Uma das justificativas para esta condição se deve ao processo de seleção natural no hábito alimentar desta espécie, que apresenta o hábito de ramonear, sobretudo, ramos e folhas, diferentemente dos bovinos e ovinos que são pastejadores, reduzindo, assim, a exposição aos nematoides gastrintestinais ao longo do tempo (HOSTE et al., 2010).

Alguns dos prejuízos econômicos decorrentes da parasitose por nematoides gastrintestinais em pequenos ruminantes são decorrentes da perda de peso e queda da produção de leite, além da morte dos animais que não são devidamente tratados (HASSUM, 2014). Estes são os maiores obstáculos para a obtenção de bons índices zootécnicos nesses sistemas de criação (RINALDI; CRINGOLI, 2012).

Para o controle das enfermidades parasitárias causadas por carrapatos e helmintos, ainda prevalece no Brasil o uso de acaricidas e anti-helmínticos químicos. Todavia, o uso indiscriminado desses produtos ao longo dos anos desencadeou a resistência dos parasitos a diferentes princípios ativos e suas associações (VILELA et al., 2020).

Assim, para atenuar os efeitos prejudiciais da infecção nos rebanhos e a emergência da resistência anti-helmíntica é necessário estabelecer um controle parasitário sustentável, capaz de limitar o hospedeiro a um nível de exposição que não comprometa seu desempenho e bem-estar, e ao mesmo tempo permitir o desenvolvimento da defesa imunológica (SARGISON, 2016).

As recorrentes discussões sobre os impactos ambientais decorrentes do uso de antiparasitários na pecuária atual, bem como de seus resíduos nos produtos de origem animal (e seus efeitos para a saúde humana) impulsionaram pesquisas com métodos alternativos de controle. Neste contexto inclui-se a demanda da população por produtos com menos resíduos químicos e produzidos de forma sustentável, somada ao cenário da resistência parasitária (BEYES-DA-SILVA et al., 2020; GARCIA et al., 2019).

Nesta perspectiva, o biocontrole e as medidas racionais de manejo vêm como ferramentas a serem associadas ao controle parasitário convencional, com intuito de garantir alta produtividade na cadeia pecuária de ruminantes, o bem-estar dos animais e menos impactos ao ambiente. Dentre os agentes biológicos utilizados para controle de parasitoses em ruminantes destacam-se os fungos entomopatogênicos e nematófagos.

Com relação aos fungos entomopatogênicos, *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* são os mais estudados e possuem potencial para controle de diferentes artrópodes (MASCARIN et al., 2019), tendo diversos estudos *in vitro* e alguns *in vivo* demonstrado ação acaricida sobre *R. microplus* (CAMARGO et al., 2012; QUINELATO

et al., 2012; PERINOTTO et al., 2012a; CAMARGO et al., 2014; PERINOTTO et al., 2014; CAMARGO et al., 2016; PERINOTTO et al., 2017; RIVERA et al., 2018; MARCIANO et al., 2020).

Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos constituem o grupo de maior importância e aplicabilidade no controle de pragas (VEGA et al., 2012). Podem ser encontrados naturalmente parasitando diferentes artrópodes, são microrganismos eucarióticos e heterotróficos, se reproduzem de forma sexuada ou assexuada, produzem grandes variedades de propágulos infecciosos, e o seu processo de infecção ocorre por meio da adesão, germinação e penetração da cutícula do hospedeiro (BEYS-DA-SILVA et al., 2020; LACEY et al., 2015).

Mundialmente há um grande número de micoInseticidas e micoacaricidas produzidos, e desde a década de 1960 cerca de 170 produtos comerciais à base de fungos foram registrados, sendo 33,9% destes de *M. anisopliae*, e 33,9% de *B. bassiana* (FARIA; WRAIGHT, 2007). No Brasil, 50% dos produtos à base de biopesticidas são produzidos com fungos, sendo que *M. anisopliae* e *B. bassiana* são os mais estudados e possuem potencial para controle de diferentes artrópodes (MASCARIN et al., 2019).

Alguns fatores como variabilidade genética (que possibilita a seleção de isolados virulentos), facilidade de produção de unidades infectivas em grande escala, praticidade na aplicação em condições de campo, baixo custo em práticas agrícolas, especificidade em infectar as pragas alvo e, principalmente, o baixo impacto ambiental nos programas de controle estabelecidos são responsáveis pela aplicabilidade comercial desse grupo de fungos (ORLANDELLI; PAMPHILE, 2011).

O mecanismo de infecção dos fungos entomopatogênicos no carrapato ocorre via cutícula, por meio de um conjunto de processos que envolvem fatores químicos e mecânicos (SAN; HUE, 2017).

Inicialmente ocorre a fixação dos conídios à cutícula, seguida pela germinação e formação do tubo germinativo. A dilatação da extremidade deste tubo dá origem ao apressório, o qual libera algumas enzimas como lipases, proteases e quitinases que são responsáveis pela degradação da cutícula do hospedeiro. Um estudo de análise secretômica de *B. bassiana* relacionada ao carrapato *R. microplus* demonstrou a participação de 236 proteínas produzidas pelo fungo, sendo 50 delas identificadas apenas em condição de infecção quando ligada a aspectos como adesão ao hospedeiro e penetração da cutícula (SANTI et al., 2018). Após a penetração da hemocele, há colonização da hemolinfa pelos conídios, gerando alterações proteicas e lipídicas que culminam na exaustão dos nutrientes e morte do artrópode, levando à extrusão e à esporulação fúngica sobre o hospedeiro (PERINOTTO et al., 2014; SANJAYA; OCAMPO; CAOILI, 2013; SANTI et al., 2010).

Estudos de microscopia de varredura demonstraram que a penetração do fungo não ocorre necessariamente por cavidades ou aberturas naturais do ectoparasito (aparelho bucal, espiráculos respiratórios, orifício genital e anal) (ARRUDA et al., 2005; GARCIA; MONTEIRO; SZABÓ, 2004), podendo a infecção ocorrer em qualquer superfície da cutícula.

Testes in vitro

Uma das principais características potenciais do controle de carrapatos por fungos entomopatogênicos é ação sobre todas as fases evolutivas de *R. microplus* (ovos, larvas, ninfas e adultos) (QUINELATO et al., 2012; CAFARCHIA et al., 2015; RODRIGUES et al., 2015; PRETTE et al., 2005). Em experimento laboratorial realizado na China visando a avaliar a virulência de *M. anisopliae* e *B. bassiana* s. l sobre *R. microplus*, foi possível observar até 100% de mortalidade das teleóginas dentro de 14 dias de tratamento, em concentrações

de 10^8 e 10^9 de conídios/mL, além de reduzida produção de ovos após o tratamento (REN et al., 2012).

Apesar dos resultados potenciais em condições laboratoriais, alguns fatores abióticos podem influenciar na ação desses microrganismos. Tanto o calor quanto o frio representam condições adversas para a sobrevivência de *M. anisopliae*; no entanto, o fator abiótico mais relevante é a radiação solar, sobretudo a UV-B (PERINOTTO et al., 2017). Segundo Ottati-de-Lima et al. (2010), a temperatura ideal para manutenção de viabilidade dos conídios de *M. anisopliae* é de 25°C, e para *B. bassiana* não houve diferença significativa entre 20°C e 25°C, sendo ambas consideradas as temperaturas ideais para manutenção de viabilidade dos conídios. Diversos estudos *in vitro* corroboram esses achados, pois se verifica eficácia entre 99% e 100% na germinação desses conídios em temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $\geq 80\%$ (MARCIANO et al., 2013; QUINELATO et al., 2012).

Estudos laboratoriais com a utilização desses fungos associados a veículos oleosos demonstraram a potencialização da virulência sobre o carrapato (CAMARGO et al., 2012; CAMARGO et al., 2016; KAYA; HEDIMBI, 2012; MARCIANO et al., 2015). Esses estudos demonstram que a formulação oleosa confere proteção aos conídios fúngicos, principalmente contra a radiação UV-B e umidade, e também promove a maior adesão à superfície do carrapato (CAMARGO et al., 2014; MARCIANO et al., 2013).

Segundo Perinotto et al. (2012b), formulações fúngicas de *B. bassiana* s. l. associadas a veículos oleosos potencializam a ação patogênica do fungo, o que pode tanto viabilizar seu uso a campo como prolongar o período de persistência no solo e facilitar sua aplicação, além de estender sua vida útil durante o armazenamento. Foi demonstrado também que podem ter seus efeitos potencializados quando associadas à planta *Melia azedarach* (SOUSA et al., 2011).

De acordo com Perinotto et al. (2017), tais formulações demonstraram eficácia de 75% sobre *R. microplus*. Para os autores esse resultado é bastante promissor, pois possibilita baixos níveis de carga parasitária e, ao mesmo tempo, mantém os animais em contato com uma pequena população do carrapato, permitindo a manutenção de estabilidade enzoótica para o complexo da Tristeza Parasitária Bovina em virtude da necessidade dessa interação parasito-hospedeiro para manutenção de anticorpos.

Testes in vivo

Após os excelentes resultados obtidos em pesquisas *in vitro* com fungos entomopatogênicos, alguns estudos vêm sendo realizados em condições seminaturais e a campo, utilizando formulações com intuito de minimizar as condições adversas como temperatura, umidade relativa e radiação, para garantir a manutenção da virulência fúngica e conseqüentemente, a determinação da eficácia em condições ambientais (ANGELO; BITTENCOURT, 2015).

No estudo realizado por Marciano et al. (2020), em condições seminaturais, *Metarhizium* spp. promoveu 100% de eficácia no controle de *R. microplus* e, além disso, o fungo foi capaz de persistir no solo por até 60 dias após o tratamento, mostrando o potencial na utilização para controle deste carrapato no ambiente.

Algumas pesquisas *in vivo* têm demonstrado a eficácia de isolados de *M. anisopliae* sobre a fase parasitária de *R. microplus*, e os efeitos adversos sobre o animal durante o tratamento foram nulos. No entanto, os autores apontam a necessidade de novos estudos a fim de aumentar a margem de segurança da utilização desse tipo de controle no animal (CAMARGO et al., 2016).

Em estudo experimental realizado na Colômbia, com 30 vacas zebuínas, 15 animais foram destinados ao grupo controle e 15 animais foram tratados com formulação comercial à base de *B. bassiana* s.

I, durante cinco semanas, sendo banhados uma vez por semana na concentração 1×10^6 conídios/mL. Observou-se que a melhor temperatura para a germinação do fungo foi de 25°C; nos animais tratados foi obtida uma eficácia corrigida de 96,8%, considerada pelos autores uma alternativa viável para controle desse ectoparasita na região testada (RIVERA et al., 2018).

Fungos nematófagos

Entre os fungos nematófagos, os gêneros *Arthrobotrys*, *Duddingtonia*, *Monacrosporium* e *Pochonia* têm sido apontados como alternativas viáveis para o controle biológico das nematodioses em ruminantes e outros animais domésticos (ARAÚJO et al., 2006; BRAGA; ARAÚJO, 2014).

As estratégias desenvolvidas por esses fungos para capturar e eliminar os nematoides são importantes no processo de seleção para o controle biológico. Os fungos que têm ação ovicida parasitam os ovos e estágios de vida sedentários dos nematoides, e utilizam enzimas como as quitinases fúngicas no processo de infecção do hospedeiro (YANG et al., 2010). Como exemplo dessa estratégia de ação, destaca-se a espécie *Pochonia chlamydosporia*. Este fungo produz uma estrutura chamada apressório que penetra o ovo com ação enzimática e mecânica destruindo o embrião ou a larva em desenvolvimento (SILVA et al., 2011).

Outro mecanismo de ação é a produção de armadilhas: quando os fungos entram em contato com os nematoides, secretam substâncias adesivas ou seus anéis constritores aprisionam os helmintos, os quais serão destruídos e utilizados como substrato para o desenvolvimento fúngico (COOKE; GODFREY, 1964). Os fungos *D. flagras* e *Monacrosporium* sp. têm a capacidade de produzir armadilhas adesivas tridimensionais responsáveis por capturar e matar os nematoides (GIVES et al., 2018). As redes adesivas são

formadas por ramos laterais das hifas que se encontram e dão origem a uma estrutura tridimensional adesiva (ARAÚJO et al., 2004).

In vitro

De acordo com Silva et al. (2015), os fungos *D. flagrans* e *A. musiformis* são capazes de reduzir grande porcentagem de larvas infectantes de *Haemonchus contortus* em laboratório. A capacidade predatória de *D. flagrans* sobre *Strongyloides* sp. foi avaliada *in vitro* por Silva et al. (2017), com redução de 91,55% das larvas. A produção de enzimas de *D. flagrans* responsáveis por destruir os nematoides foi verificada por Braga et al. (2015), que avaliaram a ação lítica das enzimas (proteases e quitinases) sobre as larvas de Ciatostomíneos correlacionando a ação dessas enzimas com a redução do número de larvas intactas.

No estudo realizado por Braga et al. (2020), o isolado AC001 de *D. flagrans* ocasionou redução de 91,5% de larvas no estágio L3 de *H. contortus* e *Strongyloides papillosus* nas fezes de ovelhas em laboratório. Ao avaliar *A. cladodes* (CG 719) após a passagem pelo trato gastrointestinal de ovinos, Rodrigues et al. (2020) verificaram a redução de 83,5% do total de larvas.

Dos fatores abióticos a temperatura é um fator importante para o desenvolvimento do fungo e a manutenção da sua capacidade predatória. De acordo com Castro et al. (2003), o fungo *M. thaumasium* apresenta, para estes dois processos, efetividade de 93,34%, 93,68% e 95,60% nas respectivas temperaturas de 25°, 28° e 30°C, possuindo, assim, uma ampla faixa de temperatura em que consegue destruir as larvas. Este resultado demonstra o potencial da utilização dessa espécie nos trópicos.

A temperatura está relacionada com a capacidade de produção das armadilhas. Para *D. flagras*, por exemplo, 30°C é a temperatura ideal, apesar deste fungo ter a capacidade de produzir armadilhas a

partir de 11°C. Além da temperatura, o pH afeta o desenvolvimento do fungo, e a faixa de pH que fornece a melhor taxa de crescimento fúngico está entre 7 e 8, ainda que possa crescer na faixa de pH que vai de 4 a 12 (WANG et al., 2019).

Testes in vivo

Os fungos *D. flagras* e *Monacrosporium* sp possuem a capacidade de produzir uma estrutura de resistência denominada clamidósporo. Essa particularidade permite a passagem do fungo pelo trato gastrointestinal dos ruminantes e, por isso, a sua administração pode ser realizada junto com a alimentação disponibilizada no comedouro para os animais. A dose recomendada de *D. flagrans* é de 1×10^6 clamidósporos/10Kg de peso vivo/dia (GIVES et al., 2018). Essa estratégia de tratamento tem como objetivo aumentar a densidade da população dos antagonistas no local de ocorrência das espécies que pretende controlar (GRØNVOLD et al., 1996).

Após a sua passagem por todo o trato gastrointestinal os clamidósporos são eliminados junto com as fezes dos ruminantes e com os ovos dos parasitos. Desta maneira, o início da sua ação predatória ocorre 24 horas após a sua administração, e o tempo para a recuperação dessas estruturas nas fezes pode chegar até 72 horas após o seu consumo. Esse tempo pode variar com o tipo de alimentação fornecida aos animais (OLIVEIRA et al., 2018).

Todavia, são necessárias algumas semanas para que a carga parasitária das pastagens seja reduzida a níveis aceitáveis, conseqüentemente diminuindo a reinfecção dos animais e a necessidade de tratamentos (VILELA et al., 2018). Healey et al. (2018) demonstraram que para bovinos e caprinos a redução de 81% e 86% na contagem de ovos por gramas de fezes (OPG), respectivamente, ocorreu após o período de oito semanas. Além da utilização das espécies fúngicas isoladamente, a combinação dos

fungos *A. cladodes* e *P. chlamydosporia* demonstrou ser capaz de reduzir a média anual do valor do OPG de bovinos criados em sistema extensivo em 89,3% (VIEIRA et al., 2020). Neste último caso, o fungo era oferecido aos animais apenas duas vezes durante a semana.

Apesar da necessidade da administração contínua do produto para controlar as parasitoses, quando as condições ambientais deixam de ser favoráveis aos nematoides a administração pode ser interrompida, retomando-se a administração momentos antes do período chuvoso antecipando, assim, os momentos críticos do controle da população de parasitos (GIVES et al., 2018).

Manejo da pastagem

O manejo das pastagens é uma estratégia que deve ser integrada ao controle de parasitos como carrapatos, ou seja, limitar o acesso dos animais ao pasto em determinados períodos para evitar a infestação com isso levando à morte as larvas devido à exaustão de suas reservas energéticas (RODRIGUEZ-VIVAS; JONSSON; BHUSHAN, 2018).

Com relação aos helmintos, a redução da exposição ao estágio larval infectante (L3) é um método eficaz de controle parasitário em animais criados a pasto (BAILEY; WALKDEN-BROWN; KAHN, 2009). O período de sobrevivência limitado das larvas de vida livre no ambiente possibilita o desenvolvimento de estratégias de manejo rotacionado do pastejo, com a introdução de animais no momento que a população larval seja mínima (TORRES-ACOSTA; HOSTE, 2008). Assim, reconhecer a dinâmica da fase de vida livre em ambos os grupos de parasitos é necessário para implementação dessa estratégia, reduzindo o risco de infestação por carrapatos e a ingestão acidental da larva L3 pelos animais suscetíveis.

O manejo da pastagem pode ser utilizado como forma integrada a outros métodos de controle de *R. microplus*. Essa prática

objetiva quebrar o ciclo do parasito e, conseqüentemente, reduzir a infestação de carrapatos nas pastagens e diminuir a pressão parasitária sobre o animal (NATH et al., 2018; NICARETTA et al., 2020). Para tal, faz-se necessário o entendimento sobre o ciclo de vida e a dinâmica populacional do parasito na pastagem, que são diretamente influenciados pela condição climática da região (HÜE; FONTFREY, 2019).

Controle de R. microplus

A susceptibilidade das larvas de carrapatos à dessecação torna viável a utilização do manejo rotacionado do pastejo como estratégia de controle parasitário. Isto ocorre devido à exposição ao sol e ao calor deste estágio, que se localiza nas hastes da gramínea para conseguir se agarrar ao potencial hospedeiro. Esta condição não acontece no estágio adulto, cujos mecanismos de resistência à dessecação proporcionam uma maior longevidade (WALKER, 2011).

Sob condições de clima tropical, a duração da sobrevivência larval de *R. microplus* foi de 10 a 14 semanas; entretanto, durante o verão, apenas 20% dessa população, cuja movimentação não é suficiente para representar fonte de infestação, estava presente no pasto na sexta semana, enquanto no inverno este período se prolongou até a décima semana (DESQUESNES; VIGNON, 1987). Quando avaliado em clima subtropical, o controle total do pasto à infestação da mesma espécie de carrapato foi alcançado após 19 a 20 semanas, com o descanso do pasto iniciado no final da primavera e princípio do verão, e 27 a 28 semanas no meio e no final do verão ou no outono (MASTROPAOLO et al., 2017).

No Brasil, a utilização de sistema de manejo rotacionado do pasto vem sendo implementada por diversos produtores da pecuária leiteira, com períodos de descanso do pasto variando de 15 a 34 dias (VERÍSSIMO et al., 2016). Além disso, a fertilização do solo

com ureia pode contribuir para a redução das populações, já que o contato com os grânulos de ureia causa a morte das teleóginas, limitando a oviposição (DA CUNHA et al., 2010). A implementação dessa estratégia possibilitou a redução de tratamentos com acaricida em 82,9% e 70,9% em fazendas de clima tropical (HÜE; FONTFREYDE, 2019). Durante a fase de vida livre a pressão ambiental sobre o carrapato é bem mais significativa devido a sua exposição a diferentes fatores ambientais, tais como temperatura, umidade relativa, tipo de forragem e manejo utilizado na pastagem, presença de inimigos naturais, taxa de lotação e também a raça bovina utilizada na propriedade (PINHEIRO et al., 2014).

Após o ciclo parasitário de 21 dias, a teleóquina ingurgitada e fecundada se desprende do animal e cai no solo, dando origem a fase de vida livre do parasito, caracterizada pela ovoposição, embriogênese e, posteriormente, eclosão da larva (GARCIA et al., 2019). Em virtude de parte do ciclo desse parasito ocorrer no meio ambiente, o manejo rotacionado pode interferir no seu ciclo de vida. Este método é caracterizado pela divisão de uma área de pastagem em piquetes para que haja movimentação periódica dos animais dentro dos piquetes, possibilitando períodos de descanso da pastagem, permitindo a recuperação e o crescimento da gramínea e, ao mesmo tempo, reduzindo a quantidade de larvas viáveis no meio ambiente. Outro ponto positivo do manejo rotacionado é o retardo no tratamento dos animais com acaricidas químicos (CORRÊA; SANTOS, 2003; NICARETTA et al., 2020).

Segundo Veríssimo (2015), pastagens com menor altura de forrageira associadas à utilização de gramíneas de crescimento ereto, como as do gênero *Panicum*, possibilitam maior incidência de raios solares no solo e, com isso, a desidratação e morte de teleóginas, da massa de ovos e das larvas recém-eclodidas. De acordo com Corrêa e Santos (2003), as gramíneas de crescimento ereto também são bem adaptadas ao pastejo rotacionado, o que pode ser justificado

pela maior incidência solar na massa forrageira e, conseqüentemente, maior eficiência fotossintética da planta. Uma alternativa é o sistema integrado de lavoura-pecuária, que permite o uso daquela área para implantação de diferentes culturas.

Nicaretta et al. (2020) verificaram em estudo experimental com pastejo rotacionado, no estado de Minas Gerais, durante a estação chuvosa, que a desinfestação de larvas do piquete se deu 105 dias após o vazio do mesmo, e também observaram um período de 60 dias após a introdução dos animais no piquete para reinfestação da pastagem com larvas viáveis. De acordo com Hüe e Fontfrey (2019), a observação de teleóginas ingurgitadas no animal pode ser um parâmetro para se estimar o período em que as larvas se tornam ativas na pastagem. Assim, pode-se deduzir o tempo de sobrevivência das larvas no ambiente e determinar o período de vazio do piquete.

O entendimento sobre a influência das condições climáticas, especialmente a precipitação pluviométrica, sobre a fase de vida livre de *R. microplus*, é de suma importância para o estabelecimento de programas de manejo rotacionado. A fim de se estabelecer períodos de maior infestação das pastagens, essa informação também pode auxiliar no controle estratégico com o uso de acaricidas comerciais, visto que preconiza-se o tratamento dos animais nos períodos mais desfavoráveis da vida livre do parasito (GOMES et al., 2016; VERISSÍMO, 2015). De acordo com Gomes et al. (2016), a precipitação pluviométrica da região está intimamente relacionada com o número de gerações do carrapato durante o ano.

Controle de helmintos gastrintestinais

Para adequada implementação do manejo rotacionado de pastejo, deve-se estimar o tempo necessário desde o desenvolvimento larval, com a eclosão dos ovos e evolução dos estágios larvais pré-infectantes (L1 e L2) e infectante (L3), até a saída da L3 das fezes,

sua migração para a gramínea e, por fim, sua morte. As condições climáticas locais podem servir de parâmetro para se prever os períodos de menor ou maior abundância de larvas no pasto, além do risco de contaminação no consumo da gramínea (CHEAH; RAJAMANICKAM, 1997). Desta forma, conhecer como as variáveis climáticas (temperatura, precipitação, umidade relativa e radiação solar) afetam cada etapa do ciclo de vida dos tricostrongilídeos, sobretudo quando estão presentes no ambiente, é uma condição essencial para o desenvolvimento da estratégia.

O desenvolvimento larval depende das condições de temperatura e umidade no ambiente, tornando-se mais ou menos eficiente a partir do efeito que cada variável provoca no parasito. Sob temperaturas constantes, o desenvolvimento larval até o estágio infectante (L3) foi próximo de zero para as temperaturas de 4°C, 8°C e 9°C, e atingiu o máximo em temperaturas de 16°C, 18°C e 22°C, para as espécies *Teladorsagia circumcincta*, *Trichostrongylus colubriformis* e *Haemonchus contortus*, respectivamente (LEATHWICK, 2013). Quando avaliada a umidade fecal, o desenvolvimento mínimo na presença de, pelo menos, 1% de larvas L3, foi registrado em umidades de 25%, 35% e 39%, enquanto o desenvolvimento ótimo ocorreu com umidade de 60%, 65% e 70% para *T. circumcincta*, *T. colubriformis* e *H. contortus*, respectivamente (ROSSANIGO; GRUNER, 1995).

Tanto a umidade fecal quanto a do solo podem modificar o desenvolvimento larval. Isto ocorre porque o solo ao redor das fezes atua como um regulador de umidade, modificando-a de acordo com o aumento ou diminuição desse fator. As condições de umidade do solo podem ser alteradas pela precipitação, tipo de solo e a evapotranspiração (O'CONNOR; KAHN; WALKDEN-BROWN, 2008). Entretanto, a distribuição temporal da precipitação é um fator de melhor precisão no desenvolvimento larval. Assim, verificou-se que uma adequada quantidade de precipitação nos três dias após

deposição de fezes contaminadas favorece o desenvolvimento larval (KHADIJAH et al., 2013).

A migração da larva infectante (L3) ocorre em duas situações distintas: a primeira quando a L3 sai das fezes para o solo e gramínea, e a segunda quando migra sobre a haste da gramínea. Em ambas as situações a precipitação exerce um efeito positivo sobre a abundância de larvas no pasto (AMARADASA; LANE; MANAGE, 2010). As larvas L3 dependem de água oriunda da chuva ou orvalho para que consigam migrar para a gramínea, sobretudo devido ao ressecamento das fezes (VAN DIJK; MORGAN, 2011). Esta condição é ainda mais agravada em regiões de clima semiárido, onde o período seco prolongado reduz acentuadamente a transmissão para os animais do rebanho, havendo picos de abundância de larvas após períodos de chuva e, conseqüentemente, surtos (SISSAY; UGGLA; WALLER, 2007). Quando há excesso de quantidade de chuvas, paradoxalmente, há menor quantidade de larvas disponíveis para infecção, visto que elas são lavadas da gramínea e espalhadas em várias direções para fora do pasto (CHAUDARY; QAYYUM; MILLER, 2008).

A migração vertical é um comportamento essencial para aumentar as chances da larva L3 ser ingerida por um potencial hospedeiro. Até então, achava-se que este comportamento era influenciado pela força gravitacional, caracterizando o geotropismo negativo. Entretanto, o grau de umidade presente sobre a gramínea é responsável pela migração (SCIACCA et al., 2002). Em períodos de umidade, foi encontrada maior quantidade de L3 no estrato superior da gramínea *Brachiaria decumbens* (SILVA et al., 2008).

Outro parâmetro importante para o sucesso da estratégia de manejo é o período de sobrevivência do estágio infectante (L3), seja nas fezes, no solo ou gramínea. Isto porque a larva L3 apresenta maior capacidade de resistir a temperaturas mais elevadas e à dessecação do que os estágios pré-infectantes (O'CONNOR; WALKDEN-BROWN; KAHN, 2006). Entretanto, sob condições de temperatura

favorável à migração, a sobrevivência da L3 será reduzida devido ao aumento do metabolismo e depleção das reservas energéticas (CHEAH; RAJAMANICKAM, 1997).

A exposição à irradiação solar é outro fator importante que pode interferir na sobrevivência das larvas infectantes. A radiação ultravioleta (UV), proveniente da luz solar, tem a capacidade de provocar danos ao DNA das larvas, reduzindo sua capacidade de reparação e, conseqüentemente, a sobrevivência no ambiente (HYUN et al., 2008). Assim, verificou-se que nos períodos cuja exposição à radiação UV foi mais intensa, a mortalidade dos nematoides gastrintestinais foi 2,27 vezes superior àquela do grupo de menor exposição. Na comparação entre as espécies, a mortalidade de *H. contortus* foi inferior a de *T. circumcincta* e *Nematodirus battus*, demonstrando melhor adaptação daquela espécie ao fator limitante (DIJK et al., 2009). Em condições de menor exposição solar no pasto, devido à presença de árvores em sistema silvopastoril, a sobrevivência das larvas foi maior quando comparada ao sistema convencional (OLIVEIRA et al., 2017).

Importância da espécie forrageira

As características morfofisiológicas das espécies forrageiras também podem influenciar na sobrevivência e dispersão dos estágios larvais dos nematoides e carrapatos. Algumas espécies, como *Brachiaria brizantha*, sintetizam metabólitos secundários através dos tricomas glandulares, que atuam como substâncias tóxicas e adesivas, podendo aderir 76% das larvas de *R. microplus* (BARROS; EVANS, 1989).

Sobre o aspecto morfológico, apesar da espécie forrageira *Panicum maximum* não possuir tricomas como extensão celular da epiderme das plantas, a sua presença não está associada à redução da migração das larvas de nematoides gastrintestinais (OLIVEIRA et al., 2009). Isto porque a espécie possibilitou maior concentração de larva L3 de *T. colubriformis* do que as espécies *B. decumbens* e

Cynodondactylon, provavelmente devido à maior densidade destas espécies promovendo a diluição das larvas e menor disponibilidade de infecção (DA ROCHA et al., 2012). Portanto, é fundamental que as características intrínsecas de cada espécie forrageira sejam observadas conjuntamente com os demais aspectos promotores da sobrevivência e dispersão das larvas, possibilitando, assim, um equilíbrio entre os fatores.

Conclusões

O uso dos fungos entomopatogênicos e nematófagos é uma alternativa que tem apresentado bons resultados no controle de carrapatos e helmintos gastrintestinais, respectivamente. Entretanto, apesar dos resultados promissores é necessária a investigação quanto à possibilidade de utilização desses fungos em diferentes regiões do Brasil, estabelecendo-se protocolos de acordo com as condições ambientais de cada ambiente.

Apesar de algumas empresas já estarem produzindo bioprodutos à base desses fungos, a utilização ainda é muito baixa. Portanto, é importante o incentivo e divulgação para que esses produtos cheguem aos produtores, principalmente, com custos acessíveis.

Somada ao uso do controle biológico, a adoção de medidas de controle parasitário a partir do manejo das pastagens pode ser uma alternativa viável aos produtores de ruminantes. Todavia, o sucesso dessas tecnologias depende das interações entre as condições climáticas, dos aspectos biológicos das espécies de parasito, e das características morfofisiológicas das espécies forrageiras, além do aspecto produtivo que pode limitar sua utilização. Por isso, é crucial que o entendimento seja especializado para cada região e leve em conta suas peculiaridades, proporcionando, assim, respostas aos produtores e consequente melhorias na produção.

Referências

- ALAM, M. B. B. et al. Single nucleotide polymorphisms in candidate genes are significantly associated with resistance to *Haemonchus contortus* infection in goats. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v.10, n.1, p.1-15, 2019.
- AMARADASA, B. S.; LANE, R. A.; MANAGE, A. Vertical migration of *Haemonchus contortus* infective larvae on *Cynodon dactylon* and *Paspalum notatum* pastures in response to climatic conditions. **Veterinary Parasitology**, Richland, v.170, n.1-2, p.78-87, 2010.
- ANGELO, I. C.; BITTENCOURT, V. R. E. P. Utilização de fungos entomopatogênicos para o controle de carrapatos. In: **Controle de carrapatos nas pastagens**. eds. VERISSIMO, J. C. Nova Odessa, São Paulo, p. 69-95, 2015.
- ARAÚJO, J. V. et al. Controle biológico de tricostrongilídeos (Nematoda: *Trichostrongyloidea*) gastrintestinais de bovinos pelo fungo *Monacrosporium sinense*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n. 4, p.467-471, 2004.
- ARAÚJO, J. V. et al. Efeito antagônico de fungos predadores dos gêneros *Monacrosporium*, *Arthrobotrys* e *Duddingtonia* sobre larvas infectantes de *Cooperia* sp. e *Oesophagostomum* sp. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, p.373-380, 2006.
- ARRUDA, W. et al. Morphological alterations of *Metarhizium anisopliae* during penetration of *Boophilus microplus* ticks. **Experimental and Applied Acarology**, v.37, p.231-244, 2005.
- BAILEY, J. N.; WALKDEN-BROWN, S. W.; KAHN, L. P. Comparison of strategies to provide lambing paddocks of low gastro-intestinal nematode infectivity in a summer rainfall region of Australia. **Veterinary Parasitology**, Richland v.161, n.3-4, p.218-231, 2009.
- BARROS, A. T. M.; EVANS, E. D. Ação de gramíneas forrageiras em larvas infestantes do carrapato dos bovinos *Boophilus microplus*.

Brazilian Journal of Veterinary Research, São Paulo, v.9, n.1-2, p.17-21, 1989.

BEYS-DA-SILVA, W. O. et al. Updating the Application of *Metarhizium Anisopliae* to Control Cattle Tick *Rhipicephalus Microplus* (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, v.208, p.1-29, 2020.

BIEGELMEYER, P. et al. Aspectos da resistência de bovinos ao carrapato *Rhipicephalus (boophilus) microplus*. **Revista Archivos de Zootecnia**, Belo Horizonte, v.61, p.1-11, 2012.

BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V. Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Córdoba, v.98, n.1, p.71-82, 2014.

BRAGA, F. R. et al. Efficiency of the Bioverm® (*Duddingtonia fagrans*) fungal formulation to control in vivo and in vitro of *Haemonchus contortus* and *Strongyloides papillosus* in sheep. **3 Biotech**, v.10, n.1, p.62-68, 2020.

BRAGA, F. R. et al. Nematocidal activity of extracellular enzymes produced by the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* on cyathostomin infective larvae. **Veterinary Parasitology**, Richland, v.212, n.3, p.214-218, 2015.

BRITO, D. R. B. et al. Parasitos gastrintestinais em caprinos e ovinos da microrregião do Alto Mearim e Grajaú, no estado do Maranhão, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.10, n.3, p.967-974, 2009.

BRITO, L. G. et al. *Eficácia de carrapaticidas em rebanhos leiteiros de Rondônia*. **Embrapa Rondônia**, Porto Velho, v.113, p.01-04, 2010. (Circular Técnica)

CAFARCHIA, C. et al. Native strains of *Beauveria bassiana* for the control of *Rhipicephalus sanguineus sensu lato*. **Parasites Vectors**, v.8, n.80, p.1-7, 2015.

CAMARGO, M. G. et al. Effect of oil-based formulations of acaripathogenic fungi to control *Rhipicephalus microplus* ticks under laboratory conditions. **Veterinary Parasitology**, Richland, v.188, p.140-147, 2012.

CAMARGO, M. G. et al. Commercial formulation of *Metarhizium anisopliae* for the control of *Rhipicephalus microplus* in a pen study. **Veterinary Parasitology**, Richland, v.205, p.271-276, 2014.

CAMARGO, M. G. et al. *Metarhizium anisopliae* for controlling *Rhipicephalus microplus* ticks under field conditions. **Veterinary Parasitology**, Richland,, v.223, p.38-42, 2016.

CASTRO, A. A. et al. Potencial dos fungos nematófagos *Arthrobotrys* sp. e *Monacrosporium thaumasium* para o controle de larvas de ciatostomíneos de equinos (nematoda: cyathostominae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v.12, n.2, p.53-57, 2003.

CHAUDARY, F. R.; QAYYUM, M.; MILLER, J. E. Development and survival of *Haemonchus contortus* infective larvae derived from sheep faeces under sub-tropical conditions in the Potohar region of Pakistan. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.40, n.2, p.85–92, 2008.

CHEAH, T. S.; RAJAMANICKAM, C. Epidemiology of gastro-intestinal nematodes of sheep in wet tropical conditions in Malaysia. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.29, n.3, p.165-173, 1997.

COOKE, R. C.; GODFREY, B. E. S. A key to the nematode-destroying fungi. **Transactions of the British Mycological Society**, v.47, n.1, p.61-74, 1964.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. *Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon*. São Carlos, **Embrapa Pecuária Sudeste**, São Carlos, p.20-23, 2003. (Documento 34)

DA CUNHA, A. P. et al. Effects of urea on the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, Richland, v.174, n.3-4, p.300-304, 2010.

DA ROCHA, R. A. et al. Recovery of *Trichostrongylus colubriformis* infective larvae from three grass species contaminated in the autumn. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, Jaboticabal, v.4, p.372-378, 2012.

DESQUESNES, M.; VIGNON, L. A preliminary study aimed at integrating pasture rotation with tick control in New Caledonia. **Revue Elevage Médecine Vétérinaire Nouvelle Calédonie**, New Caledonie, v.10, p.13-19, 1987.

FARIA, M. R.; WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**. v.43, p.237-256, 2007.

GALLIDIS, E. et al. The use of targeted selective treatments against gastrointestinal nematodes in milking sheep and goats in Greece based on parasitological and performance criteria. **Veterinary Parasitology**, Richland, v.164, n.1, p.53-58, 2009.

GARCIA M. V. et al. Biologia e importância do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. In: **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. eds. ANDREOTTI, R.; GARCIA, M. V.; KOLLER, W. W. Embrapa, Brasília, Distrito Federal, p.17-27, 2019.

GARCIA, M. V.; MONTEIRO, A. C.; SZABÓ, M. P. J. Colonização e lesão em fêmeas ingurgitadas do carrapato *Rhipicephalus sanguineus* causadas pelo fungo *Metarhizium anisopliae*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1513-1518, 2004.

GIVES, P. M. et al. The nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* reduces the gastrointestinal parasitic nematode larvae population in faeces of orally treated calves maintained under tropical conditions-Dose/response assessment. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.263, p.66-72, 2018.

GOMES, L. V. C. et al. Population dynamics and evaluation of the partial selective treatment of crossbreed steers naturally infested with *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* in a herd from the state of Minas Gerais in Brazil. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.220, p.72-76, 2016.

GRISI, L. et al. Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, São Paulo, v.23, n.2, p.150-156, 2014.

GRØNVOLD, J. et al. Biological control. Aspects of biological control — with special reference to arthropods, protozoans and helminths of domesticated animals. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam v.64, p.47-64, 1996.

HASSUM, I. C. Famacha method as a tool for selective control of nematode parasites in sheep. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, São Paulo, v.36, ed.3, p.251- 254, 2014.

HEALEY, K. et al. Field evaluation of *Duddingtonia flagrans* IAH 1297 for the reduction of worm burden in grazing animals: tracer studies in sheep. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.253, p.48-54, 2018.

HOSTEL, H. et al. Goat-Nematode interactions: Think differently. **Trends in Parasitology**, v.26, n.8, p.376-381, 2010.

HÜE, T.; FONTFREYDE, C. Development of a new approach of pasture management to control *Rhipicephalus microplus* infestation. **Tropical Animal Health and Production**, Netherlands, v.51, n.7, p.1989-1995, 2019.

HYUN, M. et al. Longevity and resistance to stress correlate with DNA repair capacity in *Caenorhabditis elegans*. **Nucleic Acids Research**, v.36, n.4, p.1380-1389, 2008.

KAAYA, G. P.; HEDIMBI, M. The use of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, as bio-pesticides

for tick control. **International Journal of Agricultural Sciences**, v.2, n.6, p.245-250, 2012.

KHADIJAH, S. et al. Soil moisture modulates the effects of the timing and amount of rainfall on faecal moisture and development of *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* to infective third stage larvae. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.196, n.3-4, p.347-357, 2013.

LACEY, L. A. et al. Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.132, p.1-41, 2015.

LEATHWICK, D. M. The influence of temperature on the development and survival of the pre-infective free-living stages of nematode parasites of sheep. **New Zealand Veterinary Journal**, Dunedin, v.61, n.1, p.32-40, 2013.

MARCIANO, A. F. et al. *Metarhizium anisopliae sensu lato* (s.l.) oil-in-water emulsions drastically reduced *Rhipicephalus microplus* larvae outbreak population on artificially infested grass. **Medical and Veterinary Entomology**, v.1, p.1-5, 2020.

MARCIANO, A. F. et al. *Metarhizium anisopliae*: Influencia do pH na atividade enzimática e no controle de *Rhipicephalus microplus*. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v.37, p.85-90, 2015.

MARCIANO, A. F. et al. Eficiência *in vitro* de uma formulação oleosa de *Metarhizium anisopliae sensu lato* no controle de *Rhipicephalus microplus*. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v.35, n.2, p.28-34, 2013.

MASCARIN, G. M. et al. Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.165, p.46-53, 2019.

MASTROPAOLO, M. et al. Non-parasitic life cycle of the cattle tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in *Panicum maximum* pastures

in northern Argentina. **Research in Veterinary Science**, v.115, p.138-145, 2017.

NATH, S. et al. Impact and management of acaricide resistance: pertaining to sustainable control of ticks. **International Journal of Livestock Research**, v.8, n.10, p.46-60, 2018.

NICARETTA, J. E. et al. Evaluation of rotational grazing as a control strategy for *Rhipicephalus Microplus* in a tropical region. **Research in Veterinary Science**, v.131, p.92-97, 2020.

O'CONNOR, L. J.; KAHN, L. P.; WALKDEN-BROWN, S. W. Interaction between the effects of evaporation rate and amount of simulated rainfall on development of the free-living stages of *Haemonchus contortus*. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.155, n.3-4, p.223-234, 2008.

O'CONNOR, L. J.; WALKDEN-BROWN, S. W.; KAHN, L. P. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.142, n.1-2, p.1-15, 2006.

OLIVEIRA, A. L. F. et al. Effect of plant trichomes on the vertical migration of *Haemonchus contortus* infective larvae on five tropical forages. **Tropical Animal Health and Production**, Amsterdam, v.41, n.5, p.775-782, 2009.

OLIVEIRA, C. I. et al. Reduction Of Bovine Strongilides In Naturally Contaminated Pastures In The Southeast Region Of Brazil. **Experimental Parasitology**, v.194, p.9-15, 2018.

OLIVEIRA, M. C. S. et al. Gastrointestinal nematode infection in beef cattle raised in silvopastoral and conventional systems in São Paulo state, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.91, n.3, p.495-507, 2017.

ORLANDELLI, R. C.; PAMPHILE, J. A. Fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* como agente de controle biológico de insetos pragas. **Revista de Saúde e Biologia**, Campo de Mourão, v.6, n.2, p.79-82, 2011.

OTTATI-DE-LIMA, E. L. et al. Produção semissólida de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* em diferentes substratos e efeito da radiação ultravioleta e da temperatura sobre propágulos desses entomopatógenos. **Arquivos do Instituto Biológico**, Campinas, v.77, n.4, p.651-659, 2010.

PERINOTTO, W. M. S. et al. Eficiência *in vitro* de uma formulação comercial de *Beauveria bassiana* *sensu lato* no controle de *Dermacentor nitens*. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v.34, p.83-88, 2012b.

PERINOTTO, W. M. S. et al. *In vitro* pathogenicity of different *Metarhizium anisopliae* s.l. isolates in oil formulations against *Rhipicephalus microplus*. **Biocontrol Science and Technology**, v.27, n.3, p.01-10, 2017.

PERINOTTO, W. M. S. et al. Susceptibility of different populations of ticks to entomopathogenic fungi. **Experimental Parasitology**, v.130, p.257-260, 2012a.

PERINOTTO, W. M. S. et al. Enzymatic activities and effects of mycovirus infection on the virulence of *Metarhizium anisopliae* in *Rhipicephalus microplus*. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.203, p.189-196, 2014.

PINHEIRO, M. C. et al. Capacidade de sobrevivência do embrião de *Rhipicephalus Microplus* (Canestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) a alterações bruscas de temperatura. **Archives of Veterinary Science**, v.19, n.1, p.17-23, 2014.

PRETTE, N. et al. Patogenicidade de isolados de *Beauveria bassiana* para ovos, larvas e ninfas ingurgitadas de *Rhipicephalus sanguineus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.855-861, 2005.

QUINELATO, S. et al. Virulence potential of *Metarhizium anisopliae* s.l. isolates on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* larvae. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam v.190, p.556-565, 2012.

REN, Q. et al. Laboratory evaluation of virulence of Chinese *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates to engorged female *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks. **Biological Control**, v.63, n.2, p.98-101, 2012.

RINALDI, L.; CRINGOLI, G. Parasitological and pathophysiological methods for selective application of anthelmintic treatments in goats. **Small Ruminants Research**, Amsterdam, v.103, p.18-22, 2012.

RIVERA A. P. T. et al. Efectividad de *Beauveria bassiana* (Baubassil®) sobre la garrapata común del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en el Departamento de la Guajira,

Colombia. **Revista Argentina de Microbiología**, Buenos Aires, v.50, n.4, p.26-430, 2018.

RODRIGUES, D. S.; LEITE, R. C. Economic impact of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*: estimate of decreased milk production on a dairy farm. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.65, n.5, p.1570-1572, 2013.

RODRIGUES, J. A. et al. Predatory effects of the fungus *Arthrobotrys cladodes* on sheep gastrointestinal nematodes. **Biocontrol Science and Technology**, v.32, p.1-10, 2020.

RODRIGUES, C. J. B. C. et al. Virulence, proteolytic and lipolytic activities of Brazilian *Beauveria bassiana* s.l. isolates. **Biocontrol Science and Technology**, v.26, n.2, p.239-249, 2015.

RODRIGUEZ-VIVAS, R. I.; JONSSON, N. N.; BHUSHAN, C. Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. **Parasitology Research**, v.117, n.1, p.3-29, 2018.

ROSSANIGO, C. E.; GRUNER, L. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. **Journal of Helminthology**, v.69, p.357-362, 1995.

SAN, A. W.; HUE, S. M. Mode of infection of *Metarhizium* spp. fungus and their potential as biological control agents. **Journal Fungi**, v.3, n.30, p.01-20, 2017.

SANJAYA, I.; OCAMPO, V. R.; CAOILI, B. L. Infection process of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* in the *Tetranychus kanzawai* (Kishida) (Tetranychidae: Acarina). **Journal of Agricultural Science**, v.35, n.1, p.64-72, 2013.

SANTI, L. et al. Secretomic analysis of *Beauveria bassiana* related to cattle tick, *Rhipicephalus microplus*, infection. **Folia Microbiologica**, v.63, p.1-12, 2018.

SANTI, L. et al. *Metarhizium anisopliae* host-pathogen interaction: differential immunoproteomics reveals proteins involved in the infection process of arthropods. **Fungal Biology**, v.114, p.312-319, 2010.

SARGISON, N. D. Keys to solving health problems in small ruminants: Anthelmintic resistance as a threat to sustainable nematode control. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.142, p.11-15, 2016.

SCIACCA, J. et al. Vertical migration by the infective larvae of three species of parasitic nematodes: Is the behaviour really a response to gravity? **Parasitology**, v.125, n.6, p.553-560, 2002.

SILVA, A. R. et al. Comparative analysis of destruction of the infective forms of *Trichuris trichiura* and *Haemonchus contortus* by nematophagous fungi *Pochonia chlamydosporia*; *Duddingtonia flagrans* and *Monacrosporium thaumasium* by scanning electron microscopy. **Veterinary Microbiology**, v.147, p.214-219, 2011.

SILVA, B. F. et al. Vertical migration of *Haemonchus contortus* third stage larvae on *Brachiaria decumbens* grass. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.158, n.1-2, p.85-92, 2008.

SILVA, L. P. C. et al. Viability of *Strongyloides venezuelensis* eggs and larvae in vermiculite containing the fungus *duddingtonia flagrans*. **Parasitology Research**, v.116, n.7, p.2047-2051, 2017.

SILVA, M. E. et al. Fungal antagonism assessment of predatory species and producers metabolites and their effectiveness on *Haemonchus contortus* infective larvae. **BioMed Research International**, p.1-6, 2015.

SILVA, H. M. Nematodioses gastrintestinais de caprinos: uma revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.13, n.2, p.199-208, 2014.

SISSAY, M. M.; UGGLA, A.; WALLER, P. J. Epidemiology and seasonal dynamics of gastrointestinal nematode infections of sheep in a semi-arid region of eastern Ethiopia. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.143, n.3-4, p.311-321, 2007.

SOUSA, L. A. D. et al. Potential synergistic effect of *Melia azedarach* fruit extract and *Beauveria bassiana* in the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) in cattle infestations. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v.175, p.320-324, 2011.

TORRES-ACOSTA, J. F. J.; HOSTE, H. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.77, n.2-3, p.159-173, 2008.

VANDIJK, J. et al. Ultraviolet light increases mortality of nematode larvae and can explain patterns of larval availability at pasture. **International Journal for Parasitology**, New York, v.39, n.10, p.1151-1156, 2009.

VANDIJK, J.; MORGAN, E. R. The influence of water on the migration of infective trichostrongyloid larvae onto grass. **Parasitology**, v.138, n.6, p.780-788, 2011.

VEGA, F. E. et al. **Fungal Entomopathogens**. In: VEGA, F., KAYA, H. K., editors. *Insect Pathology*. 2ed. San Diego, CA: Academic Press. p.171-220, 2012.

VERÍSSIMO, C. J. et al. Manejo e controle de parasitas em fazendas leiteiras da região noroeste paulista. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.25, n.3, p.306-316, 2016.

VERISSÍMO, C. J. Alternativas de controle do carrapato-do-boi na pecuária leiteira. p.76-113. In: **Controle de carrapatos nas pastagens**. eds. VERISSIMO, J. C. Nova Odessa, São Paulo. 2015.

VIEIRA, Í. S. et al. *Arthrobotrys cladodes* and *Pochonia chlamydosporia* in the biological control of nematodiosis in extensive bovine production system. **PARASITOLOGY**, v,147, n.6, p.1-24, 2020.

VILELA, V. L. R. et al. Multiple acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus* in the semi-arid region of Paraíba State, Brazil. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v.11, p.2-17, 2020.

VILELA, V. L. R. et al. Control of sheep gastrointestinal nematodes using the combination of *Duddingtonia flagrans* and Levamisole Hydrochloride 5%. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v.27, p.27-32, 2018.

WALKER, A. R. Eradication and control of livestock ticks: Biological, economic and social perspectives. **Parasitology**, v.138, n.8, p.945-959, 2011.

WANG, B. et al. Effect of temperature, pH, physical and chemical factors on germination rate of the chlamydospores of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans*. **FEMS Microbiology Letters**, v.366, n.17, p.212-220, 2019.

YANG, J. K. et al. Crystal structure and mutagenesis analysis of chitinase CrChi1 from the nematophagous fungus *Clonostachys rosea* in complex with the inhibitor caffeine. **Microbiology** (Reading, England), v.156, p.3566-3574, 2010.

Cobre supranutricional para frangos: revendo aplicações

Valmiro Lima Aragão Neto

Victor Cruz Aragão

Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito

Introdução

A avicultura de corte é considerada uma das atividades produtivas com maior intensidade de produção, gerando, com isso, grande impacto no agronegócio nacional. Entre suas várias características, destaca-se a busca constante pela maior eficiência e consequente produtividade. Nesse contexto o uso de aditivos e um adequado balanceamento nutricional que ajuste o potencial genético das aves a respostas proporcionais sobre o desempenho de frangos de corte é um pilar técnico.

A forma intensiva e confinada de criação, com pequenos intervalos entre lotes, confere aos sistemas de produção e, por conseguinte, às aves um estado de exposição permanente a fatores desafiadores, tais como mudanças ambientais, altas densidades populacionais, pressão de contaminação e questões sanitárias que impactam a modulação frequente do sistema imune, que tem o intestino como o principal órgão.

A importância do cobre na nutrição animal foi estabelecida há, aproximadamente, um século, e talvez a revisão mais completa e recente sobre este elemento para aves tenha sido trazida por Lesson (2009). Na revisão o autor reforça os estudos que embasaram recomendações nutricionais sugeridas no National Research Council (NRC) de 1994 e descreve, ainda, as várias funções e o metabolismo deste mineral para aves.

Para além dos aspectos nutricionais, o cobre é usado para aves (mas também para suínos) em níveis considerados acima daqueles que supostamente atenderiam as suas exigências. Este uso tem sido reportado com várias denominações em nível de campo e na literatura científica, sendo mais comuns as terminologias “supranutricional” ou “farmacológico”. Esta forma de uso torna o cobre um mineral com estratégia peculiar na nutrição de aves e suínos. A ênfase é melhorar o desempenho pela prevenção contra a ação danosa de microrganismos patogênicos no intestino (BANKS et al., 2004; CAO et al., 2016; PANG et al., 2009; SAMANTA et al., 2011; YANG et al., 2017).

Ainda mais comum, corriqueiro e amplamente difundido que o uso de cobre em maiores níveis na avicultura (mas também na suinocultura e na bovinocultura) é a prática da adição de antimicrobianos em baixas doses nas rações como aditivos melhoradores de desempenho (AMDs), cujo intuito é manter equilibrada a microbiota intestinal e, por consequência, gerar um ambiente positivo de saúde da superfície de absorção. Em contraposição a esse quadro, há um forte movimento de restrições relativas a essa prática por parte da regulação internacional, levando à proibição, em vários países, de inúmeros princípios de ação antimicrobiana como AMDs (BROOM, 2017; MARSHALL; LEVY, 2011; OMS 2019) sob a suspeição de gerar a seleção de cepas de bactérias patogênicas resistentes aos antibióticos usados para fins de saúde pública.

Diante deste cenário o mercado consumidor tem buscado por produtos de origem animal livres de antibióticos, o que pressiona a cadeia avícola a procurar alternativas técnicas que viabilizem a exclusão do conceito de dosagem subterapêutica de antimicrobianos nas rações. A apropriação do conceito “supranutricional” ao se considerar o uso do cobre por vezes tem sido tratado em pesquisas científicas, e aqui será objeto de avaliação tanto com relação aos potenciais quanto às limitações corriqueiramente descritos para

este uso. Além disso, pretende-se mostrar o caminho apontado por pesquisas desenvolvidas com fontes diferentes. O desafio é proporcionar resultados semelhantes aos gerados pelos AMDs sem que existam efeitos adversos ou colaterais.

Funções e exigências nutricionais

A essencialidade do cobre para animais domésticos foi associada, inicialmente, a sua importância na ativação da ferroxidase, na manutenção dos níveis de ferro no organismo e por consequente síntese de hemoglobina e manutenção da eritropoiese (BERTECHINI, 2012; MACARI; MAIORKA, 2017).

De maneira geral, o cobre é um micromineral que participa de processos bioquímicos fundamentais que culminam com o adequado desenvolvimento e formação óssea, pigmentação dos tecidos, mielinização da medula espinhal, empenamento, metabolismo energético e função cardíaca, entre outros. Para isso, participa como cofator essencial de diversas enzimas (citocromo oxidase, catalase, peoxidase, lisil oxidase, supeóxido dismutase, monoamina oxidase, tirosinase e dopamina hidroxilase são algumas das principais). No organismo normalmente encontra-se ligado à ceruloplasmina e outras proteínas plasmáticas (SAKORUMA et al., 2014; MROCZEK-SOSNOWSKA et al., 2013).

De acordo com o NRC (1994), a exigência nutricional de cobre na dieta de frangos é de 8 mg/kg de ração, sendo o sulfato de cobre utilizado como fonte mais comum. Segundo Rostagno et al. (2017), as recomendações de suplementação de cobre inorgânico para os frangos de corte nas fases pré- inicial, inicial e crescimento I e II são de 11,68 mg/kg 10,54 mg/kg; 8,31 mg/kg e 6,80 mg/kg de ração, respectivamente; estes níveis seriam suficientes para o desempenho adequado das aves. Em outra via os autores recomendam que é possível reduzir em, aproximadamente, 57% essa suplementação

com o uso de fontes mais biodisponíveis, normalmente denominadas complexadas ou “orgânicas”.

Vale ressaltar que a indústria da alimentação animal trabalha com valores de suplementação (5-15 mg/kg) próximos aos sugeridos pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, independentemente da fonte utilizada.

Uso em níveis supranutricionais

Uma quantidade maior de cobre nas rações além dos valores convencionados como exigência nutricional é frequentemente adicionada na dieta de frangos de corte como aditivo melhorador do desempenho, especialmente por promover ou apresentar efeito antimicrobiano sobre a microbiota intestinal potencialmente patogênica para aves (ARIAS; KOUTSOS, 2006; PANG et al., 2009).

A eficiência do cobre como aditivo melhorador de desempenho, historicamente, tem sido descrito como intimamente ligado a sua concentração na dieta e ao desafio ambiental ou desequilíbrio intestinal, aos quais frangos de corte são, eventualmente, submetidos. Esses fatores interferem na absorção e, conseqüentemente, na utilização dos nutrientes, incluindo o próprio cobre, nos processos metabólicos (VASQUEZ et al., 2001). Por isso, o uso de cobre em níveis supranutricionais tem sido estudado como uma ferramenta a ser usada como aditivo melhorador de desempenho.

Tem sido reportado em recentes trabalhos de pesquisa que esse nível denominado supranutricional ou farmacológico, com ênfase em melhorar a performance de frangos de corte, situa-se entre 50 e 250 mg/kg nas rações utilizando convencionalmente sulfato de cobre pentahidratado ou cloreto de cobre tetrabásico (FERNANDES, 2019; OLIVEIRA, 2016; RHUMAS, 2019; SANTOS, 2019). Valores inferiores a 50mg/kg de cobre na forma inorgânica, nas rações, costumeiramente mostram-se ineficazes para gerar ação

melhoradora de desempenho, assim como dosagens acima de 200 mg/kg, por vezes, acabam por gerar efeitos (ou algum efeito) de toxidez pelo cobre.

A atuação do cobre (quando em supranutricionais) associada à ceruloplasmina e ao superóxido dismutase tem influência sobre a eliminação de patógenos capazes de provocar danos em células do sistema imunológico. O cobre também catalisa a produção de radicais hidroxilas e, devido a esse alto potencial, a produção de hidroxila catalisada provoca danos oxidativos a macromoléculas. Em seu estado livre presente no citoplasma o cobre não é tolerado por endobactérias, onde sua propriedade redox causará toxicidade (FESTA; THIELE, 2012; HODGKINSON; PETRIS, 2012; KIM et al., 2008; LADOMERSKY; PETRIS, 2015; LADOMERSKY et al., 2017).

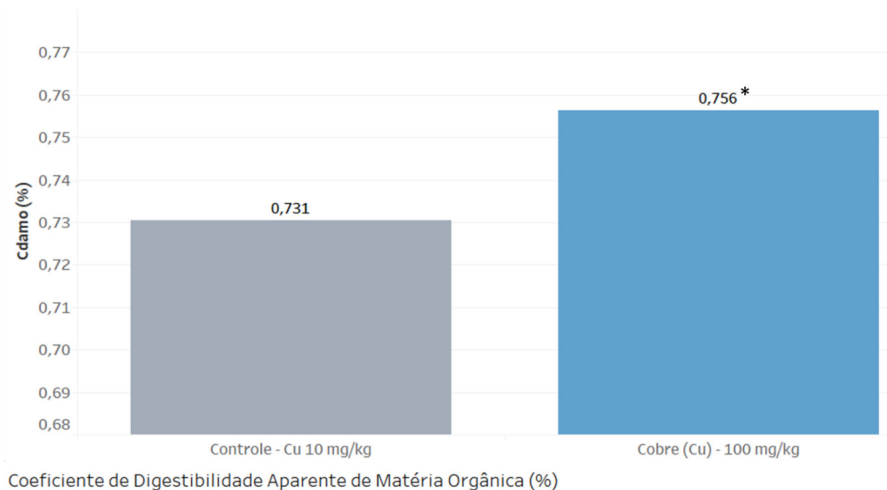
Também tem sido reportado que o cobre, em níveis mais elevados que sua exigência, pode atuar reduzindo a microbiota patogênica por meio de sua ação antimicrobiana e, conseqüentemente, a susceptibilidade às doenças; assim, reduz também o recrutamento e a infiltração intestinal de linfócitos, aumentando a absorção de nutrientes (MILES et al., 1998; JENKINS et al., 1970; ARIAS; KOUTSOS, 2006; HAWBAKER et al., 1961; BUNCH et al., 1965).

A suplementação de cobre na dieta de frangos de corte em substituição aos antibióticos convencionais tem demonstrado resultados positivos sobre o desempenho destes animais, pois seu efeito antimicrobiano tem possibilitado a redução do gasto energético com a ativação do sistema imune intestinal e sistêmico. Essas são as ações comuns à teoria de ação dos próprios antibióticos quando usados em dosagem subterapêutica, como brilhantemente reporta Broom (2017) ao descrever que a redução na inflamação propiciada pelos efeitos dos antimicrobianos em dosagens sub-MIC (abaixo da concentração mínima inibitória) acaba por poupar nutrientes que seriam destinados a impulsionar a resposta inflamatória e, agora, são destinados para fins nobres da performance.

Lesson (2009) traz conceitos associados à melhoria na digestibilidade da hemicelulose e de polissacarídeos não-amiláceos, juntamente com melhor aproveitamento da energia da ração, como eventuais causas da ação melhoradora de performance. O cobre em níveis mais altos poderia estimular a secreção biliar rica em lisozimas dos hepatócitos, que atuariam em nível intestinal equilibrando a microbiota, da mesma forma que a secreção biliar rica em glicosidades potencializaria a digestão dos carboidratos (AOYAGI; BAKER, 1993).

Segundo nossos experimentos, a utilização de 100 mg/kg de cobre (fonte: sulfato de cobre) em dietas de frango de corte melhora, significativamente, tanto a digestibilidade aparente da matéria orgânica quanto o aproveitamento da energia metabolizável de frangos de corte (25 dias de idade) em relação ao grupo controle (15 mg/kg de cobre, como CuSO_4 , na ração – Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Efeitos da suplementação supranutricional de cobre sobre a digestibilidade para frangos (25 dias), *($p < 0,05$).

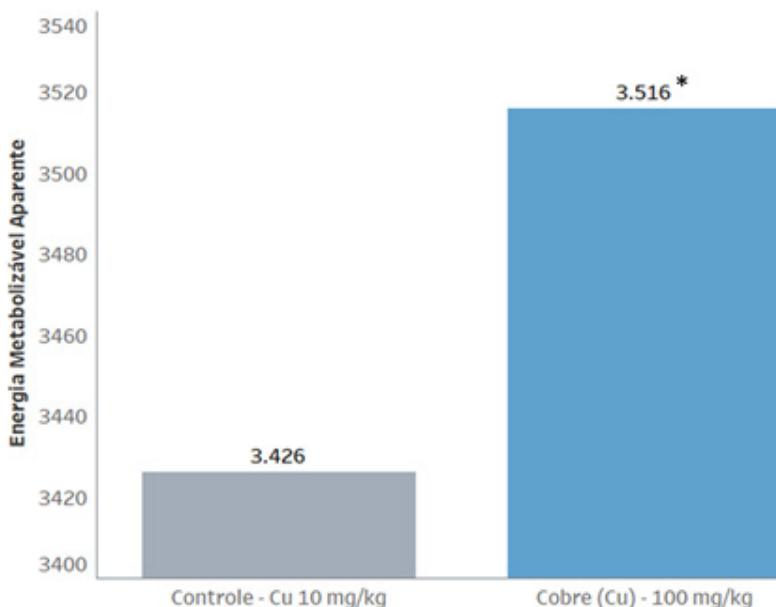


Fonte: construído pelos autores, 2020.

A utilização de níveis supranutricionais de cobre (fonte: sulfato de cobre) aumentou a energia metabolizável aparente em 90 Kcal/

kg (em base seca) em relação ao grupo controle, onde ambos os tratamentos possuíam dietas isonutritivas.

Figura 2 - Efeitos da suplementação supranutricional de cobre sobre a energia metabolizável para frangos; *($p < 0,05$).



Fonte: construído pelos autores, 2020.

Pang et al. (2009) sugeriram que a utilização de 125mg/kg de cobre na dieta pode ser responsável pela mudança no perfil de microrganismos no intestino, pois reduz as concentrações de ácidos de cadeias curta e longa resultando no aumento do pH ileal, inibindo *E. coli* e estimulando bactérias benéficas como lactobacilos, apesar de ainda não conhecer completamente o mecanismo.

Lim et al. (2006) concluíram que as aves alimentadas com 200 mg/kg de cobre como cloreto de cobre tribásico apresentaram um ganho de peso superior ao das aves que não receberam cobre ou antibiótico.

As publicações de Cao et al. (2016) e de Yang et al. (2017) mostraram resultados interessantíssimos em dois sentidos na ocasião do uso de cobre supranutricional. Primeiro, enfatizando o lado positivo, os dois estudos mostraram melhor eficiência do metabolismo energético em mitocôndrias de fígado de frangos de corte, em nível de fosforilação oxidativa (eficiência e acoplamento), muito em função da importância do cobre (110 mg/kg) sobre enzimas como a citocromo oxidase. Em contrapartida, níveis de cobre da ordem de 220 e 330 mg/kg, além de prejudicarem o metabolismo energético, geraram lesões importantes nos tecidos hepáticos.

Os dois estudos citados no parágrafo anterior apontaram, também, que três fatores são importantes na ocasião do uso supranutricional: primeiro, o nível de cobre praticado; segundo, a fonte de cobre; terceiro o período ou tempo de uso da dose supranutricional. Nestes trabalhos, foi notado que a suplementação com 110, 220 e 330 mg/kg de cobre aumentou a função mitocondrial e as atividades dos complexos mitocondriais até os 36 dias. Após esse período, o tempo de exposição aos níveis mais altos (220 e 330 mg/kg) de cobre na dieta prejudicou a função mitocondrial e a atividade dos complexos da cadeia respiratória de maneira mais acentuada, referendando, com isso, os problemas de toxidez do cobre para frango de corte.

Limitações do uso supranutricional

Não são apenas benefícios que são alcançados quando do uso de cobre em nível supranutricional. Há algumas limitações e, porque não dizer, problemas do uso desta prática. O cobre é um elemento pró-oxidante que apresenta não apenas efeitos sobre células procarióticas de microrganismos potencialmente patogênicos, mas também sobre células eucarióticas, e isso acaba por gerar lesões teciduais que, a depender do nível/dose e do tempo de exposição, pode gerar grandes prejuízos.

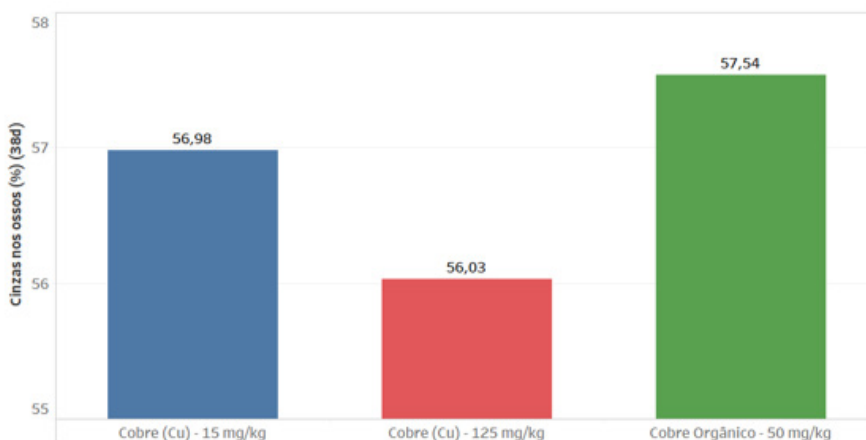
A utilização de fontes inorgânicas que potencializam a ação pró-oxidante do cobre, em níveis elevados, provoca, além das lesões teciduais, o aumento da excreção ambiental do micromineral devido a sua baixa biodisponibilidade.

Os impactos ambientais provocados pelo excesso de minerais depositados no solo, provenientes de dejetos animais, têm aumentado nos últimos anos, indo na contramão ao que órgãos reguladores e a sociedade civil têm buscado atualmente. As lesões teciduais mais comuns são erosões em moela e proventrículo, mas vários estudos apontam para danos em hepatócitos (YANG et al., 2017). Existem trabalhos que mostram, também, que a interação mineral antagônica promovida por altos níveis de cobre prejudica a absorção de outros minerais, principalmente os divalentes (LEESON, 2009).

Alguns outros relatos mostram também prejuízos como a oxidação de vitaminas das rações, quando o cobre é utilizado em altos níveis nutricionais. Em experimentos na nossa universidade, constatamos ocasionalmente uma redução no percentual de cinzas ósseas com uso de cobre em níveis elevados, quando a fonte do mineral foi inorgânica. Isto indica, potencialmente, uma maior fragilidade óssea, uma vez que o cobre pode ter atuado negativamente na absorção de cálcio e fósforo. Como relatado por alguns autores, o cobre em altos níveis pode também ter ação prejudicial sobre a fitase (BANKS et al., 2004; SANTOS et al., 2015).

Rhumas (2019) verificou que as cinzas ósseas de frangos de corte, tanto na fase intermediária de criação (18 dias) quanto ao final do ciclo de criação (38 dias), foram negativamente impactadas pelo uso de sulfato de cobre para prover uma suplementação de 125 mg/kg de cobre nas rações. Em contrapartida, a utilização de uma fonte orgânica complexada com metionina hidroxí-análoga, com menos da metade do nível citado para a fonte orgânica, proporcionou níveis de cinzas similares ao uso de nível considerado para fins nutricionais (15 mg/kg) da fonte inorgânica (Figura 3).

Figura 3 - Uso de cobre inorgânico em nível supranutricional relacionado à produção de cinzas ósseas de frangos de corte; * $p < 0,05$.



Fonte: Rhumas (2019).

As alterações causadas por níveis farmacológicos de cobre causam o estresse oxidativo e danos/lesões hepáticas; com isso, haverá alteração no estado energético celular, uma vez que o organismo tende a direcionar seus mecanismos de defesa e reparação de danos a esses locais interferindo, diretamente, no desempenho dos frangos de corte (CAO et al., 2016; SU et al., 2011; Yang et al., 2017).

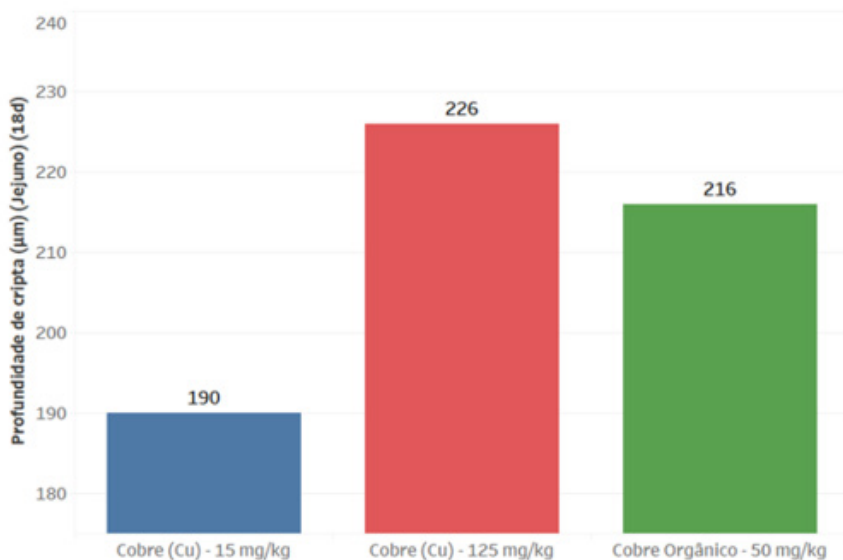
Fisher et al. (1973) relatam que doses de cobre acima de 500 mg/kg pioram o ganho de peso, o consumo de ração e a eficiência alimentar. Já Shahzad et al. (2012) também reportaram que a sobrecarga de cobre, para provocar efeitos tóxicos, acontece com doses acima de 300 mg/kg já prejudicando o crescimento, sabendo-se que a redução do crescimento é o melhor indicador para identificar a toxicidade de um determinado mineral (NRC, 1994).

De acordo com Jensen e Winge (1998) e Zhu et al. (1998), quando há elevação do nível de cobre ocorre a alteração da homeostase intracelular, que pode provocar a inativação e morte

das células e, conseqüentemente, a lesão tecidual em órgãos como proventrículo e moela, afetando a ingestão de alimentos.

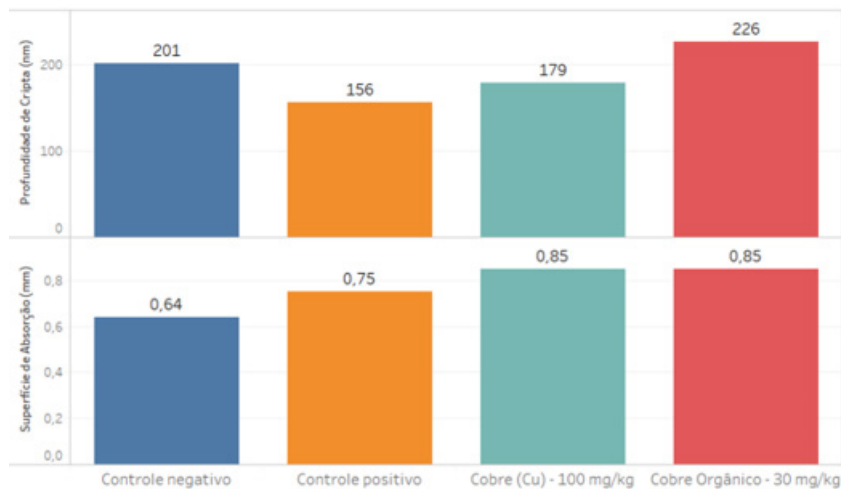
Durante experimentos, encontramos situações em que o cobre melhorou o desempenho; no entanto, sua utilização em níveis mais elevados foi relacionada ao aumento da profundidade de criptas intestinais (Figuras 4, 5 e 6). Este efeito pode estar associado à lesão tecidual em algum nível, provocada pela alteração da homeostase devido ao aumento dos níveis de cobre no meio intracelular, levando à perda da função, à morte das células e estimulando, assim, o processo de renovação celular (OLIVEIRA, 2016; RHUMAS, 2019).

Figura 4 - Uso de cobre em nível supranutricional relacionado à profundidade de cripta intestinal; * $p < 0,05$.



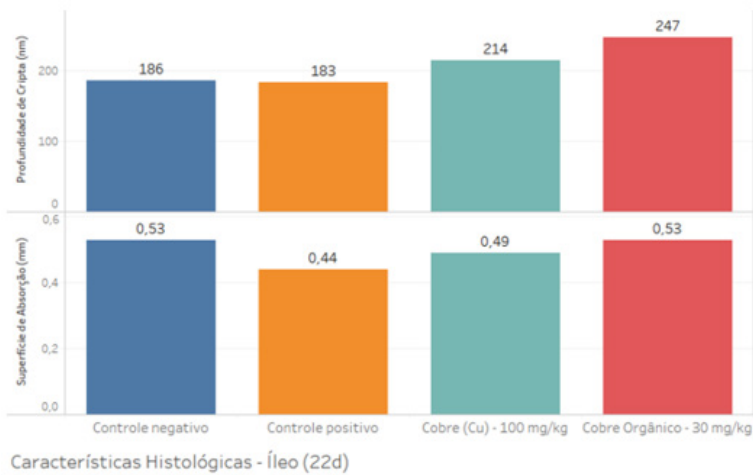
Fonte Rhumas (2019).

Figura 5 – Uso de cobre em nível supranutricional relacionado à superfície de absorção e à profundidade de cripta intestinal (jejuno); * $p < 0,05$.



Fonte: Oliveira (2016).

Figura 6 - Uso de cobre em nível supranutricional relacionado à superfície de absorção e à profundidade de cripta intestinal (íleo); * $p < 0,05$



Fonte: Oliveira (2016).

Conforme Oliveira (2016) pôde observar, os resultados com o uso de cobre supranutricional, independentemente da fonte utilizada, aumentou a profundidade de cripta intestinal em relação à aves alimentadas com rações contendo enramicina em dose subterapêutica com aditivo melhorador de desempenho.

Foi interessante notar nos estudos conduzidos na UFRB que o uso de fonte orgânica complexada com metionina hidroxí-análoga, em níveis entre 30 e 50 mg/kg de cobre, também gerou aumento na profundidade de cripta, apesar de, aparentemente, ter sido possível haver uma compensação na altura e largura das vilosidades que gerasse um incremento na superfície de absorção das vilosidades.

Fontes orgânicas de cobre

Como já relatado, os efeitos do uso de cobre supranutricional sobre o desempenho tem sido evidente historicamente. Objetivou-se, porém, avaliar se seria razoável usar fontes orgânicas em níveis mais moderados (até 50 mg/kg) para este fim. Efeitos prejudiciais ou colaterais do cobre inorgânico, quando acima de 100 mg/kg, foram monitorados quando as fontes utilizadas eram orgânicas ou complexadas. Um detalhe importante a ser considerado é que, no mercado, temos um número razoável de produtos “orgânicos”, e a forma de complexação poderá ter efeitos variados quando estamos falando em níveis maiores que aqueles usualmente adotados para atender as exigências nutricionais básicas.

Nos estudos conduzidos na UFRB, de maneira geral, a conversão alimentar foi a característica mais sensível à variação quando do uso de cobre supranutricional (Figura 7, 8 e 9). Arelado a isso, a resposta se mostrou mais aparente nas fases finais de criação, e isso pode ter sido causado pelo aumento da carga microbiana e consequente pressão de infecção ou desafio sanitário. Outro perfil de resposta comum foi que as fontes orgânicas em níveis mais brandos

(14-50 mg/kg) se aproximaram dos resultados obtidos com cobre inorgânico (100-125 mg/kg; Figura 9).

Figura 7 - Uso de cobre em nível supranutricional relacionado ao desempenho de frangos de corte; * $p < 0,05$.

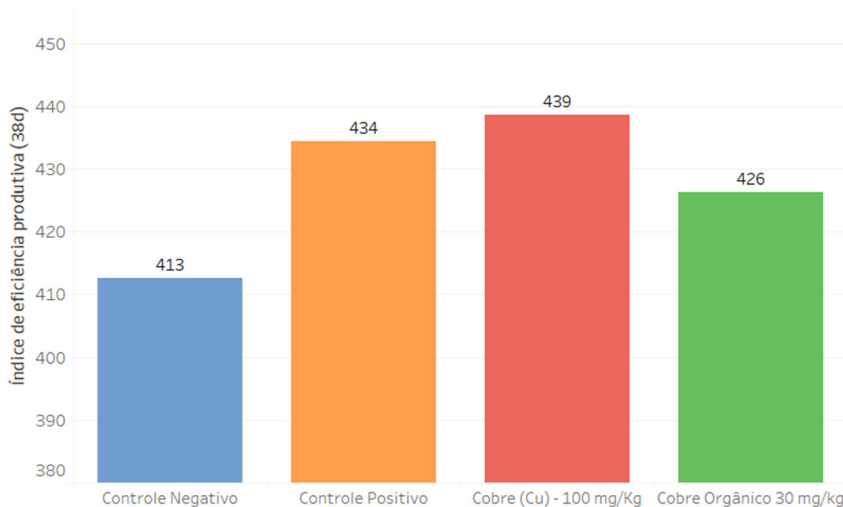
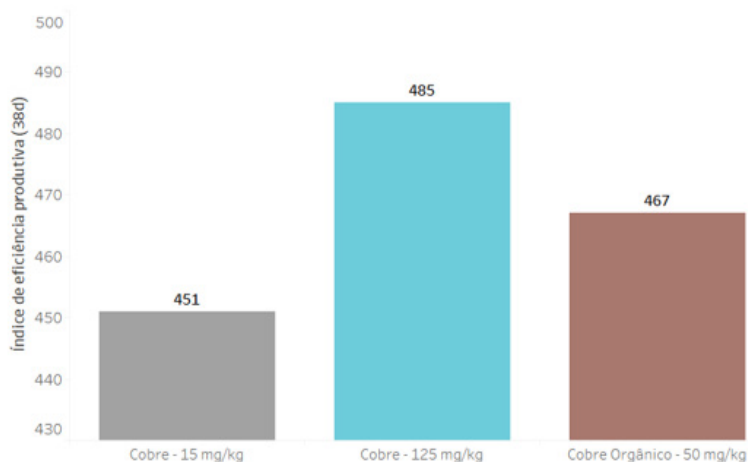
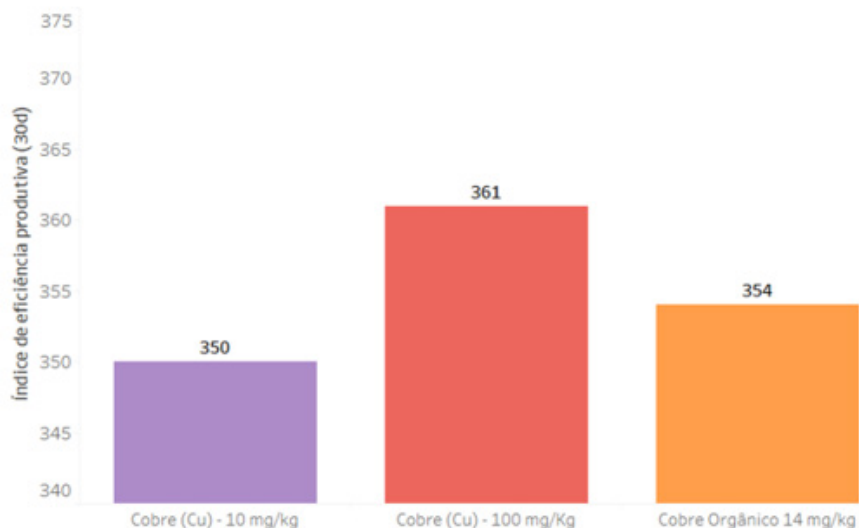


Figura 8 - Uso de cobre em nível relacionado ao desempenho de frangos de corte; * $p < 0,05$.



Fonte: Rhumas (2019).

Figura 9 - Uso de cobre em nível supranutricional relacionado desempenho de frangos de corte; * $p > 0,05$.



Fonte: Fernandes (2019).

A utilização de fontes orgânicas de minerais tem sido uma alternativa adotada na substituição das formas inorgânicas de cobre, porém essa ênfase normalmente é limitada a níveis menores para fins e interesses em atender exigências nutricionais. De maneira geral, o uso de fontes orgânicas pode reduzir a excreção no meio ambiente em virtude de uma maior biodisponibilidade (HAHN; BAKER, 1993; MOHANNA; NIS, 1998; SUTLLE, 2010). Assim, foram desenvolvidas diferentes formas de minerais quelatados (orgânicos) e complexados que são apresentados como "compostos minerais organicamente ligados" ou quelato, dentre os quais estão: complexo metal aminoácido específico, complexo metal aminoácido inespecífico, quelato metal aminoácido, metal proteinado, e metal polissacarídeo (SCOTTÁ et al., 2014).

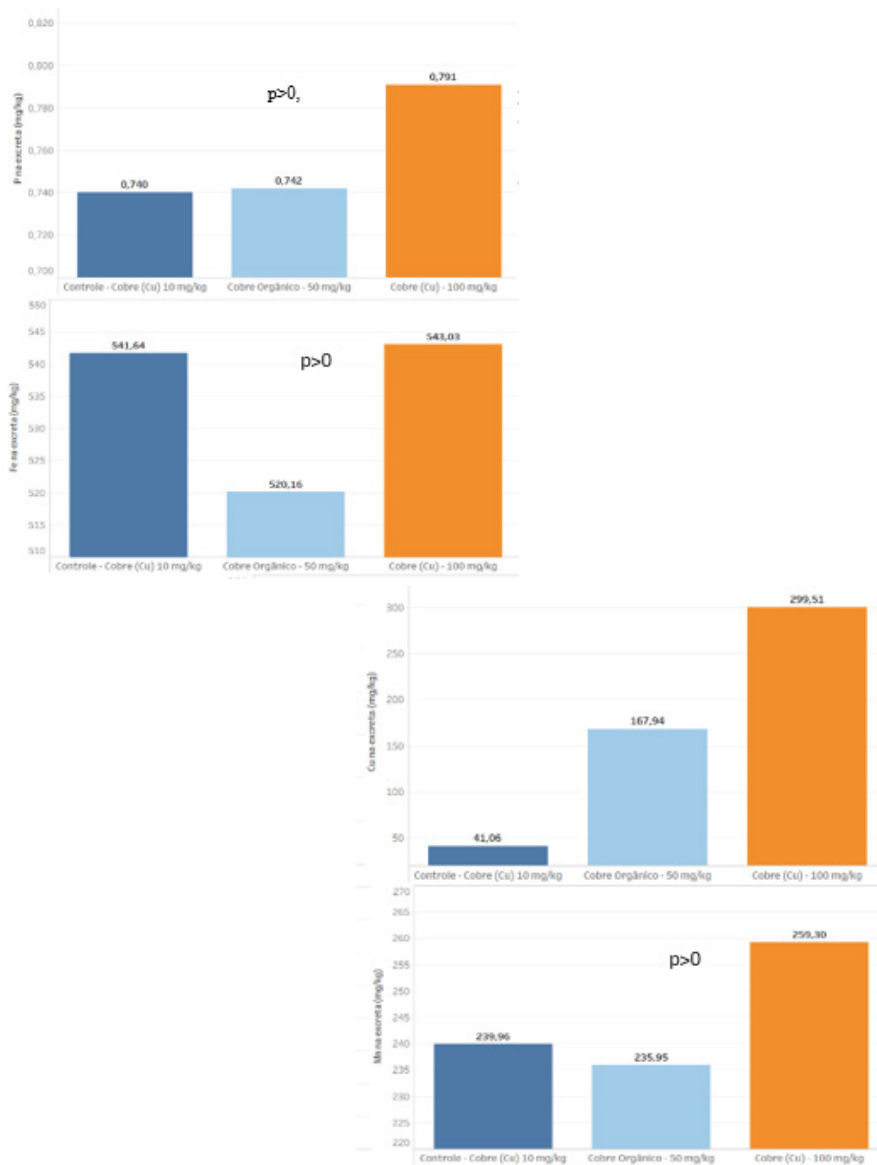
O cobre de origem orgânica é obtido através de íons quimicamente ligados a uma molécula orgânica formando, assim, estruturas com estabilidade única e alta biodisponibilidade desse mineral (AAFCO, 2005). Tais estruturas orgânicas são estáveis no trato digestivo e são absorvidos porque são protegidos de modo a não formar complexos com outros componentes da ração (AMMERMAN et al., 1998).

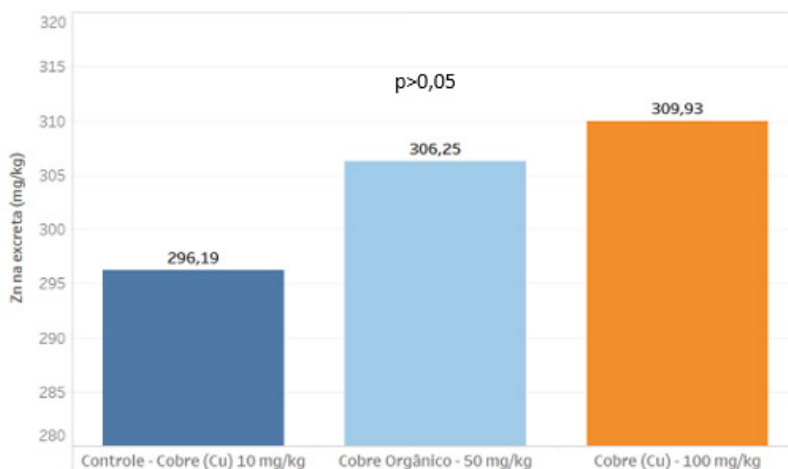
A suplementação de microminerais organicamente complexados surge como uma alternativa para a possível substituição de fontes inorgânicas. Por serem absorvidos pelas vias das moléculas orgânicas, não competem com os sítios de absorção dos minerais inorgânicos e, conseqüentemente, apresentam maior biodisponibilidade (RUTZ; MURPHY, 2009), levando a uma redução na sua inclusão na dieta e diminuição da excreção de minerais em comparação com sais inorgânicos, conforme observamos em nossos experimentos (Figura 10).

Nossos resultados mostram aumentos significativos na excreção de microminerais quando o cobre inorgânico é utilizado em níveis supranutricionais, comprovando que, de fato, há um impacto potencialmente poluidor no meio ambiente. Assim, a Europa proíbe o uso de níveis altos de cobre e zinco além de encorajar o uso de fontes complexadas.

O uso da fonte orgânica ao nível de 50 mg/kg reduziu a excreção de fósforo, cobre, ferro e manganês em frangos de corte em relação a 100 mg/kg de cobre usando-se sulfato. Da mesma forma, aumentou a retenção aparente de fósforo total e cálcio mineral, estes altamente correlacionados com a produtividade.

Figura 10 - Uso de cobre inorgânico em nível supranutricional relacionado à excreção de fósforo e microminerais. O uso de fontes orgânicas em níveis moderados mitigou tal excreção.





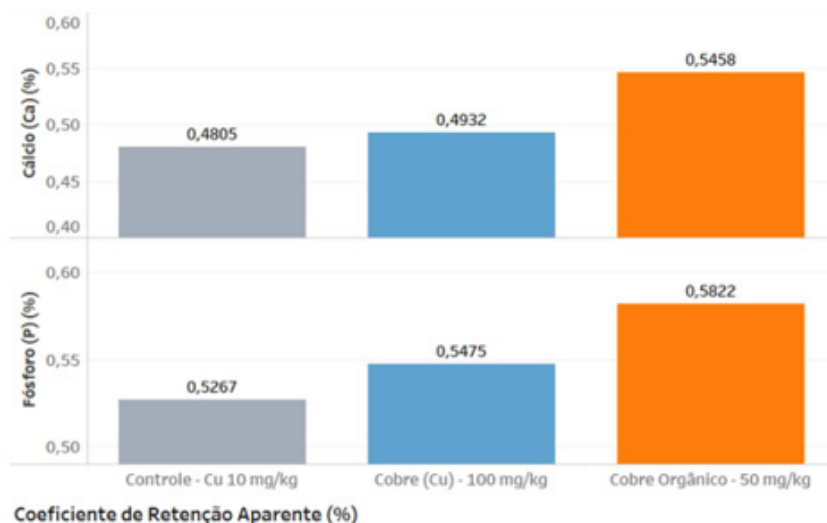
Fonte: construído pelos autores, 2020.

Estes achados corroboram a relação de correspondência existente entre o aumento da excreção dos minerais e o aumento relevante do nível de suplementação de cobre com fonte inorgânica; também reforçam o impacto da interação dos elementos quando do uso de diferentes fontes. Portanto, uma das vantagens das fontes orgânicas seria reduzir o impacto da interação entre microminerais, aumentando, assim, a retenção dos mesmos.

Um conceito básico relativo ao uso de uma fonte orgânica, quando se pensa em melhorar o resultado de desempenho como efeito paralelo ao uso de sulfato de cobre, passa por ajustar os efeitos colaterais do uso de fontes orgânicas. Neste sentido, a ideia é reduzir o nível de suplementação para que se tenha, ainda assim, efeitos positivos sobre a melhoria de performance. A recirculação entero-biliar pelo aumento da concentração de cobre em tecidos como o fígado gera uma maior eficiência no metabolismo energético (fosforilação oxidativa), indo além da redução na excreção e produzindo efeito mais brando sobre vitaminas e enzimas, vantagens potenciais das fontes orgânicas.

Neste projeto vários experimentos foram conduzidos. Em concordância com a literatura, nossos resultados apontaram que, ao se utilizar uma fonte orgânica de cobre em níveis supranutricionais, o coeficiente de retenção tanto de cálcio quanto de fósforo é incrementado, fato que não ocorre ao se utilizar elevados níveis de fonte inorgânica (Figura 11).

Figura 11 - Uso de cobre orgânico em nível moderado relacionado à retenção de cálcio e fósforo para frangos.



Fonte: construído pelos autores, 2020.

Tais resultados podem estar associados à ação da fitase, à oxidação da vitamina D ou à complexação do cobre com o fitato, tornando-o menos solúvel e, até mesmo, à interação do cobre com o cálcio, que é um elemento divalente como o cobre.

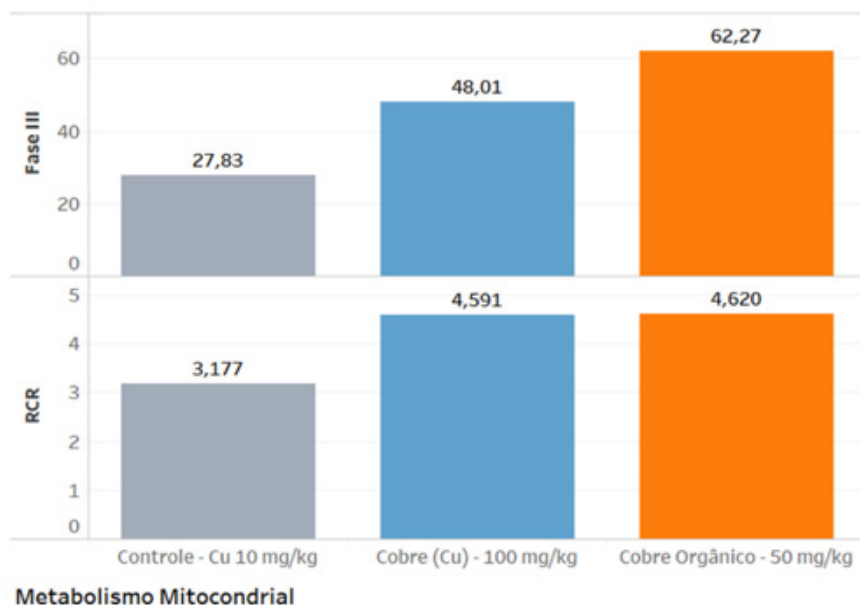
Wang et al. (2007) determinaram o desempenho em frangos de corte com 35 dias utilizando uma fonte de cobre orgânico e uma fonte de cobre inorgânico (sulfato). Os níveis de cobre para as duas fontes foram 0, 10, 25, 50, 125, 250 e 500 mg/kg. Aos 14 dias não

houve diferença significativa no ganho peso dos frangos. Concluíram que, quanto mais altos os níveis de cobre, maiores os prejuízos para os frangos. Com relação às fontes, as inorgânicas são mais nocivas do que as orgânicas, e o desempenho, com isso, será afetado diretamente devido às lesões oxidativas causadas pelas fontes de cobre de origem inorgânica na mucosa gastrintestinal dos frangos.

Quando comparamos a utilização de cobre orgânico em níveis moderados (14-50 mg/kg) *versus* cobre inorgânico (100-125 mg/kg) em nossa unidade experimental, percebemos que não houve diferença estatística para resultados de desempenho zootécnico (Figura 12). Assim, podemos perceber que usar cobre de fontes orgânicas é uma ferramenta viável para que consigamos usufruir os efeitos benéficos de sua suplementação supranutricional sem a plenitude dos efeitos colaterais como maior excreção, danos e lesões teciduais e perdas importantes de nutrientes.

Entretanto, observou-se um aumento significativo do metabolismo mitocondrial quando adicionamos o cobre em níveis supranutricionais na dieta de frangos de corte. Na figura 12, consegue-se perceber um aumento significativo na atividade mitocondrial no estágio III (consumo rápido de oxigênio na presença de ADP para ser fosforilado à ATP), além do aumento do RCR (relação de controle respiratório) em ambos (inorgânicos e orgânico) os tratamentos com cobre em níveis supranutricionais. Não houve diferença estatística entre os tratamentos cobre-metionina (50 mg/kg) e sulfato de cobre (100 mg/kg).

Figura 12 - Uso de cobre orgânico em nível moderado relacionado ao metabolismo energético em nível mitocondrial para frangos



Fonte: Santos (2019).

Conclusões

O uso de cobre para fins de melhoria de desempenho através das fontes convencionais esbarra nos efeitos colaterais gerados, e assim o uso de fontes orgânicas pode ser ferramenta interessante na busca dos nutricionistas pelo equilíbrio entre a saúde intestinal e a performance.

Os efeitos positivos do cobre sobre o desempenho, formação óssea e eficiência da fosforilação oxidativa, em níveis medianos entre 15-50 mg/kg com uso de fontes orgânicas, lançam luz sobre a necessidade de rever o nível ótimo de suplementação de cobre para fins nutricionais.

Referências

AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R.; MILES, R. D. Supplemental organically-bound mineral compounds in livestock nutrition. Recent advances in animal nutrition. Nottingham University Press, p.67–97, 1998.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional evaluation of copper-methionine complex for chicks. Poultry Science, v.72, p.2309-2315, 1993.

ARIAS, V. J.; KOUTSOS, E. A. Effects of Copper Source and Level on Intestinal Physiology and Growth of Broiler Chickens. Poultry Science, v.85, n.6, p.999-1007, 2006.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. AAFCO. Official Publication. Atlanta, GA, p.307–308, 2005.

BANKS, K. M. et al. The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. Poultry Science, v.83, n.8, p.1335–1341, 2004.

BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. Lavras: 2ed. UFLA, 373p., 2012.

BROOM, L. J. The theory sub-inhibitory theory for antibiotic growth promoters. Poultry Science, v.96, n.9, p.3104-3108, 2017.

BUNCH, R. J. et al. Copper supplementation for weanling pigs. Journal Animal Science, v.24, n.4, p.995–1000, 1965.

CAO, H. et al. In vivo effects of high dietary copper levels on hepatocellular mitochondrial respiration and electron transport chain enzymes in broilers. British Poultry Science, v.57, n.1, p.63-70, 2016.

FERNANDES, J. Uso de fontes inorgânica e orgânica de cobre em diferentes níveis nas rações de frangos tipo griller. 54f. Dissertação (Mestrado em ciência animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

FESTA, R. A.; THIELE, D. J. Copper at the front line of the host-pathogen battle. *Plos Pathogens*. v.8, n.9, p.1-4 (i1002887), 2012.

FISHER, C. et al. The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers. *British Poultry Science*, v.14, n.1, p.55-68, 1973.

HAHN, J. D.; BAKER, D. H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacological levels of zinc. *Journal Animal Science*, v.71, n.11, p.3020-3024, 1993.

HAWBAKER, J. A. et al. Effects of copper sulfate and other chemoprophylactics in growing swine rations. *Journal Animal Science*, v.20, n.1, p.163-167, 1961.

HODGKINSON, V.; PETRIS, M. J. Copper homeostasis at the host-pathogen interface. *The Journal of Biological Chemistry*. v.287, n.17, p.13549-13555, 2012.

JENKINS, N. K.; MORRIS, T. R.; VALAMOTIS, D. The effect of diet and copper supplementation on chick growth. *British Poultry Science*, v.11, n.2, p.241-248, 1970.

JENSEN, L. T.; WINGE, D. R. Identification of a copper-induced intramolecular interaction in the transcription factor Mac1 from *Saccharomyces Cerevisiae*. *The Embo Journal*, v.17, n.18, p.5400-5408, 1998.

KIM, B.; NEVITT, T.; THIELE, D. J. Mechanisms for copper acquisition, distribution and regulation. *Nature Chemical Biology*, v.4, n.3, p.176-185, 2008.

LADOMERSKY, E.; PETRIS, M. J. Copper tolerance and virulence in bacteria. *Metallomics*, v.7, n.6, p.957-964, 2015.

LADOMERSKY, E. et al. Host and Pathogen Copper-Transporting P-Type ATPases Function Antagonistically during *Salmonella* Infection. *Infection and Immunity*, v.85, n.9, p.1-9p (e00351-17), 2017.

LEESON, S. Cooper metabolism and dietary needs. *World's Poultry Science Journal*, v.6, n.9, p.353-366, 2009.

LIM, H. S. et al. Effects of supplementary copper chelates in the form of methionine chitosan and yeast on the performance of broilers. *Asian-australasian Journal Animal Science*. v.19, n.9, p.1322–1327, 2006.

LIM, H. S. et al. Effects of supplementary copper chelates in the form of methionine chitosan and yeast on the performance of broilers. *Asian-australasian Journal Animal Science*, v.19, n.9, p.1322–1327, 2006.

MACARI, M; MAIORKA, A. *Fisiologia das aves comerciais*. Jaboticabal: FUNEP, 806p., 2017.

MARSHALL, B. M.; LEVY, S. B. Food Animals and Antimicrobials: Impacts on Human Health. *Clinical microbiology reviews*, v.24, n.4, p.718-733, 2011.

MILES, R. D. et al. The effect of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on broiler performance, relative copper bioavailability, and dietary prooxidant activity. *Poultry Science*, v.77, n.3, p.416–425, 1998.

MOHANNA, C.; NYS, Y. Influence of age, sex and cross on body concentrations of trace elements (zinc, iron, copper and manganese) in chickens. *British Poultry Science*, v.39, n.4, p.536–543, 1998.

MROCZEK-SOSNOWSKA, N et al. Effect of nanoparticles of copper and copper sulfate administered in ovo on hematological and biochemical blood markers of broiler chickens. *Animal Science*, v.52, p.141–149, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of poultry* 9.ed. Washington. D.C.: National Academy Press, 1994.

OLIVEIRA, S. C. M.; *Suplementação de diferentes fontes e níveis de cobre e seus efeitos para frangos de corte*. 2016. 83 f. Dissertação

(Mestrado em ciência animal). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

OMS, Organização Mundial da Saúde. Critically important antimicrobials for human medicine. World Health Organization. 6^a revision, 2019.

PANG, Y.; PATTERSON, J. A.; APPLGATE, T. J. The influence of copper concentration and source on ileal microbial. *Poultry Science*, v.88, n.3, p.586-592, 2009.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos- Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 4ed. Viçosa: UFV, 2017.

RHUMAS, M. N. Uso de cobre em altos níveis associados a diferentes programas nutricionais para Frangos de corte. 74 f, 2019. Dissertação (Mestrado em ciência animal). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: Congresso internacional sobre uso da levedura na alimentação animal, 1 Campinas, SP. 201p., 2009.

SAKOMURA, N. K. et al. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep, 1ed, 678p., 2014.

SAMANTA, B. et al. Effects of dietary copper supplementation on production performance and plasma biochemical parameters in broiler chickens. *British Poultry Science*, v.52, n.5, p.573-577, 2011.

SANTOS, D. L. Suplementação de cobre em níveis supranutricionais em rações de frangos de corte tipo griller. 45f. 2019. Dissertação (Mestrado em ciência animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

SANTOS, T.; CONNOLLY, C.; MURPHY, R. Trace elemento inhibition of phytase activity. *Biological Trace Element Research*. v.163, p.255-265, 2015.

SU, R. et al. High copper levels promotes broiler hepatocyte mitochondrial permeability transition *in vivo* and *in vitro*. *Biological Trace Element Research*, v.144, p.636-646, 2011.

SCOTTÁ, A. B. et al. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia* v.8, n.9, ed.258, Art.1710, 2014.

SHAHZAD, M. N. et al. Effects of feeding urea and copper sulphate in different combinations on live body weight, carcass weight, percent weight to body weight of different organs and histopathological tissue changes in broilers. *Experimental and Toxicologic Pathology*, v.64, n.3, p.141-147, 2012.

SUTTLE N. F. *The Mineral Nutrition of Livestock*. CAB Int., London UK, 4ed., 579p., 2010.

VASQUEZ, E. F. A.; HERRERA, A. P. N.; SANTIAGO, G. S. Interação cobre molibdênio e enxofre em ruminantes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, n.6, p.1101-1106, 2001.

WANG, Z. et al. Evaluation of Mintrex Copper as a Source of Copper in Broiler Diets. *International Journal of Poultry Science*, v.6, n.5, p.308-313, 2007.

YANG, F. et al. Liver mitochondrial dysfunction and electron transport chain defect induced by high dietary copper in broilers. *Poultry Science*, v.96, n.9, 3298-3304, 2017.

ZHU, Z. et al. Identification of a copper-induced intramolecular interaction in the transcription factor Mac1 from *Saccharomyces cerevisiae*. *The Journal of Biological Chemistry*, v.17, n.18, p.5400–5408, 1998.

Fruit meal on red tilapia aquafeed

Jessica Cerqueira dos Santos
Rodrigo Fortes-Silva
Edenilce de Fátima Ferreira Martins
Denise Soledade Peixoto Pereira
Felipe Guedes de Araújo
Angélica Maria Lucchese
Edna Dória Peralta

Introduction

Tilapia is currently the second most cultivated fish in the world. Global tilapia production is expected to almost double from 4.3 million tons to 7.3 million tons a year between 2010 and 2030 (MSANGI et al., 2013). Among all commercially important species and hybrids that comprise the Tilapia group, the red strains usually achieve better market prices probably due to the resemblance to some highly appreciated marine species like red porgy (*Pagrus pagrus*), red snapper (*Lutjanus vitta*) and red sea bream (*Pagrus major*), and have gained more attention from producers and researchers lately (WATANABE et al., 2002; FITZSIMMONS; MARTINEZ-GARCIA; GONZALEZ-ALANIS, 2011). With higher prices obtained in the red-tilapia market certain expectancies from consumers are usually discernible, and the intensity of skin coloration can significantly affect consumers' decision.

Skin pigmentation is produced by light-absorbing yellow and red pigments that are stored in the integument by specialized cells (BRAASCH; SCHARTL; VOLFF, 2007). These pigments are mainly carotenoids and are not produced by the animals; therefore, they must be obtained from diet (SEFC; BROWN; CLOTFELTER, 2014). Most carotenoids are polyunsaturated C40 hydrocarbons which can be sorted in two groups according to the terminal ring

systems. Carotenoids that are composed entirely of carbon and hydrogen are known as carotenes (such as α -carotene, β -carotene, γ -carotene, lycopene), while those containing oxygen in the terminal ring are named xanthophylls (e.g., astaxanthin, canthaxanthin, cryptoxanthin, zeaxanthin) (SHAHIDI; BROWN, 1998). Astaxanthin (3,30-dihydroxy- β , β -carotene-4,40-dione) is generally the major carotenoid found in fish skin and it is primarily obtained from diet, since most fish cannot synthesize it from other carotenoid precursors. Although direct supplementation of astaxanthin is regarded as the most effective strategy to enhance pigmentation, it is considerably expensive, amounting to 10–20 % of the total ingredient cost (BAKER et al., 2002). Although the inclusion of pigment rich ingredients or synthetic carotenoids in ornamental fish and salmonid diets is usual the results obtained on skin coloration vary considerably with the species, source of pigment used and chemical structure of the carotenoid (SHAHIDI; BROWN, 1998; AMAYA; NICKELL, 2015).

The use of agro-industrial wastes has been employed as a strategy to reduce feeding costs in most commercial animal production models. The use of recycled products in animal feeding adds sustainability to the model, since residues are not directly used for human nutrition. Strategic planning of the aquafeed sector based on waste management (e.g. from aquaculture) is one of the practices that enabled China to become a top producer worldwide (CAO et al., 2015). Fruits and vegetables have the highest wastage rates in tropical areas such as Latin America (FAO, 2016). Besides that, appreciable amounts of bioactive compounds and natural pigments present in fruit residues could make these ingredients noteworthy alternatives in aquafeed formulation. Waste management protocols seem to be still far from being clear-cut in developed and developing countries, and this has been a matter of debate since the beginning of the industrial age. Organic wastes coming from fruits and vegetables represent a major share in soil and water pollution and also in greenhouse gas

emissions, being an issue of serious environmental concern (PANDA et al., 2016).

The high feeding plasticity of some omnivorous species such as tilapia permits great flexibility in diet formulation, and alternative ingredients are more easily included in formulations for such species than for carnivorous ones (EL-SAYED, 1999). Meals based on fruit residues obtained from papaya, guava and mango, for example, are energy rich and may be suitable alternatives in supplying fish with conventional carbohydrates, with the extra advantage of providing carotenes, especially β -carothene and lycopene.

Fruit based diets

Three fruit based diets were elaborated using integral papaya (*Carica papaya* L. var. Formosa), mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) or red guava (*Psidium guajava* var. Paluma) meals. Other two standard diets were formulated with corn meal as positive control and dextrin as negative control. Diets were formulated to contain approximately 40% of carbohydrate according to Qiang et al. (2014). Purified ingredients were used with the purpose to reduce possible influence of carotenoids from other sources (EL-DAHAR; LOVELL, 1995). Unspoiled damaged ripe fruits discarded from local fairs and markets (Cruz das Almas, Bahia, Brazil) were acquired, chopped in small cubic pieces (about 3 cm³) and dried in a force draft oven at 65°C for 96h. During this period, the fruit mass was flipped inside the oven twice a day to improve drying homogeneity. Mango seeds were removed before processing.

Dried fruits were further minced in a knife mill equipped with a 1mm mesh and samples were taken to access proximate composition of resulting meals. The five diets were elaborated keeping the same protein and lipid levels. The adjustments in protein level were done using albumin and gelatin. After complete mixture of ingredients diets

were pelleted (diameter = 3.5 mm) and stored under refrigeration (5°C). Samples from each diet were taken to access proximate composition and carotenoid levels. The composition and formulation of the diets are presented in Table 1.

Table 1 - Experimental diets formulation and composition.

Ingredients (g kg ⁻¹)	Experimental diets				
	Mango	Guava	Papaya	Corn	Dextrin
Fish meal	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
Soybean meal	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
Albumin	4.2	1.0	1.0	0.0	31.8
Dextrin	0.0	0.0	0.0	0.0	328.2
Corn meal	0.0	0.0	0.0	360.0	0.0
Mango meal	355.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Guava meal	0.0	359.0	0.0	0.0	0.0
Papaya meal	0.0	0.0	359.0	0.0	0.0
Soybean oil	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Min. Vit. pre-mix ¹	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
BHT	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Average carotenes ²	4.01±0.95	2.15±0.35	2.70±0.43	0.79±0.06	000±000
Proximate composition (% DM) ³					
Crude Protein	36.71±1.51	35.71±2.99	36.04±4.24	38.24±1.79	36.60±1.01
Crude fat	7.40±0.45	7.58±0.15	7.72±0.21	7.78±0.32	6.71±0.22
Crude fiber	1.58±0.37	1.57±0.24	1.73±0.29	1.70±0.18	0.90±0.26
Ash	13.60±0.19	13.67±0.22	13.32±0.31	13.06±0.24	11.15±0.28

Source: Santos et al., unpublished data.

¹-Min. Vit. pre-mix composition: Folic Acid ≥1200.00 mg / kg; Nicotinic Acid ≥ 20.00 g / kg; Pantothenic Acid ≥10,000 mg / kg; BHT ≥5,000.00 mg / kg; Biotin ≥ 200.00 mg / kg; Cobalt ≥ 80.00 mg / kg; Copper ≥ 3,500.00 mg / kg; Choline ≥ 100.00 g / kg; Iron ≥ 20.00 g / kg; Iodine ≥ 160.00 mg / kg; Inositol ≥ 25.00 g / kg; Manganese ≥ 10,000 mg / kg; Selenium ≥ 100.00 mg / kg; Vitamin A ≥ 2,400,000.00 IU / kg;

Vitamin B1 ≥ 4,000.00 mg / kg; Vitamin B2 ≥ 4,000.00 mg / kg; Vitamin B12 ≥ 8,000.00 mcg / kg; Vitamin C ≥ 60.00 g / kg; Vitamin B2 ≥ 4,000.00 mg / kg; Vitamin B6 ≥ 3,500.00 mg / kg; Vitamin D3 ≥ 600,000.00 IU / kg; Vitamin E ≥ 30,000.00 IU /

kg; Vitamin K3 $\geq 3,000.00$ mg / kg; Zinc ≥ 24.00 mg / kg.

²- Carotenoid amounts ($\mu\text{g/g}$) in experimental fruit diets

³-Proximate composition data are expressed in % on dry matter basis (DM). "Meal carotenes" refers to carotene concentration (mg g^{-1} DM) in the dry fruit meals read at 453nm.

Sampling procedures

The experiment was carried out at the Fish Nutrition and Feeding Behaviour laboratory (AquaUFRB) of the Federal University of Bahia, UFRB (Cruz das Almas, Bahia, Brazil). Seventy-five juveniles of red tilapia (*Oreochromis* spp.), provided by Bahia Pesca, Bahia, Brazil (initial weight: 5.8 ± 1.1 g), were randomly distributed in 15 cylindrical net-cages (nominal diameter: 188 cm and height: 90 cm). Those net-cages were placed inside a 2000L circular fiberglass tank equipped with biofiltration system and aeration. Before the experiment started, fish were allowed to adapt to the experimental conditions for 15 days. During this period fish were fed with a commercial extruded diet with 35% crude protein (Pratigi, Bahia, Brazil).

Throughout the experiment animals were subjected to natural photoperiod (12hr light: 12hr Dark) and water quality parameters (Temperature $28.82 \pm 1.82^\circ\text{C}$; pH 7.02 ± 0.65 ; and DO_2 7.00 ± 1.1 mg L^{-1}) were monitored daily and were kept under adequate range for the species. Diets were handfed three times a day (during day time) in small portions to allow complete consumption until apparent satiation. To determine feed intake, the portion designated to each experimental unit was pre-weighed and the eventual leftovers discounted from initial value. The openings in the net used to fabricate the tanks were small enough (1.5 mm) to prevent pellets from leaving the cages before being consumed. The residues and excreta were collected from the bottom twice a day. Water removal during cleaning maintenance represented a water exchange rate of 50% per day. At the end of experiment (50 days), feed conversion ratio (FCR) was

calculated as: $FCR = F \times G^{-1}$, where F is the dry matter feed offered and G represents the weight gain.

Samples were taken at the end of experiment (60th day) from all 75 fishes, therefore five fishes from each tank were sampled and the tank was considered as the experimental unit (n=3). Fish were kept unfed for 24hr before blood sampling. After captured, fish were transferred to 20L plastic containers to be anesthetized in an immersion bath with Eugenol (50mgL⁻¹) (Sigma-Aldrich, USA). Blood was collected from the caudal vein using 2 mL non-heparinized hypodermic disposable syringes. Blood samples (about 2 mL per fish) were held overnight at 4°C to clot. Samples were centrifuged at 1000 g for 5 min. The serum was then removed with a Pasteur pipette, transferred to amber vials and stored at -80°C until carotenoid analysis could be performed.

After blood collection, anesthetized fish were immediately sacrificed by medullary section. Tissue samples containing muscle and skin were dissected from three different points located between the lateral line and dorsal fin, as depicted in Figure 3, to be analyzed for proximate composition and carotene level. Samples were kept at -80°C until analysis.

The experiment was carried out in a fully randomized design. Five treatments with three repetitions were tested (n=3), totaling 15 experimental units. Data are presented as mean ± S.E.M. Significant differences in the studied parameters were evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA). The Tukey-Kramer HSD test was used for multiple mean comparisons between the treatments. ANOVA assumptions were validated by the Shapiro-Wilk test to determine the normal distribution of the residuals and Bartlett's test was used to determine homogeneity of variance. The adopted significance level was 0.05. The software SPSS v.15 was used for the statistical analysis.

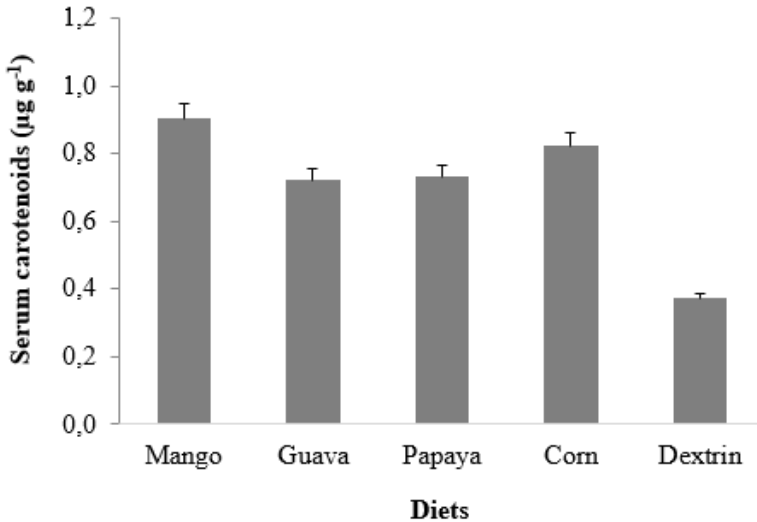
Carotenoids

Carotenoids from fruit meals, carcass and serum were quantified spectrophotometrically (CHOUBERT; STOREBAKKEN, 1989). Fragments containing muscle and skin were dissected from fish, just below the dorsal fin; samples were taken from three different points as described above in sampling procedures. Those locations were also used as reference for pigmentation assessment. Grinded Tissue (0,5g) was mixed with 5 mL of acetone and further disrupted in a portable tissue homogenizer (ULTRA80-I, UltraStirrer). After complete homogenization samples were ultra-sonicated (Q32/40A JET Eco-Sonics, SP, Brazil) for 10 min and centrifuged at 6000g for 5 minutes. Supernatant fraction was recovered and reserved in a separation funnel. The procedure was repeated three times to ensure complete recovery. After transferring all the resulting acetone extract to the separation funnel, 10mL of hexane and 30mL of ultra-pure water were added and the hexane fraction was reserved in another flask and concentrated under nitrogen gas flux with anhydrous sodium sulfate to remove residual moisture. After solvent evaporation, the resulting extract was resuspended in 10 mL of HPLC-grade hexane, from which 1mL aliquots were taken and transferred to quartz cuvettes to perform readings in Shimadzu UV-1800 spectrometer at 453 nm (Shimadzu Inc., Kyoto, Japan). Carotenoid concentration in dry fruit meals were determined in a similar fashion using 0.5g samples, taken in triplicate. Serum samples were also subjected to a similar extraction procedure through the use of 1mL samples collected as previously described.

Carotenoid concentration was calculated according to the following formula: $C = \text{Absorbance} \times 10000 / 2100$, where C is concentration ($\mu\text{g/g}$ for tissue), 2100 is $E(1\%, 1\text{ cm})$ =the extinction coefficient of the carotenoids in solvent at 453 nm, and 10000 is the scale factor (CHOUBERT; STOREBAKKEN, 1989). A calibration curve was obtained by using β -carotene ($\geq 95\%$ HPLC-grade; Sigma-Aldrich) diluted in hexane.

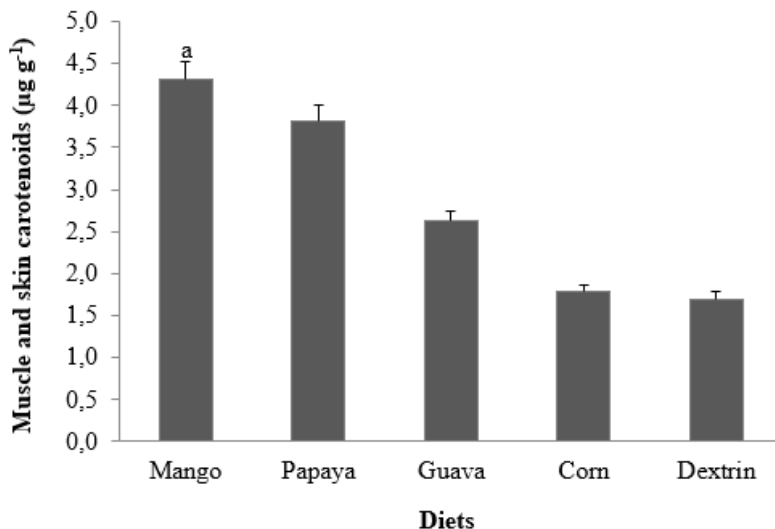
The readings performed in serum did not reveal any significant differences in total carotenoid concentration ($P = 0.1098$) and all diets produced similar results, except for dextrin ($P = 0.0000$) (Figure 1). The total average obtained for this parameter in the experiment was $0.708\mu\text{g g}^{-1}$. On the other hand, tissue samples containing skin and muscle collected at the end of experiment revealed significant differences in total carotenoid concentration ($P = 0.0007$), as shown on Figure 2. Fish feed with dextrin and corn diets presented the lowest values (1.70 ± 0.14 and $1.78 \pm 0.05\mu\text{g g}^{-1}$, respectively) and the higher concentrations were found in fish subjected to mango and papaya treatments (4.31 ± 0.62 and $3.82 \pm 0.36 \mu\text{g g}^{-1}$, respectively).

Figure 1 - Red tilapia serum carotenoids ($\mu\text{g g}^{-1} * 100$) after 60 days receiving different experimental diets. Absence of superscript letters in histograms indicate lack of statistical difference among treatments ($n = 3$; $P = 0.1098$).



Source: Santos et al., unpublished data.

Figure 2 - Red tilapia carcass carotenoids ($\mu\text{g g}^{-1}$) after 60 days receiving different experimental diets. Different superscript letters in histograms indicate statistical difference among treatments ($n = 3$; $P = 0.0007$).



Source: Santos et al., unpublished data.

Most of the studies dealing with carotenoid metabolism in fish are directed to salmonids, and published information on tilapia is scarce. Serum carotenoid concentrations were similar through experimental diets and fish subjected to all treatments, except for dextrin. This finding may indicate that tilapia can likewise metabolize carotenoids of the studied fruits. In part, this result can be associated with carotenoid metabolic pathways involving epimerization, reduction or oxidation by tilapia. However, metabolism is not a limiting factor governing carotenoid use in fish. The usual high temperatures observed in tropical environments may be associated with faster kinetics regarding both carotenoid increase and elimination from serum. With respect to salmonids, an increment in water temperature from 9°C to 20°C , as reported in the studies by Aas et al. (1999), was pointed out as the probable reason for the 2.4-fold raise observed in

carotenoid pharmacokinetics. Low serum carotenoid was expected for tilapia fed with control diet (dextrin). However, lack of differences among carotenoid sources may be due to variations in transitory carotenoid metabolism. High individual variation in serum carotenoids were previously reported in fish (GUILLOU; CHOUBERT; DE LA NOÛE, 1992; AAS et al., 1999).

Spectrophotometric analysis of fruit meals revealed carotene concentrations of $4.01 \pm 0.95 \mu\text{g g}^{-1}$, $2.15 \pm 0.35 \mu\text{g g}^{-1}$ and $2.70 \pm 0.43 \mu\text{g g}^{-1}$ for mango, guava and papaya meals, respectively, making these dried fruit meals potentially suitable to enhance carotenoid level in diets for fish that are able to use β -carotene as pigment. Such values are similar to those found for Nile tilapia fed with *Ulva rigida* and *Ulva lactuca* (1.4 - $6.5 \mu\text{g g}^{-1}$) (VALENTE et al., 2015). In general, values of carotene concentrations vary substantially according to analytical protocols, soil chemistry, climatic factors and species or cultivars under study, making it difficult to directly compare the presented results with those of other works. According to Oliveira et al. (2010), the content ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ on a fresh matter basis) of carotenoids in guava, mango and papaya are, respectively, 366.3 ± 64.0 , 1557.1 ± 180.2 and 548.6 ± 175.1 ; of β -carotene 6999.3 ± 2420.5 , 77.2 ± 58.0 and 3137.5 ± 596.3 . These values in fresh fruits can be used as reference for aquafeed industries.

The main carotenoids found in the fruits used are β -carotene, Lycopene and β -cryptoxanthin (this one found in appreciable amounts only in papaya). β -carotene is not a major pigment in fish skin, but it has been considered an important component of color determination in some species (ALISHAHI; KARAMIFAR; MESBAH, 2015). Both mango and papaya are considered to be rich sources of β -carotene (OLIVEIRA et al., 2010). Alishahi Karamifar and Mesbah (2015) fed the cichlid *Astronotus cellatus* with food supplemented with *Dunaliella salina* (a natural β -carotene source) or astaxanthin (synthetic pigment) and observed that skin carotenoid content was statistically higher in astaxanthin group ($6.48 \pm 0.84 \mu\text{g g}^{-1}$) and *D. salina* group

($4.89 \pm 0.83 \mu\text{g g}^{-1}$) compared with the control group ($3.05 \pm 0.32 \mu\text{g g}^{-1}$). This result confirms that this cichlid was able to significantly absorb and incorporate dietary β -carotene, although with less efficiency than astaxanthin. According to Arous et al. (2014), feeding β -carotene from *D. salina* extract enhanced the deposition of β -carotene and the “a” and “b” color components in red tilapia (*Oreochromis spp.*). However, the fate of dietary β -carotene can vary greatly among species. Wang, Chien and Pan (2006) tested different dietary carotenoid supplements in the characid *Hyphessobrycon callistus* diet and observed that disregarding the types of dietary carotenoid provided, astaxanthin represented 98% of body total carotenoids, indicating that *H. callistus* was able to convert most dietary β -carotene into body astaxanthin for storage.

Skin pigmentation

At the end of the experiment, skin pigmentation was analyzed with a portable digital spectrophotometer (CR-400 Konica Minolta, Tokyo, Japan) by using the Hunter L, a, b system, of which primary parameters are lightness (L), redness (a) and yellowness (b) (YOUNG; WHITTLE, 1985). The readings were performed at three different points (Figure 3) in each fish and the mean value was considered as an individual entry in subsequent assessments. All five fish from each tank were analyzed and the tank was considered as the experimental unity (n=3).

Figure 3 - Points selected for color assessment and tissue sampling in red tilapia at the end of experiment.



Source: Fortes-Silva, 2020.

Color coordinates measured in hunter-lab system were significantly affected by diets only for the “b” component ($P < 0.001$) as shown in Table 2 and Figure 4. “b” values above zero represent yellow intensity and positive “a” values indicate the intensity of red. Mango, papaya and guava diets enhanced yellow hue in fish skin, as shown by their higher “b” values (8.66 ± 0.88 , 10.71 ± 1.52 , 10.25 ± 0.74 , respectively); lower “b” values were observed for corn and dextrin treatments (3.10 ± 0.94 and 4.68 ± 1.01 , respectively).

Table 2 - Red-tilapia skin color coordinates according with hunter system.

Experimental diet	Hunter lab system coordinates		
	L	a	b
Mango	68.25 ± 1.19	1.69 ± 0.58	8.66 ± 0.88 a
Papaya	68.73 ± 1.45	1.33 ± 0.77	10.71 ± 1.52 a
Guava	70.00 ± 0.92	2.08 ± 0.33	10.25 ± 0.74 a
Corn	68.58 ± 0.66	0.36 ± 0.38	3.10 ± 0.94 b
Dextrin	67.31 ± 1.25	0.51 ± 0.55	4.68 ± 1.01 b
<i>P value</i>	0.5730	0.1110	0.0010

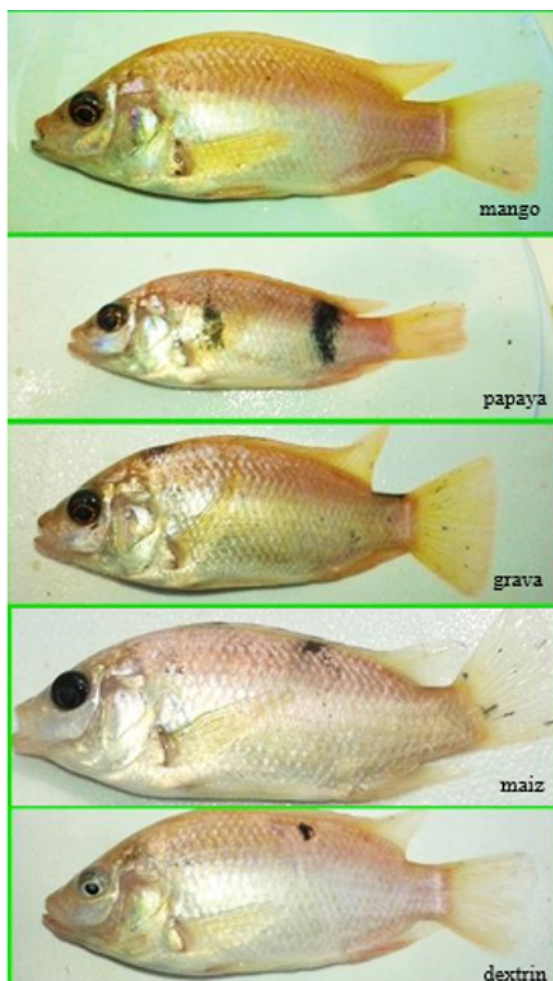
Source: Santos et al., unpublished data

Values (means \pm SEM) followed by different letters in the same column are statistically different with reference to the Tukey test ($n = 3$; $P < 0.05$).

When skin with muscle was analyzed, tilapia fed with the dextrin and corn diets presented the lowest values, and the highest concentrations were found in fish from mango and papaya treatments. Different species usually possess distinct carotenoid metabolic pathways; therefore, there is no universal pattern of carotenoid transformation in fish tissues, meaning that the effectiveness of carotenoid source in terms of deposition and physiological function is species-specific (CHATZIFOTIS et al., 2005). Chen and Meyers (1982) classify the aquatic animals into three categories according to their ability to convert carotenes into astaxanthin. Type I: salmonids or sea bream type, which cannot oxidize β -ionone found in carotenes and

can only use the oxidized xanthophylls. Type II: carp type, which can use and convert zeaxanthin into astaxanthin and store astaxanthin. Type III: crustacean type, which can convert carotene, zeaxanthin, canthaxanthin, and echinenone into astaxanthin.

Figure 4 - Representative pictures of skin pigmentation of tilapia fed with experimental diets for 50 days.



Source: Fortes-Silva, 2020.

In the present work, color evaluation of the tristimulus “lightness (L), redness (a) and yellowness (b)” in tilapia skin indicated significant differences among dietary treatments for the “b” component ($P < 0.001$). Mango and papaya diets produced higher “b” values in fish skin after 60 days of feeding. The types of carotenoids identified in the integument of cichlid fish include α and β -carotene, tunaxanthin, canthaxanthin, astaxanthin, lutein, zeaxanthin, rhodoxanthin and canary-xanthophyll B (SEFC; BROWN; CLOTFELTER, 2014). The differences observed in skin color are consistent with the higher carotenoid level found in the carcass of fish treated with mango and papaya based diets. Dietary carrot extract (300 mg carotene/kg diet) increased the redness of skin color; moreover, following a 6-week feeding period, an increase in yellowness values was observed for Red Seabream *Pagrus* (KANG et al., 2015). Very few studies evaluated the effects of fruit meals on skin color attributes of colored fish as red tilapia, demanding comparison of our results with other sources of carotenoids. There seems to be more numerous studies with regard to the effects of algal carotenoids. For example, the violaxanthin identified in *Ulva* spp is likely to be preferentially deposited in tilapia skin and, together with lutein, helps to increase carotenoid content observed in fish fed seaweed rich diets (VALENTE et al., 2015). The yellow and blue coloration of the yellow tail cichlid (*Pseudotropheus acei*) fed the diet containing *Spirulina* meal was enhanced, and inclusion of dietary *Spirulina* meal stimulated the presence of carotenoids in the skin (GÜROY et al., 2012). *Spirulina* contains high levels of xanthophyll, β -carotene and zeaxanthin, and its inclusion in diet formulations has been reported to affect fish pigmentation (GOUVEIA et al., 2003). In Nile tilapia, around 80% of total carotenoid detected is present in the integument (KATSUYAMA; MATSUNO, 1988). However, besides having functional roles in color skin, dietary carotenoids are utilized in diets also to induce coloration in fillets, as is well documented.

Muscle color determined by means of a spectrophotometer indicated that tilapia fillets from fish fed 10% of *Ulva* ssp. showed the highest lightness (highest L* value) and yellowness (less negative b* value), but the lowest redness (lowest a* value) (VALENTE et al., 2015). Thus, we can consider that fruit residues could be used for animal feed factory. On the other hand, it is necessary to consider that most of the carotenoids occur as trans-isomer in specific conditions in plants. The concentration of carotenoids in fruits depends on their growth maturity, isomers, and food processing methods (KHOO et al., 2011).

Body composition of red tilapia

Carcass samples and diet ingredients were analyzed for dry matter (DM), crude fiber and ash according to AOAC (1995), crude protein (%N 6.25) by the *Kjeldahl* method and total lipid according to the method of Bligh and Dyer (1959).

The feed conversion rate, mean 2.50 ± 0.48 kg feed/kg fish weight gain, was not statistically different among treatments ($P = 0.4389$). The proximate compositions of red-tilapia are shown in Table 3. The crude fat values were lower in fish treated with fruit based diets, especially for guava ($12.28 \pm 0.58\%$), and higher in fish treated with dextrin or corn based diets (24.02 ± 0.44 and $22.49 \pm 0.17\%$, respectively; $P < 0.0001$). Protein, as well as ash, showed no differences between treatments ($P = 0.2482$). The feed conversion rate was not statistically different ($P = 0.4389$) and varied from 2.16 to 2.90 considering the fruit diet treatments studied. No mortality was registered during the experiment.

Table 3 - Whole body proximate composition (% wet weight) of tilapia fed diets with different fruit meals.

Experimental Diets	Proximate composition		
	Crude Protein	Crude fat	Ash
Mango	62.07 ± 2.3	16.69 ± 0.29 b	13.62 ± 0.022
Guava	63.90 ± 0.32	12.28 ± 0.58 c	13.57 ± 0.18
Papaya	60.25 ± 0.66	13.52 ± 1.53 bc	13.23 ± 0.17
Corn	62.00 ± 1.38	22.49 ± 0.17 a	13.44 ± 0.21
Dextrin	61.30 ± 1.92	24.02 ± 0.44 a	13.42 ± 0.19
<i>P value</i>	0.2482	<.0001	0.6953

Source: Santos et al., unpublished data.

Means followed by different letters on the same column are statistically different with reference to the Tukey test (n = 3; P < 0.05).

Mango and papaya, as well as guava, are rich in bioactive compounds with potential growth-promoting and health-improving properties (SILVA et al., 2014). Animals receiving fruit based diets showed a significant low fat level in carcass when compared to fish treated with dextrin or corn diets. Our results agree with Azaza et al. (2008), that Nile tilapia fed diets containing high levels of *Ulva rigida*, a green algae used as pigment and carbohydrate source, showed lower levels of carcass lipid. Since the fruit diets were isoenergetic, we suggest the existence of intrinsic fruit effects on fat reduction. Although the detailed mechanisms are yet unknown, fruits as guava, mango and papaya possess certain biologically active compounds that may have an important role as modulators of carbohydrate and lipid metabolism (SIRIWARDHANA et al., 2013). Mice receiving a diet rich in β -carotene presented a marked decrease in fat mass (about 30%), correlated with a lowered concentration of leptin and a reduction in adipocyte size, together with a massive negative general regulation of the genes linked to the glucidic and lipid metabolisms (AMENGUAL

et al., 2011). On the other hand, the different dietary carbohydrate can exert important indirect influence on intermediary metabolism, and also effects on growth and feed utilization in fish (HEMRE; MOMMSEN; KROGDAHL 2002). Without focusing on performance, we advise a level of 30% of fruit meal inclusion in replacement for corn meal to promote color. At the end of the experiment fish showed no differences in feed conversion rates or body protein composition. According to Souza et al. (2013), weight gain, growth rate, feed intake, feed conversion and survival were not affected by replacement of corn meal for mango meal for Tilapia.

Conclusions

The differences on skin coloration and carotenoid levels observed in the present study clearly suggest that carotenoids from fruits are physiologically absorbed by and retained in tilapia skin. High concentrations of skin carotenoids were found in fish fed with mango and papaya diets, which together with guava produced higher yellowness values in fish skin color. Fruit-carotene sources can be used as alternative ingredients to red tilapia or ornamental cichlids, although inclusion level of fruits in meals still needs to be determined in growth studies.

References

- AAS, G. H. et al. Blood appearance, metabolic transformation and plasma transport proteins of 14C-astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.21, p.325-334, 1999.
- ALISHAHI, M.; KARAMIFAR, M.; MESBAH, M. Effects of astaxanthin and *Dunaliella salina* on skin carotenoids, growth performance and immune response of *Astronotus ocellatus*. **Aquaculture International**, v.23, p.1239-1248, 2015.

AMAYA, E.; NICKELL, D. Using feed to enhance the color quality of fish and crustaceans in Aquaculture. **Feed and Feeding Practices in Aquaculture**, 1stEdt, p269-298, 2015.

AMENGUAL, J. et al. Beta-carotene reduces body adiposity of mice via BCMO1. **PLoS one**, v.6, p.e20644, 2011.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Vol. I. Agriculture Chemicals; Contaminants, Drugs, 16th ed. AOAC International, Arlington, VA, USA. 1995.

AROUS, W. H. et al. Effect of Adding Different Carotenoid Sources on Growth Performance, Pigmentation, Stress Response and Quality in Red Tilapia (*Oreochromis spp*). **Middle East Journal of Applied Sciences**, v.4, p.988-999, 2014.

AZAZA M. S. et al. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae ulva meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. **Journal of Applied Ichthyology**, v.24, p.202-207, 2008.

BAKER, R. T. M. et al. Pigmenting efficacy of astaxanthin and canthaxanthin in fresh-water reared Atlantic salmon, *Salmosalar*. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, p.97-106, 2002.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BRAASCH, I.; SCHARTL, M.; VOLFF, J. N. Evolution of pigment synthesis pathways by gene and genome duplication in fish. **BMC Evolutionary Biology**, v.7, p.74, 2007.

CAO, L. et al. China's aquaculture and the world's wild fisheries. **Science**, v.347, p.133-135, 2015.

CHATZIFOTIS, S. et al. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagruspagrus*). **Aquaculture Research**, v.36, p.1517-1525, 2005.

CHOUBERT, G.; STOREBAKKEN, T. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoids concentrations. **Aquaculture**, v.81, p.69-77, 1989.

CHEN, H. M.; MEYERS, S. P. Extraction of astaxanthin pigment from Crawfish Waste Using a Soy Oil Process. **Journal of Food Science**, v.47, p.892-896, 1982.

CITARASU, T. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. **Aquaculture International**, v.18, p.403-414, 2010.

EL DAHHAR, A. A.; LOVELL, R. T. Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture Research**, v.26, p.451-457, 1995.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.

FAO. Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. (2017). Retrieved from: <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/>

FITZSIMMONS, K.; MARTINEZ-GARCIA, R.; GONZALEZ-ALANIS, P. Why tilapia is becoming the most important food fish on the planet. In: LIU, L. P.; FITZSIMMONS, K. (Eds.) **Better science, better fish, better life. Proceedings of the 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. Shanghai, China: Shanghai Ocean University, p.8–16, 2011.

GOUVEIA, L. et al. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.123-129, 2003.

GUILLOU, A.; CHOUBERT, G.; DE LA NOÛE, J. Absorption and blood clearance of labelled carotenoids ([¹⁴C]astaxanthin, [³H] canthaxanthin and [³H]zeaxanthin) in mature female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.103A: p.301-306, 1992.

GÜROY, B. et al. Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. **Aquaculture International**, v.20, p.869-878, 2012.

HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v.8, p.175-194, 2002.

KAISUYAMA, M.; MATSUNO, T. Carotenoid and vitamin A, and metabolism of carotenoids, β -carotene, canthaxanthin, astaxanthin, zeaxanthin, lutein and tunaxanthin in tilapia nilotica. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v.90, p.131-139, 1988.

KHOO, HOCK-ENG. Et al. Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. **Molecules**, v.16, p.1710-1738, 2011.

KANG, S. Y. et al. Effects of Carrot Extract on Skin Pigmentation and Serum Lysozyme Activity of Red Seabream *Pagrus major*. **Fish Pathology**, v.28, p.157-164, 2015.

MSANGI, S. et al. Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture. **World Bank Report**, (83177-GLB), 2013.

OLIVEIRA, D. D. S. et al. Carotenoids and vitamin C during handling and distribution of guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) at commercial restaurants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.6166-6172, 2010.

PANDA, S. K. et al. Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes. **Environmental Research**, v.146, p.161-172, 2016.

QIANG, J. et al. Comparative studies on endocrine status and gene expression of hepatic carbohydrate metabolic enzymes in juvenile

GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed high carbohydrate diets. **Aquaculture Research**, v.47, p.758-768, 2014.

SEFC, K. M.; BROWN, A. C.; CLOTFELTER, E. D. Carotenoid-based coloration in cichlid fishes. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.173, p.42-51, 2014.

SHAHIDI, F.; BROWN, J. A. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. **Critical Reviews in Food Science**, v.38, p.1-67, 1998.

SILVA, L. M. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and byproducts of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.143, p.398-404, 2014.

SIRIWARDHANA, N. et al. Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.24, p.613-623, 2013.

SOUZA, R. C. et al. Influence of mango meal on growth and body composition of Nile tilapia. **Archivos de Zootecnia**, v.622, p.217-225, 2013.

VALENTE, L. M. P. et al. Carotenoid deposition, flesh quality and immunological response of Nile tilapia fed increasing levels of IMTA-cultivated *Ulva* spp. **Journal of Applied Phycology**, v.28, p.1-11, 2015.

WANG, Y. J.; CHIEN, Y. H.; PAN, C. H. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hypheosobrycon callistus*. **Aquaculture**, v.261, p.641-648, 2006.

WATANABE, W. O. et al. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v.10, p.465-498, 2002.

YOUNG, K. W.; WHITTLE, K. J. Colour measurement of fish minces

using Hunter L, a, b values. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.383-392, 1985.

Pescado: desenvolvimento de novos produtos

Norma Suely Evangelista-Barreto

Thais Arrais Mota

Tiago Sampaio de Santana

Mariza Alves Ferreira

Introdução

Os peixes são uma importante fonte de proteína, e sua importância na dieta aumentou entre os brasileiros preocupados com a saúde (SCHULTER; VIEIRA-FILHO, 2017). A contribuição alimentar dos peixes é mais significativa em termos de proteína animal de alta qualidade, lipídios e micronutrientes fundamentais para dietas saudáveis e diversificadas. Globalmente, em 2017, 17% da ingestão de proteína animal da população mundial e 7% de toda a proteína consumida foi de peixe, com o pescado fornecendo, a mais de 3,3 bilhões de pessoas, cerca de 20% da ingestão média de proteína animal per capita (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2020).

O aumento na demanda pela carne de peixe se deve a sua composição: possui entre 15 e 25% de proteína com todos os aminoácidos essenciais; apresenta elevada digestibilidade (>95%) e absorção pelo organismo (SOARES; GONÇALVES, 2012); é rica em ácidos graxos poli-insaturados, incluindo os ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (PUFAs) e os ácidos eicosapentaenóico/ácido docosahexaenóico (EPA/DHA), que estão associados ao risco reduzido de doenças cardíacas (IOM/NRC, 2015); é fonte de minerais, principalmente cálcio, fósforo, iodo e selênio, além de vitaminas A, D e do complexo B (RAATZ et al., 2013).

Devido aos benefícios à saúde associados ao consumo de pescado, as Diretrizes Dietéticas para os Americanos (DGA) de 2010 recomendam que as pessoas ingiram 226 g de frutos do mar por semana, especialmente de peixes oleosos provenientes de ambiente marinho, como salmão, cavala, sardinha, anchova, espadarte, truta e atum, capazes de suprir um consumo médio diário de 250 mg de ácido graxo eicosapentaenoico e docosahexaenoico (EPA/DHA). Esta porção tem sido associada à redução de mortes cardíacas entre indivíduos sem problemas cardíacos pré-existentes e entre mulheres grávidas ou amamentando, estando também associada a melhores resultados da saúde infantil (IOM/NRC, 2015). Já a Sociedade Americana de Câncer e a Associação Americana do Coração (AHA) recomendam o consumo de 200 g de peixe pelo menos duas vezes por semana (FERNANDES et al., 2012). Na Europa, a recomendação para a ingestão de peixes e ácidos graxos *n*-3, principalmente para a prevenção de doenças cardiovasculares, é de, aproximadamente, 250 a 500 mg/dia de peixes oleosos (RAATZ et al., 2013).

Outros benefícios associados ao consumo de pescado estão relacionados a redução dos níveis de colesterol e a incidência de derrame, parto prematuro, além da melhora do desenvolvimento cognitivo (BURGER; GOCHFEL, 2009). Segundo Elvevoll et al. (2006), o consumo de peixe como fonte de ácidos graxos *n*-3 é superior ao uso de suplementos de óleo *n*-3, uma vez que o nível de ácido graxo *n*-3 na circulação e nas reservas dos tecidos é maior após a ingestão de peixe do que quando suplementado com óleo de peixe. Em seu estudo, Patel et al. (2009) relataram que a ingestão de peixes magros e gordurosos em uma amostra da população britânica foi associada a uma redução no risco de diabetes. Recentemente, Hengeveld et al. (2018) relataram, em um estudo realizado ao longo de 18 anos, que o consumo de peixe gordo ou magro, pelo menos uma vez por semana, reduz a incidência de acidente vascular isquêmico cerebral.

Os benefícios relacionados ao consumo de pescado estão associados ao fato de muitos organismos marinhos habitarem ambientes complexos expostos a condições extremas e, como resultado da adaptação às mudanças no ambiente, produzirem uma ampla gama de metabólitos secundários (biologicamente ativos). Dentre os diversos componentes bioativos, podem ser citados PUFA's n-3, proteínas, fibras, taurina, esterol e pigmentos, além de componentes únicos que não estão presentes nos organismos terrestres. Assim, estes nutrientes e outros componentes bioativos derivados de peixes e organismos marinhos podem se tornar ingredientes alimentares funcionais que possuem características médicas e fornecem benefícios à saúde (HOSOMI; YOSHIDA; FUKUNAGA, 2012). Um exemplo disso é a astaxantina, um carotenoide xantofílico contido em peixes salmonídeos, lagostas e crustáceos marinhos que tem demonstrado efeitos promotores de saúde ao reduzir significativamente marcadores de estresse oxidativos e inflamatórios (HOSOMI; YOSHIDA; FUKUNAGA, 2012; ABDELZAHER et al., 2016), diminuição de triglicédeos (YOSHIDA et al., 2010) e efeitos anticoagulatórios em pacientes diabéticos tipo 2 (CHAN; CHEN; CHEN, 2019).

Todos esses fatores associados ao crescimento da produção aquícola e inovação na indústria de processamento contribuíram para que, nos últimos 50 anos, o consumo de peixes e frutos do mar passasse por uma grande mudança. Em 2018, a pesca de captura e a aquicultura forneceram mais de 170 milhões de toneladas de peixe em todo o mundo, aproximadamente 156 milhões de toneladas destinadas ao consumo humano (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2020). No período de 1961 a 2018, a taxa média de crescimento anual do consumo de pescado total produzido aumentou em 3,1%, ultrapassando a taxa anual do crescimento populacional (1,6%). Em termos per capita, o consumo de pescado passou de 9,0 kg (equivalente em peso) em 1961 para 20,5 kg em 2018 (FAO, 2020).

No Brasil, o consumo de pescado é de cerca de 9,5 kg por habitante ao ano e embora o consumo interno apresente um crescimento de forma acentuada, quase dobrando na última década, esse consumo ainda se encontra abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que sugere 12 kg (PEIXE BR, 2018). De acordo com o IBGE¹ (2016 apud SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017 p.26), a população brasileira é de, aproximadamente, 200 milhões de habitantes e, com esse número e uma média de 10 kg por habitante, estima-se um mercado interno para o pescado próximo de dois milhões de toneladas ao ano.

Alimentos funcionais

Há cerca de 2500 anos atrás, Hipócrates, popularmente conhecido como o pai da medicina, declarou “faça do alimento o seu medicamento”. Atualmente, o aumento da expectativa de vida da população mundial, bem como o maior acesso à informação, tem influenciado os consumidores a buscarem hábitos alimentares mais saudáveis, visando a melhorar a qualidade de vida (MORAES; COLLA, 2006) e impulsionando o consumo de produtos alimentícios que apresentem propriedades funcionais (MIRANDA et al., 2015).

Os alimentos funcionais são definidos como alimentos que, além da função nutricional básica, produzem efeitos fisiológicos benéficos à saúde do consumidor, melhorando o desempenho do organismo e auxiliando na prevenção de diversas doenças, como diabetes, doenças cardiovasculares e doenças respiratórias (VIDAL et al., 2012; MOHAMED, 2014; RAFIQ et al., 2016; WILSON et al., 2017).

O termo “alimentos funcionais” surgiu em 1980, no Japão, que iniciou a produção e venda de produtos denominados FOSHU (*Foods for Specified Health Use*). Atualmente, os alimentos funcionais estão

¹ IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

presentes em vários países de acordo com as legislações específicas de cada nação (CANAS; BRAIBANTE, 2019). No Brasil, o registro de um novo produto com propriedades funcionais e seu posterior lançamento no mercado segue as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de acordo com a legislação do Ministério da Saúde, sendo necessária a apresentação de relatório técnico-científico contendo informações que comprovem os benefícios propostos pelo alimento e que certifiquem a segurança do consumo (VIDAL et al., 2012).

De modo geral, os alimentos funcionais podem ser classificados de duas formas, a saber:

1. Quanto à fonte, podendo ser de origem vegetal ou animal;
2. Quanto aos benefícios oferecidos, que, por sua vez, podem atuar em seis áreas distintas do organismo, distribuídas em sistema gastrointestinal, sistema cardiovascular, no metabolismo de substratos, no crescimento, no desenvolvimento e na diferenciação celular, no comportamento das funções fisiológicas e como antioxidantes (MORAES; COLLA, 2006).

As principais classes de alimentos funcionais são:

Probióticos: De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o termo probiótico é originário do grego e significa “para a vida”. Caracteriza os microrganismos vivos capazes de sobreviver a condições adversas do estômago e colonizar o intestino, favorecendo o desenvolvimento da microbiota do local. As principais fontes de probióticos são os leites fermentados, os iogurtes e outros produtos lácteos (TAMANG et al., 2016). No entanto, nos últimos anos, de acordo com uma nova terminologia probiótica, o uso de paraprobióticos (células mortas/inativadas de probióticos) e pós-bióticos (metabólitos saudáveis de probióticos) tem demonstrado resultados significativos na saúde humana (OSTAD et al., 2009, ZENDEBOODI et al., 2020).

A ingestão de culturas probióticas promove os seguintes benefícios para a saúde, como o controle e estabilização da microbiota intestinal, alívio da constipação, além de reduzir o risco de câncer de cólon, confere maior resistência gastrointestinal à colonização por patógenos e melhora absorção de vitaminas e minerais (TRIPATHI; GIRI, 2014).

Segundo a legislação brasileira, podem ser considerados alimentos probióticos, ou com alegação de probiótico, os que apresentarem *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei shirota*, *L. casei* variedade *rhammosus*, *L. casei* variedade *defensis*, *L. paracasei*, *L. lactis*, *Bifidobacterim bifidum*, *B. animallis* (incluindo a subespécie *B. lactis*), *B. longum*, *Enterococcus faecium* em concentrações mínimas de 10^8 a 10^9 UFC de microrganismos probióticos por porção do produto (ANVISA², 2008 apud WENDLING; WESCHENFELDER, 2013). Para ter a eficácia de um alimento probiótico o número dessas bactérias deve estar viável (10^6 UFC/mL), ativo e abundante até o final do prazo de validade (FERREIRA, 2003).

Os probióticos têm vários mecanismos de ação, embora a maneira exata pela qual eles exercem seus efeitos ainda não esteja totalmente esclarecida. Estes variam desde a produção de bacteriocina e ácidos graxos de cadeia curta, redução do pH intestinal e competição de nutrientes até estimulação da função da barreira mucosa e imunomodulação (KECHAGIA et al., 2013).

Flavonoides: Os flavonoides são uma classe importante de produtos naturais, em particular, pertencem a uma classe de metabólitos secundários de plantas com uma estrutura polifenólica, amplamente encontrada em frutas, vegetais e certas bebidas. Podem

2 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Alimentos. Comissões e Grupos de Trabalho. Comissão Tecnocientífica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/ Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. Atualizado em: julho de 2008. IX- **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas**. Disponível em: < [http:// www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm)>. Acesso em: 28 mar. 2013.

ser classificados em antocianinas, flavanas, flavononas, flavonas, flavonóis e isoflavonoides (CANAS; BRAIBANTE, 2019). Possuem atividade antioxidante, vasodilatadora e anti-inflamatória, reduzindo o risco de infarto e rigidez arterial. Os flavonoides podem ser encontrados na soja, frutas cítricas, tomate, pimentão, alcachofra e cereja (RAFIQ et al., 2016). Os flavonoides também são reconhecidos por sua atividade antimicrobiana com atividades antifúngica, antiviral e antibacteriana, sendo amplamente utilizados nas áreas de nutrição, segurança alimentar e saúde (PANCHE; DIWAN; CHANDRA, 2016).

Carotenoides: São pigmentos naturais encontrados nos vegetais que possuem coloração que vai do amarelo ao vermelho devido à presença de grupos cromóforos. Os principais carotenóides são: alfacaroteno, betacaroteno, luteína, criptoxantina, zeaxantina, bixina, norbixina e licopeno. Alguns dos benefícios associados ao uso de carotenoides são a redução dos níveis de colesterol, a atividade antioxidante e a redução do risco de catarata e arterioesclerose, podendo ser encontrados na melancia, goiaba e o tomate (ABUJAH et al., 2015; SILVA et al., 2016).

Fibras alimentares: Podem ser definidas como polissacarídeos não digeríveis que chegam ao intestino sem sofrer modificações estruturais, onde são fermentadas pela microbiota intestinal. Os principais benefícios do consumo de fibras alimentares são auxiliar o trânsito intestinal, evitar a constipação, controlar o índice glicêmico e prevenir diabetes e obesidade, podendo ser encontradas em cereais integrais, leguminosas e hortaliças (BERNAUD; RODRIGUES, 2013; RAFIQ et al., 2016).

Ácidos graxos: Os principais ácidos representantes dos graxos são os ômega 3 e 6. Considerados óleos essenciais, são indispensáveis para a manutenção de diversas funções no organismo, como a constituição de membranas, impulsos sinápticos e controle do sistema imunológico e da coagulação sanguínea. Os ácidos graxos n-3 e n-6 podem ser encontrados em peixes como salmão, atum, sardinha e bacalhau ou em óleos vegetais, como o azeite de

oliva e sementes de linhaça e nozes (KAUR et al., 2012; CANAS; BRAIBANTE, 2019).

Processamento do pescado

A indústria de alimentos é frequentemente criticada por desperdiçar matérias-primas, especialmente quando esses recursos poderiam oferecer valor agregado em uma variedade de novos produtos por meio de tecnologias de processamento e beneficiamento (STROM-ANDERSEN, 2020). Particularmente, na cadeia produtiva do pescado o foco da comercialização se concentra em matéria-prima com pouca agregação de valor, como o filé de peixe fresco e congelado, em comparação a um produto semipronto como o hambúrguer de peixe, por exemplo. Neste mesmo processo de filetagem, em média 70% do total produzido são considerados resíduos e, em sua maioria, são classificados como de alto valor biológico, pois contêm proteína de alto valor biológico e podem ser reutilizados em formas de coprodutos com maior valor agregado (PINTO et al., 2017).

Em relação ao aproveitamento integral do pescado na indústria pesqueira, Schuller e Vieira-Filho (2017) consideram esse ponto como um dos gargalos na cadeia produtiva nacional e internacional, e enfatizam que se deve aumentar os investimentos com qualificação da mão de obra, pesquisa e desenvolvimento, visto que a necessidade de melhor aproveitar o pescado e os seus resíduos por meio da geração de coprodutos é promissora.

A inovação no desenvolvimento de novos produtos, além de gerar mais lucros, possibilita uma maior diversificação da cadeia produtiva do pescado, somando-se a isso a reutilização de descartes sólidos orgânicos comestíveis gerados pela indústria pesqueira que, diariamente, pode contribuir para a gestão e gerenciamento dos mesmos, como ocorre em países em desenvolvimento (MAO

et al., 2020). Tecnologias que visam a agregar valor econômico e nutricional em produtos à base de pescado são relevantes, uma vez que podem incentivar e estimular a população a desenvolver hábitos mais saudáveis. É fato que o pescado, há muito tempo, faz parte da alimentação do homem, e suas propriedades dietéticas já são comprovadas. No entanto, os consumidores estão cada vez mais exigentes em busca de produtos que, além de nutritivos, possam lhes oferecer uma maior praticidade no preparo e também possuam propriedades funcionais (PRABHAKAR et al., 2020).

Nos últimos anos, diversos trabalhos estão sendo desenvolvidos por pesquisadores com o objetivo de propor uma utilização integral do pescado, seja como alternativa para a produção animal por meio da elaboração de silagem e farinha de peixe para a ração, adubo, entre outros, ou mesmo para a alimentação humana com o desenvolvimento de óleo de peixe, concentrados e hidrolisados proteicos. Além disso, coprodutos ou subprodutos obtidos geralmente das aparas da filetagem, como a carne mecanicamente separada – CMS, carne moída de peixe ou polpa de peixe têm sido amplamente explorados na elaboração de diversos outros produtos, entre eles a farinha de peixe para consumo humano. A farinha de peixe pode ser definida como um coproduto de baixo custo e elevado valor nutricional (GONÇALVES, 2011).

O enriquecimento de alimentos usando farinha de peixe tem sido relatado por diversos autores. Evangelista-Barreto, Silva-Rocha e Silva-Ledo (2015), por exemplo, utilizaram farinha de tilápia (*Oreochromis spp.*) de espécimes que não alcançaram tamanho comercial para o enriquecimento de biscoitos e sopas, visando sua aplicação na merenda escolar de alunos de nível médio. De acordo com os resultados, a aceitação do biscoito contendo farinha de peixe foi de 70%, enquanto a da sopa foi de 100%. Segundo os autores, a utilização de sopas e biscoitos com farinha de peixe, além de servir para a inclusão do pescado na merenda escolar, principalmente da

rede pública, aumenta o consumo de proteína de qualidade pelos jovens e promove um destino mais nobre aos peixes de cultivo que não apresentam valor comercial.

Moreira et al. (2019) relataram o enriquecimento de pães de forma com farinha de dourado (*Coryphaena hippurus*). De acordo com o trabalho, as formulações contendo 7,5% e 15% de farinha de dourado apresentaram um aumento no conteúdo proteico, lipídico e cinzas em relação ao conteúdo proteico do pão padrão, com percentual de aceitação superior a 58%. Santos et al. (2013), ao enriquecerem pão integral com polpa úmida de tilápia do Nilo, relataram o aumento do quantitativo proteico do pão enriquecido quando comparado ao pão integral convencional, com uma aceitação ao redor de 80%.

Costa et al. (2016) relataram um protocolo para elaboração de farinha a partir de CMS de tilápia seca com e sem salga. Segundo os autores, as farinhas sem pré-tratamento obtidas a 50°C e 60°C resultaram na melhor composição nutricional em termos de aminoácidos e ácidos graxos EPA e DHA, apresentando elevadas concentrações de minerais como ferro e fósforo. Ainda segundo os autores, a farinha de CMS de tilápia pode ser uma excelente fonte de potássio e magnésio, mostrando-se uma alternativa viável para agregação de valor aos resíduos da filetagem deste peixe.

A aceitação de *nuggets* de peixe sem glúten, com adição de ervas aromáticas e utilizando-se CMS de sororoca (*Scomberomorus brasiliensis*), foi testada por Evangelista-Barreto et al. (2016), que demonstraram que o produto final apresentou bons atributos nutricionais, microbiológicos e sensoriais podendo ser inserido no mercado para o consumidor, incluindo os celíacos, e promovendo uma maior acessibilidade a este produto.

A exemplo da problemática do glúten em relação aos consumidores celíacos, o alto teor de sódio também é considerado um fator limitante na comercialização de produtos semiprontos de preparo rápido, pois é cientificamente comprovado que a

ingestão diária em excesso de sal promove um impacto negativo na saúde, como o aumento da pressão arterial, hipertensão e doenças cardiovasculares (ALHASSAN et al., 2017). Deste modo, a substituição total ou parcial do cloreto de sódio por outros sais vem sendo testada como forma de oferecer produtos com menor teor de sódio. Um exemplo disso foi o desenvolvimento de um patê de siri preparado com sal de ervas em substituição ao cloreto de sódio, uma alternativa à redução de sal nos alimentos com potencial inserção no mercado, visto que o patê apresentou boa aceitação global e intenção de compra entre os provadores (EVANGELISTA-BARRETO et al., 2019a). Ainda nessa linha de estudo, o grupo de pesquisadores também avaliou a aceitação sensorial de reestruturados tipo *nuggets* de pescado (*Cynoscion* spp.) sem glúten, sabor defumado e com redução de sódio, e a intenção de compra variou entre “compraria frequentemente” e “compraria ocasionalmente” (EVANGELISTA-BARRETO et al., 2019b).

O surimi é uma pasta proteica miofibrilar inodora e branca preparada a partir da polpa de peixe desossada durante o processo de lavagem para remover lipídios e substâncias indesejáveis (PRIYADARSHINI et al., 2017). Sua utilização em produtos alimentícios tem sido uma forma de agregar valor aos alimentos aquáticos (LIU et al., 2014). Moosavi-Nasab, Asgari e Oliyaei (2019) demonstraram que *nuggets* de surimi elaborados a partir de *Scomberoides commersonianus* podem ser uma alternativa para produtos prontos a base de pescado, ao demonstrarem que os *nuggets* de surimi apresentaram melhores parâmetros físico-químicos, microbiológicos e aceitação sensorial quando comparados aos *nuggets* elaborados com peixe.

Nos últimos anos, tem-se observado uma popularidade da ciência alimentar funcional (BALDASSANO et al., 2018). Neste novo campo da nutrição ocorre uma mescla do conhecimento sobre a alimentação com a saúde e a fisiologia humana para contrastar

ou retardar o envelhecimento e as doenças relacionadas à idade (AIELLO et al., 2016). O desenvolvimento de produtos funcionais pode incorporar uma gama de ingredientes com propriedades bioativas e/ou dietéticas, como fibras, proteínas, prebióticos, probióticos, compostos antioxidantes, entre outros (KUMAR et al., 2013).

Neste contexto, tem crescido as pesquisas com a suplementação de farinha de banana verde – FBV ou biomassa de banana verde – BBV e a quitosana. A quitosana é um polissacarídeo helicoidal descoberto no exoesqueleto de crustáceos, como camarão, caranguejo, lagosta, camarão, insetos e outros artrópodes. Derivada da quitina, é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza (PREMASUDHA; VANATHI; ABIRAMI, 2017). Por sua capacidade em formar uma matriz coesa, não tóxica, biodegradável, com forte ação antimicrobiana e antifúngica, pode ser utilizada na produção de filmes e revestimentos comestíveis ou até mesmo como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos (INANLI et al., 2020). Recentemente, Vieira et al. (2019) comprovaram que a utilização de revestimentos comestíveis a base de quitosana e óleo essencial de cravo foi promissor como conservante natural, pois inibiu a oxidação lipídica e a atividade microbiana responsáveis pela deterioração de filés de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) congelados durante 120 dias. Segundo os autores, a aplicação de revestimentos comestíveis tem sido atualmente usada como uma alternativa à preservação de produtos cárneos quanto ao uso de conservantes químicos, como os antioxidantes BHT (hidroxitolueno butilato) e BHA (hidroxianisol butilado).

Revestimentos em peixes usando quitosana também foram relatados por Farsanipour, Khodanazary e Hosseini (2020), usando quitosana e óleo essencial de *Artemisia dracunculus* em filés de *S. commersonianus*; Li et al. (2019), em filés de linguado (*Cynoglossus semilaevis*) refrigerados e revestidos com quitosana e ácido rosmarínico; Kim et al. (2018), em camarões (*Litopenaeus vannamei*)

revestidos com quitosana e extrato de semente de toranja; e Ebadi et al. (2019), em filés de *Nemipterus japonicus* revestidos com quitosana e extrato de própolis, aumentando em mais de 10 dias a vida útil dos filés mantidos sob refrigeração quando em comparação com a amostra controle.

A quitosana também tem sido aplicada no desenvolvimento de filmes inteligentes, como demonstrado por Wu et al. (2019a) ao produzirem um filme inteligente com a imobilização de diferentes concentrações de antocianinas de farelo de arroz preto em nanocristais de quitina oxidada/quitosana. Os autores relataram que a concentração de 3% permitiu monitorar a deterioração de peixes e camarão por mudanças visíveis de cor. Em outro trabalho, Wu et al. (2019b) demonstraram que o filme inteligente produzido a partir de curcumina incorporada na matriz de nanocristais de quitosana/quitina oxidada, na concentração de 10% de curcumina, apresentou melhor desempenho, com propriedades de barreira contra o vapor de água, luz UV e resistência mecânica. Além disso, foi possível monitorar a deterioração da cauda do camarão pela alteração da cor do filme em virtude da mudança de pH.

As bolinhas de peixe são conhecidas por apresentarem uma vida útil curta quando mantidas a 5°C (4-5dias). Kok e Park (2007) relataram o aumento do prazo de validade de bolinhas de peixe adicionadas de quitosana em 21 dias, armazenadas a 4°C. Já a salsicha de peixe produzida com carne moída de *Pangasianodon hypophthalmus*, contendo 0,25% de quitosana, apresentou melhores atributos funcionais e físico-químicos necessários para a obtenção de um produto de qualidade e pronto para o consumo (CHATTOPADHYAY et al., 2019).

A farinha de banana verde se destaca por apresentar elevado teor de amido resistente – AR - quando comparada a outras fontes desse composto. Segundo Pereira (2007), o AR é fisiologicamente semelhante à fibra solúvel e quimicamente análogo à fibra insolúvel.

Esse comportamento permite que a ingestão de AR proporcione inúmeros benefícios, como a fermentabilidade, a produção de ácidos graxos de cadeia curta e a redução do tempo do trânsito fecal. Além disso, a FBV é produto sem aroma, textura e sabor marcantes, podendo ser incorporado na formulação de diversos produtos, pois apresenta propriedades reológicas semelhantes às da farinha de trigo. Desse modo, a FBV apresenta grande potencial como substituto à farinha de trigo tradicionalmente utilizada na maioria das formulações de produtos atualmente disponíveis no mercado, sendo capaz de promover uma menor dependência do trigo e uma maior acessibilidade e, conseqüentemente, abertura de mercado (VIANA et al., 2018).

Conservantes sintéticos vs naturais

Os avanços tecnológicos são uma realidade inevitável, que geram novos conceitos e mudança nos hábitos alimentares. Em uma perspectiva otimista e benéfica da influência desses avanços para as pessoas, os indivíduos se mostram preocupados com a manutenção de vida saudável, predispostos a diminuir o consumo de substâncias sintéticas e agregar em sua dieta alimentos naturais. Nesse contexto, o consumo de peixes e seus derivados é relevante por ser considerado parte de um padrão alimentar saudável. No entanto, além de ser propenso à deterioração por reações enzimáticas e ação microbiológica, o preparo, o processamento e a elaboração de novos produtos demandam a utilização de substâncias que promovam sabor diferenciado, prolonguem a validade e mantenham suas características nutricionais (CARLUCCI et al., 2015; RIBEIRO et al., 2019).

Para tanto, a indústria alimentícia faz uso de compostos fenólicos sintéticos com ação antioxidante, como hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA) e terc-butil hidroquinona

(TBHQ), que apresentam uma eficiente ação na estabilidade oxidativa. Contudo, fatores como concentração eficaz, estabilidade térmica e sinergismo desencadeiam a necessidade de utilizar-se um consórcio desses químicos para alcançar o efeito desejado, o que causa efeitos adversos à saúde do consumidor (YEHYE et al., 2015).

Fundamentada na tendência dos consumidores em escolher alimentos que apresentem, em sua composição, aditivos naturais em detrimento aos sintéticos, a indústria compreende uma oportunidade de inovação rotulada que atende não só aos requisitos de saúde humana como, também, de conservação do alimento. Os efeitos dos compostos bioativos e a potente ação conjunta em baixas concentrações lhes confere benefícios de qualidade antioxidante e antimicrobiana, simultaneamente (CAROCHO et al., 2015), em especial na tecnologia do pescado (CARRIÓN-GRANDA et al., 2016; EBADI et al., 2019; RIBEIRO et al., 2019).

Diversas fontes de conservantes naturais têm sido exploradas em estudos de otimização de seus compostos bioativos atribuídos à alimentação, com destaque para a quitosana de origem animal, óleos essenciais e extratos de fonte vegetal, bactérias do ácido láctico e bacteriocinas de fontes microbiológicas, e ácido orgânico de diferentes fontes, todas com grande potencial para uso em pescado (BAPTISTA et al., 2020). Todos esses conservantes constituem uma alternativa aos aditivos químicos sintéticos e outras técnicas de preservação que podem afetar os atributos sensoriais do pescado e a saúde do consumidor. Ainda que a demanda por produtos prontamente disponíveis tenha impulsionado o mercado a uma variedade de produtos elaborados sob diferentes técnicas de processamento, há uma exigência por parte dos consumidores pela manutenção das características originais do pescado e seus derivados (CARLUCCI et al., 2015).

Pesquisadores em conjunto com a indústria de alimentos buscam desenvolver novas aplicações, tecnologias, produtos, metodologias e

soluções para a correta e oportuna aplicação dos conservantes e aditivos naturais, a fim de reduzir a carga de processamento sem perder os padrões de sanidade e conservação dos produtos. Almeja-se, com isso, proporcionar às pessoas bem estar e segurança no consumo de alimentos isentos de substâncias alergênicas, tóxicas ou cancerígenas (CAROCHO et al., 2018).

Atividade antioxidante e antimicrobiana

As ações antioxidantes e antimicrobianas certamente exercem maior destaque nos estudos de conservação dos alimentos e preservação da saúde. Os polifenóis, terpenos, esteroides e alcaloides provenientes do metabolismo secundário das plantas estão entre as classes de maior eficácia para o uso na preservação dos alimentos, sem causar modificações organolépticas em suas propriedades. Podendo ser adicionados em consórcio ou purificados individualmente, estes compostos apresentam inúmeros benefícios tanto para a preservação do alimento quanto para a saúde (CAROCHO et al., 2015).

A estrutura química dos compostos bioativos define seus mecanismos de ação tanto antioxidante quanto antimicrobiano. Do ponto de vista da ação oxidativa nos alimentos, uma das principais causas de deterioração está relacionada à fração lipídica que envolve uma reação em cadeia de radicais livres, iniciada pela exposição dos lipídios à luz, calor, íons metálicos ou radiação ionizante (FERRARI, 1998; SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015). Os compostos fenólicos, classificados como antioxidantes primários, estão entre os principais agentes de reversão desse processo, tanto no organismo quanto nos produtos, pois se apresentam como sequestradores dos radicais livres, atrasando ou inibindo o processo de iniciação oxidativa, ou ainda, interrompendo as etapas subsequentes da oxidação e diminuindo a formação de produtos de decomposição volátil, em

especial, os aldeídos e cetonas (SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015).

O mecanismo de ação antimicrobiana está diretamente relacionado ao grupo de microrganismo alvo. As formas de atuação incluem: (a) solubilização da membrana plasmática e das mitocôndrias e a interação com a porção hidrofóbica de proteínas, ambas ocasionadas por hidrocarbonetos lipofílicos como terpenos e fenólicos; (b) retardamento no crescimento por ação no DNA e RNA dos microrganismos, realizado, principalmente pela ação das cumarinas e alcaloides; (c) hidroperóxidos gerados a partir de polifenóis por oxigenação de ácidos graxos insaturados; (d) modificações na permeabilidade da membrana, no transporte de substâncias e interrupção na cadeia de transporte de elétrons, danos causados com a presença de ácidos orgânicos (BAPTISTA et al., 2020).

Por apresentar forte atividade antioxidante e antimicrobiana, os extratos vegetais, óleos essenciais, própolis, farinha e a biomassa de banana verde, adicionados à quitosana ou outros biopolímeros, têm sido alvo de pesquisas para o desenvolvimento de produtos à base de pescado a fim de substituir os aditivos químicos sintéticos sem alterar as características sensoriais e atribuir efeitos nutricionais. Esses estudos vêm sendo desenvolvidos no Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Ambiental e Tecnologia do Pescado, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, e apresentam resultados satisfatórios para a substituição total ou parcial dos conservantes sintéticos na formulação de hambúrgueres, *nuggets*, biscoitos e revestimentos comestíveis em filés de peixe.

Rodrigues et al. (2020), ao avaliarem o efeito de diferentes extratos de algas marinhas, relataram que o extrato de *Padina gymnospora* apresentava melhor atividade antioxidante e antimicrobiana, e ao testarem o revestimento comestível em uma matriz de alginato de sódio, os autores relataram maior efeito antioxidante do extrato da alga em filés de robalo (*Centropomus undecimalis*) após armazenamento de 120 dias a -18°C , quando comparado ao antioxidante sintético

BHT. Em outro estudo Vieira et al. (2019), utilizando quitosana e óleo essencial de cravo no revestimento de tambaqui, demonstraram que o óleo essencial de cravo foi capaz de inibir o crescimento de *E. coli*, *L. monocytogenes*, *P. aeruginosa*, *S. enteritidis* e *S. aureus* em concentrações entre 0,08 à 0,32%. Evangelista-Barreto et al. (2018), estudando o óleo essencial de orégano, relataram que concentrações de 50 µg/mL a 800 µg/mL do óleo foi eficiente na inibição de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, e ao ser usado na concentração de 0,08% em linguiça de peixe, apresentou atividade antimicrobiana, melhorando a conservação do alimento.

Além disso, pesquisas recentes que envolvem extratos de algas e misturas de óleos essenciais são relatadas na literatura com resultados promissores para a conservação do pescado e seus produtos. Zhang et al. (2019) avaliaram o efeito antioxidante e prebiótico de algas vermelhas, indicando seu uso na indústria de alimentos e rações. Elshobary et al. (2020), investigando os efeitos antimicrobiano e antioxidante de extratos de algas verdes em acetona e metanol, relataram diferentes respostas relacionadas aos solventes orgânicos utilizados, onde o extrato de acetona apresentou maior atividade antimicrobiana e o extrato de metanol apresentou maior ação antioxidante. Segundo os autores, a presença seletiva de inúmeros compostos bioativos, em uma variedade de extratos brutos, pode apoiar seu uso como alimento funcional e nutracêutico.

Shankar et al. (2019) estudaram o efeito combinado do revestimento de uma mistura de óleos essenciais e extrato de citros na conservação de filés de *Merluccius* sp. armazenados a 4°C, e relataram um aumento na vida útil dos filés em 10 dias. Shahbazi e Shavisi (2019), ao revestirem filés de carpa (*Hypophthalmichthys molitrix*) com alginato de sódio contendo óleo essencial de *Mentha spicata*, estenderam em 14 dias a vida útil dos filés.

Conclusões

Baseado no que foi exposto, estudos fundamentados em avaliar os métodos de obtenção e potencialização no uso dos conservantes naturais em substituição aos conservantes sintéticos são importantes para a indústria de alimentos, em especial na tecnologia e beneficiamento do pescado que são setores em crescente ascensão econômica e social extremamente importantes por tratarem de produtos que apresentam alto índice de perecibilidade.

Referências

ABUJAH, C. I.; OGBONNA, A. C.; OSUJI, C. M. Functional components and medicinal properties of food: A review. **Journal of Food Science e Technology**, v.52, n.5, p.2522- 2529, 2015.

ABDELZAHER, L. A. et al. Astaxanthin alleviates oxidative stress insults-related derangements in human vascular endothelial cells exposed to glucose fluctuations. **Life Sciences**, v.1501, p.24-31, 2016.

AIELLO, A. et al. Nutrigerontology: A key for achieving successful ageing and longevity. **Immunity & Ageing**, v.13, p.2-5, 2016.

ALHASSAN, A. et al. Consumption of fish and vascular risk factors: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. **Atherosclerosis**, v.266, p.87-94, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Alimentos. Comissões e Grupos de Trabalho. Comissão Tecnocientífica de Assessoramento em Alimentos Funcionais e Novos Alimentos. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/ Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. Atualizado em: julho de 2008. IX- **Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas.**

Disponível em: < [http:// www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega. htm](http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm)>. Acesso em: 28 de março de 2013.

BALDASSANO, S. et al. Fibres as functional foods and the effects on gut hormones: The example of β -glucans in a single arm pilot study. **Journal of Functional Foods**, v.47, p.264-269, 2018.

BAPTISTA, R. C.; HORITA, C. N.; SANT'ANA, A. S. Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review. **Food Research International**, v.127, p.108762, 2020.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar – Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.57, n.6, p.397-405, 2013.

BURGER, J.; HOUHFELD, M. Perceptions of the risks and benefits of fish consumption: Individual choices to reduce risk and increase health benefits. **Environmental Resources**, v.109, n.3, p.343-349, 2009.

CANAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A química dos alimentos funcionais. **Química e Sociedade**, v.41, n.3, p.216-223, 2019.

CARLUCCI, D. et al. Consumer purchasing behaviour towards fish and seafood products. Patterns and insights from a sample of international studies. **Appetite**, v.84, p.212-227, 2015.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: Quo vadis? **Trends in Food Science & Technology**, v.45, p.284-295, 2015.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. **Trends in Food Science & Technology**, v.71, p.107-120, 2018.

CARRIÓN-GRANDA, X. et al. Improvement of the microbiological quality of ready-to-eat peeled shrimps (*Penaeus vannamei*)

by the use of chitosan coatings. **International Journal Food Microbiology**, v.232, p.144-149, 2016.

CHAN, K.-C.; CHEN, S.-C.; CHEN, P.-C. Astaxanthin attenuated thrombotic risk factors in type 2 diabetic patients. **Journal of Functional Foods**, v.53, p.22-27, 2019.

CHATTOPADHYAY, K. et al. Chitosan hydrogel in fish mince based emulsion sausages effect of gel interaction on functional and physicochemical qualities. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.1341, p.1063-1069, 2019.

COSTA, J. F. et al. Utilização de carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia na elaboração de farinha com alto valor nutricional. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.42, n.3, p.548-565, 2016.

EBADI, Z. et al. The shelf life extension of refrigerated *Nemipterus japonicus* fillets by chitosan coating incorporated with propolis extract. **International Journal Biological Macromolecules**, v.139, p.94-102, 2019.

ELSHOBARY, M. E. et al. Antimicrobial and antioxidant characterization of bioactive components from *Chlorococcum minutum*. **Food Bioscience**, v.35, p.100567, 2020.

ELVEVOLL, E. O. et al. Enhanced incorporation of *n*-3 fatty acids from fish compared with fish oils. **Lipids**, v.41, p.1109-1114, 2006.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; SILVA-ROCHA, J. B.; SILVA-LEDO, C. A. Elaboração de biscoitos e sopa usando farinha de peixe. **Arquivos de Ciências do Mar**, v.48, n.1, p.57-61, 2015.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S. et al. Elaboração de *nuggets* de sororoca (*Scomberomorus brasiliensis*) sem glúten e saborizados com manjeriço e alecrim. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.9, n.2, p.107-119, 2016.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; COSTA JUNIOR, P. S. P.; VIEIRA, B. B. Control of psychrotrophic bacteria and *Escherichia coli*

in frescal type fish sausage using oregano essential oil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.44, p.68-73, 2018.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S. et al. Aceitação sensorial de reestruturados empanados de pescada sem glúten, sabor defumado e com redução de sódio In: Flávio Ferreira Silva (org.). **Aquicultura e Pesca: Adversidades e Resultados 2**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019b. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook/2701>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S. et al. Elaboração de patê de siri usando sal de ervas em substituição ao cloreto de sódio. In: Flávio Ferreira Silva (org.). **Qualidade de produtos de origem animal 1**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019a. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook/2761>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

FAO. Food and Agricultural Organization. **The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainable in action**. Roma, Italy. 2020. 28p.

FARSANIPOUR, A.; KHODANAZARY, A.; HOSSEINI, S. M. Effect of chitosan-whey protein isolated coatings incorporated with tarragon *Artemia dracunculus* essential oil on the quality of *Scomberoides commersonnianus* fillets at refrigerated condition. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.15515, p.766-771, 2020.

FERNANDES, A. C. et al. Benefits and risks of fish consumption for the human health. **Revista de Nutrição**, v.25, n.2, p.283-295, 2012.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista de Nutrição**, v.11, n.1, p.3-14, 1998.

FERREIRA, C. L. L. F. Grupo de bactérias lácticas – Caracterização e aplicação tecnológica de bactérias probióticas. In: FERREIRA, C. L. L. F. **Prebióticos e probióticos: Atualização e prospecção**. Viçosa: Rubio, 2003. p.1-28.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Atheneu, 608p., 2011.

HENGEVELD, L. M. et al. Fish consumption and risk of stroke, coronary heart disease, and cardiovascular mortality in a Dutch population with low fish intake. **European Journal of Clinical of Nutrition**, v.72, p.942-950, 2018.

HOSOMI, R.; YOSHIDA, M.; FUKUNAGA, K. Seafood Consumption and Components for Health. **Global Journal of Health Science**, v.4, n.3, p.72-86, 2012.

INANLI, A. G. et al. The impact of chitosan on seafood quality and human health: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.97, p.404-416, 2020.

IOM - Institute of Medicine and NRC - National Research Council. 2015. **A framework for assessing effects of the food system**. Washington, DC: The National Academies Press. 2015.

KAUR, N.; CHUGH, V.; GUPTA, A. K. Essential fatty acids as functional components of foods - A review. **Journal of food science and technology**, v.51, n.10, p.2289-2303, 2012.

KECHAGIA, M. et al. Health benefits of probiotics: A review. **ISRN Nutrition**, v.ID 481651, p.1-7, 2013.

KIM, J.-H.; HONG, W.-S.; OH, S. W. Effect of layer-by-layer antimicrobial edible coating of alginate and chitosan with grapefruit seed extract for shelf-life extension of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) stored at 4°C. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.120, v. part B, p.1468-1473, 2018.

KOK, T. N.; PARK, J. W. Extending the shelf life of set fish ball. **Journal of Food Quality**, v.30, p.1-27, 2007.

KUMAR, V. et al. Quality and storability of chicken nuggets formulated with green banana and soybean hulls flours. **Journal of Food Science and Technology**, v.50, n.6, p.1058-1068, 2013.

LI, N. et al. Coating effects of -polylysine and rosmarinic acid combined with chitosan on the storage quality of fresh half-smooth

tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther) fillets. **Coatings**, v.9, n.4, p.273, 2019.

MAO, C. et al. Technology foresight for social good: Social implications of technological innovation by 2050 from a global expert survey. **Technological Forecasting and Social Change**, v.153, p.119914, 2020.

MIRANDA, J. et al. Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. **Nutrients**, v.7, n.1, p.706-729, 2015.

MOHAMED, S. Functional foods against metabolic syndrome (obesity, diabetes, hypertension and dyslipidemia) and cardiovascular disease. **Trends in Food Science & Technology**, v.35, n.2, p.114-128, 2014.

MOOSAVI-NASAB, M.; ASGARI, F.; OLIYAEIL, N. Quality evaluation of surimi and fish nuggets from Queen fish (*Scomberoides commersonianus*). **Food Science & Nutrition**, v.7, n.10, p.3206-3215, 2019.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.3, n.2, p.99-112, 2006.

MOREIRA, D. M. et al. Pão de forma enriquecido com farinha de dourado (*Coryphaena hippurus*): uma alternativa para o incremento de consumo de pescado sob a forma processada. **Revista Ihes Ciência**, v.5, n.2, p.230-241, 2019.

OSTAD, S. et al. Live and heat-inactivated lactobacilli from feces inhibit *Salmonella typhi* and *Escherichia coli* adherence to Caco-2 cells. **Folia Microbiologica**, v.54, n.2, p.157-160, 2009.

PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. **Journal of Nutritional Science**, v.5, n.e47, p.1-15, 2016.

PATEL, P. S. et al. Association between type of dietary fish and seafood intake and the risk of incident type 2 diabetes: the European

prospective investigation of cancer (EPIC)-Norfolk cohort study. **Diabetes Care**, v.32, n.10, p.1857-63, 2009.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.88-92, 2007.

PEIXE BR. **Peixe Br lança campanha para aumento do consumo de peixes de cultivo no país**. disponível em: < <https://www.peixebr.com.br/peixe-br-lanca-campanha-para-aumento-do-consumo-de-peixes-de-cultivo-no-pais/>>. Acesso em: 08 de julho de 2020.

PINTO, V. V. B. et al. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v.2, n.2, p.15-26, 2017.

PRABHAKAR, P. K. et al. A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. **Food Research International**, v.133, p.109157, 2020.

PREMASUDHA, P.; VANATHI, P.; ABIRAMI, M. Extraction and characterization of chitosan from crustacean waste: a constructive waste management approach. **International Journal of Science and Research**, v.7, n.7, p.1194-1198, 2017.

PRIYADARSHINI, B. et al. Instrumental quality attributes of single washed surimi gels of tilapia: Effect of different washing media. **LWT – Food Science and Technology**, v.86, p.385-392, 2017.

RAATZ, S. K. et al. Issues of fish consumption for cardiovascular disease risk reduction. **Nutrients**, v.5, p.1081-1097, 2013.

RAFIQ, S. et al. Citrus peel as a source of functional ingredient: A review. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.17, n.4, p.351-358, 2016.

RIBEIRO, A. R. et al. Farmed fish as a functional food: Perception of fish fortification and the influence of origin – Insights from Portugal. **Aquaculture**, v.501, p.22-31, 2019.

RODRIGUES, A. V. N. et al. Oxidative and microbial stability of sea bass fillets containing *Padina gymnospora* extract stored under frozen conditions. **Brazilian Journal Development**, v.6, p.11487-11509, 2020.

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

SHANKAR, S.; DANNEELS, F.; LACROIX, M. Coating with alginate containing a mixture of essential oils and citrus extract in combination with ozonation or gamma irradiation increased the shelf life of *Merluccius* sp. fillets. **Food Packaging and Shelf Life**, v.22, p.100434, 2019.

SILVA, A. O. et al. Antioxidant power of carotenoids, flavonoids and vitamin e in preventing arteriosclerosis. **Revista Ciência & Saberes - UniFacema**, v.2, n.4, p.320-324, 2016.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. 2328 Texto para discussão. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 35p., 2017.

SHAHBAZI, Y.; SHAVISI, N. Effects of sodium alginate coating containing *Mentha spicata* essential oil and cellulose nanoparticles on extending the shelf life of raw silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets. **Food Science and Biotechnology**, v.28, n.2, p.433-440, 2019.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.71, n.1, p.1-10, 2012.

STROM-ANDERSEN, N. Innovation and by-product valorization: A comparative analysis of the absorptive capacity of food processing firms. **Journal of Cleaner Production**, v.253, p.119943, 2020.

TAMANG, J. P. et al. Functional properties of microorganisms in fermented foods. **Frontiers in Microbiology**, v.7, n.1, p.578-590, 2016.

TRIPATHI, M.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v.9, p.225-241, 2014.

VIANA, E. S. et al. Application of green banana flour for partial substitution of wheat flour in sliced bread. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.39, n.6, p.2399-2408, 2018.

VIDAL, A. M. et al. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde**, v.1, n.15, p.43-52, 2012.

VIEIRA, B. B. et al. Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stored tambaqui (*Colossoma macropomum*) fillets. **LWT- Food Science and Technology**, v.116, p.108546, 2019.

WENDLING, L. K; WESCHENFELDER, S. Probióticos e alimentos lácteos fermentados - uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.68, n.395, p.49-57, 2013.

WILSON, D. et al. The role of food antioxidants, benefits of functional foods, and influence of feeding habits on the health of the older person: An overview. **Antioxidants**, v.6, n.4, p.81-88, 2017.

WU, C. et al. Preparation of an intelligent film based on chitosan/oxidized chitin nanocrystals incorporating black rice bran anthocyanins for seafood spoilage monitoring. **Carbohydrate Polymers**, v.222, p.115006, 2019a.

WU, C. et al. Effect of oxidized chitin nanocrystals and curcumin into chitosan films for seafood freshness monitoring. **Food Hydrocolloids**, v.95, p.308-317, 2019b.

YEHYE, W. A. et al. Understanding the chemistry behind the antioxidante activities of butylated hydroxytoluene (BHT): A review. **European Journal Medicinal Chemistry**, v.101, p.295-312, 2015.

YOSHIDA, H. et al. Administration of natural astaxanthin increases serum HDL-cholesterol and adiponectin in subjects with mild hyperlipidemia. **Atherosclerosis**, v.209, p.520-523, 2010.

ZENDEBOODI, F. et al. Probiotic: conceptualization from a new approach. **Current Opinion in Food Science**, v.32, p.103-123, 2020.

ZHANG, Y. H. et al. Antioxidant capacity and prebiotic effects of *Gracilaria neoagaro* oligosaccharides prepared by agarase hydrolysis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.137, p.177-186, 2019.

Caranguejo-uçá: bioecologia, pesca e conservação

Tháís Arrais Mota
Sérgio Schwarz da Rocha
Norma Suely Evangelista-Barreto

Introdução

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, restrito a zonas tropicais e subtropicais do mundo (SANTOS et al., 2014; GIRI, 2016) e que ocupa ambientes sujeitos ao regime de marés, tais como: estuários, lagoas costeiras, baías e deltas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Toda a costa brasileira, com exceção do estado do Rio Grande do Sul, contém florestas de mangue (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000), totalizando cerca de 9.900 km² em 2018 (DINIZ et al., 2019), o que corresponde à segunda maior extensão desse ecossistema no mundo (SANTOS; NASCIMENTO; ACCIOLY, 2017). Os estados do Maranhão, Pará, Amapá e Bahia possuem as maiores áreas de manguezais no Brasil, correspondendo a, aproximadamente, 85% da área total de mangue no país (DINIZ et al., 2019).

O sedimento do manguezal costuma ser salino, argiloso e encharcado, com altos níveis de matéria orgânica (ARRIVABENE et al., 2014). Desta forma, sua vegetação característica, conhecida como mangue, possui mecanismos de adaptação que possibilitam seu crescimento em área alagada, banhada de água salobra ou salgada, com baixa disponibilidade de oxigênio e substrato inconsolidado (ALVES, 2001). No Brasil são encontradas três espécies principais de mangue: *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) e *Avicennia schaueriana* (mangue-preto) (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018).

Rhizophora mangle é caracterizada por suas ramificações laterais, denominadas rizóforos (popularmente conhecidas como “raízes escora”), as quais possuem aspecto emaranhado e possibilitam a sustentação da planta em solo encharcado (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018). Por esta razão, esta espécie é característica de áreas mais inundadas com solo lodoso (SCHMIDT et al., 2009). Além disso, o mangue vermelho possui lenticelas no caule a fim de realizar trocas gasosas (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018). Já *L. racemosa* e *A. schaueriana* apresentam pneumatóforos, embora em *L. racemosa* estas estruturas estejam em menor quantidade. Pneumatóforos são raízes aéreas que partem do solo em direção à superfície e permitem a realização de trocas gasosas, possibilitando a sobrevivência da planta em um solo pobre em oxigênio (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018).

O ecossistema manguezal é considerado um dos mais produtivos do planeta, desempenhando diversas funções ecológicas, tais como: proteção da linha de costa contra ação erosiva das ondas e marés; retenção de sedimentos carregados pelos rios; e habitat e local de reprodução de muitas espécies (KOCH; WOLFF, 2002; GIRI et al., 2011; SANTOS et al., 2016; SOUZA et al., 2018). Segundo Murdiyarto et al. (2015), manguezais da Indonésia sequestram, anualmente, duas a quatro vezes mais carbono que as florestas tropicais e armazenam de três a quatro vezes mais carbono por área equivalente quando comparados às florestas tropicais.

Um estudo realizado por Wolff; Koch e Vitória (2000), concluiu que 99% da biomassa total dos manguezais é composta pelas três espécies vegetais citadas acima, contribuindo com cerca de 60% da produção primária do ecossistema. A biomassa restante é distribuída entre os domínios pelágico e bentônico nas proporções de 10% e 90%, respectivamente (WOLFF; KOCH; VITÓRIA, 2000). A principal fonte de alimento primário dos manguezais é a serrapilheira, a qual é consumida diretamente por organismos herbívoros (principalmente

caranguejos terrestres, *Ucides cordatus*) ou detritívoros (após metabolização por bactérias) (WOLFF; KOCH; VITÓRIA, 2000). Por fim, estes autores também concluíram que peixes e camarões contribuem pouco para o ciclo energético dos manguezais.

A fauna do manguezal é composta, principalmente, por espécies de peixes, moluscos e crustáceos, incluindo espécies de interesse comercial (SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2019). Em um manguezal da região Norte do Brasil, por exemplo, sete espécies de crustáceos decápodes e uma de molusco gastrópode representam, aproximadamente, 95% da biomassa epifaunal total (KOCH; WOLFF, 2002). Além disso, os manguezais são considerados “berçários naturais”, abrigando diversas espécies que migram para os mangues durante o período reprodutivo (SCHAEFFER-NOVELLI, 2018).

Do ponto de vista socioeconômico, os manguezais apresentam enorme relevância, pois fornecem alimentos, medicamentos, combustível e materiais de construção para comunidades ribeirinhas (GIRI et al., 2011; GIRI, 2016). Segundo Giri (2016), o valor econômico das florestas de mangue mundiais varia entre US\$ 475,00 e US\$ 11.675,00 por hectare, por ano. Particularmente no Brasil, dentre todas as atividades econômicas relacionadas com o ecossistema manguezal, a pesca artesanal se destaca, pois fornece meios de subsistência para diversas comunidades ribeirinhas das regiões costeiras (COSTA; PITOMBO; GOMES, 2014; SANTOS et al., 2019). Estima-se que, em alguns estados brasileiros, os manguezais contribuam com cerca de 50% da produção total da pesca artesanal (FABIANCIC; TREBUCQ, 2018).

Estudos apontam que a pesca artesanal nos manguezais brasileiros é realizada principalmente por homens, com embarcações e variados petrechos de pesca, a depender do recurso que se quer explorar. Por outro lado, a mariscagem é exercida por mulheres e crianças para a extração de moluscos e crustáceos (HATJE; ANDRADE, 2009; NASCIMENTO et al., 2011; VASQUES et al., 2011).

Com relação aos recursos faunísticos, Vasques et al. (2011) registraram que os moradores de Taipús de Dentro, estado da Bahia, coletam crustáceos (principalmente o caranguejo-uçá), moluscos (principalmente ostra) e onze tipos de peixes. Além disso, há também o registro da exploração de madeira, de árvores e de mangue para a construção de residências, armadilhas de pesca e como lenha (WOLFF; KOCH; VITÓRIA, 2000; VASQUES et al., 2011).

Bioecologia do caranguejo-uçá

Ucides cordatus (Linnaeus, 1763), conhecido popularmente como caranguejo uçá (Figura 1), é um crustáceo decápode semiterrestre de grande porte, encontrado exclusivamente em ambiente estuarino (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Recentemente, Shih et al. (2016) se basearam em dados moleculares para reposicionar a família monogenérica Ucididae Števcíć, 2005 como uma subfamília de Ocypodidae (Rafinesque, 1815). Desta forma, a família Ocypodidae está agora constituída por três subfamílias, a saber: Ocypodinae Rafinesque, 1815, Gelasiminae Miers, 1886 e Ucidinae Števcíć, 2005 (SHIH et al., 2016). Esta última inclui um único gênero, *Ucides* Rathbun, 1897, com as espécies *U. cordatus* e *Ucides occidentalis* (Ortmann 1897).

Morfológicamente, *U. cordatus* apresenta carapaça levemente oval e sua coloração varia do azul celeste ao marrom escuro, alterando conforme o estágio de muda; os pedúnculos oculares são bem desenvolvidos e os apêndices possuem coloração roxa (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Geralmente apresentam heteroquelia, ou seja, quelípodes desiguais (PINHEIRO et al., 2016). Na fase adulta, estima-se que a espécie possa atingir 100 mm de largura de carapaça e pesar 350 g (PINHEIRO; FISCARELLI; HATTORI, 2005; DIAS-NETO et al., 2011; PINHEIRO et al., 2016). Entretanto, o maior tamanho registrado na literatura foi de 96 mm de largura de carapaça (LC)

para machos (BRANCO 1993) e de 89 mm para fêmeas (IVO; DIAS; MOTA, 1999).

Frequentemente, machos e fêmeas são diferenciados externamente investigando a morfologia do abdome, que nos machos é estreito e alongado lembrando um formato triangular, enquanto as fêmeas possuem o abdome largo, semicircular (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Além disso, os apêndices torácicos (pereópodes) dos machos adultos possuem grande quantidade de cerdas, cujo número é extremamente reduzido nas fêmeas (MELO, 1996). De modo geral, os machos são ligeiramente maiores que as fêmeas (COSTA, 1979; PINHEIRO; FISCARELLI, 2001; PINHEIRO; FISCARELLI; HATTORI, 2005).

A distribuição geográfica do caranguejo-uçá restringe-se à costa atlântica do continente americano, desde o estado da Flórida (EUA) até a cidade de Laguna, no estado de Santa Catarina, na região sul do Brasil (MELO, 1996; PINHEIRO et al., 2016). A espécie é endêmica dos manguezais, onde cava galerias no sedimento (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Segundo Koch e Wolff (2002), *U. cordatus* corresponde a 76% da biomassa total da comunidade epibêntica, sendo, portanto, a espécie dominante em áreas de manguezais. A ação de bioturbação para a construção de suas galerias promove o revolvimento do sedimento, favorecendo sua oxigenação e drenagem (WOLFF; KOCH; VITÓRIA, 2000; KOCH; WOLFF, 2002; SANTOS et al., 2016; PINHEIRO et al., 2018). Além disso, seu hábito herbívoro favorece a ciclagem de nutrientes e retenção de carbono (PINHEIRO; SOUZA; BORBA, 2015).

Entretanto, Pülmans et al. (2014) enfatizaram a importância dos *U. cordatus* para a exportação de carbono via liberação de CO₂, tanto pela sua respiração como por suas tocas, pois estas ocasionam alterações no potencial de oxirredução do sedimento, que pode influenciar indiretamente as vias de decomposição microbiana e a liberação de CO₂ pelo sedimento do mangue. Desta forma, estudos

de estoque de carbono em manguezais devem levar em consideração as taxas de liberação e armazenamento de carbono pelos caranguejos-uçá (PÜLMANNS et al., 2014). Portanto, o caranguejo-uçá desempenha importantes funções ecológicas nos manguezais, sendo considerada espécie chave desses ecossistemas (SANTOS et al., 2016).

Figura 1 - Exemplar do caranguejo *Ucides cordatus*.



Fonte. Rocha, 2020.

Ucides cordatus possui hábitos noturnos (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001) e se alimenta principalmente das folhas das plantas e propágulos de mangue (CHRISTOFOLETTI; HATTORI; PINHEIRO, 2013). A disponibilidade destas folhas, bem como seu valor nutricional, apresentam uma forte influência sobre o ciclo de vida da espécie constituindo fator limitante ao crescimento do animal (PINHEIRO et al., 2016).

As folhas das espécies de mangue possuem diferenças quanto ao valor nutricional, sendo colocadas em uma escala decrescente, a

saber: *A. schaueriana* > *R. mangle* > *L. racemosa* (CHISTOFOLETTI et al., 2013). Por esta razão, bosques de *L. racemosa* estão associados a caranguejos de menor tamanho (HATTORI, 2006), enquanto os animais maiores são frequentemente encontrados em áreas dominadas por *A. schaueriana* e *R. mangle* (SCHMIDT et al., 2009).

O tipo de vegetação predominante no manguezal também influencia diretamente a densidade do caranguejo-uçá. Neste contexto, áreas com predomínio de *L. racemosa* suportam maior densidade, justamente porque nestas há maior quantidade de animais de pequeno porte. Por outro lado, áreas com predomínio de *R. mangle* ou *A. schaueriana* apresentam menores densidades de caranguejos de maior porte (HATTORI, 2006, DIAS-NETO, 2011).

O ciclo de vida do caranguejo-uçá compreende três fases: 1) a muda (ou ecdise); 2) a reprodução (andada); e 3) a desova (PINHEIRO et al., 2016). A ecdise consiste na substituição do exoesqueleto que, nos juvenis (animais com até 50 mm), ocorre de quatro a cinco vezes por ano. Já nos animais adultos, a frequência de muda reduz a uma única muda/ano (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001; PINHEIRO; FISCARELLI; HATTORI, 2005; PINHEIRO et al., 2016). Este processo de troca do exoesqueleto é sempre acompanhado pelo fechamento das galerias (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001) e normalmente ocorre nos períodos de chuva, quando é possível observar uma maior frequência de galerias fechadas (“matumbadas”) (WUNDERLICH; PINHEIRO; RODRIGUES, 2008; GOES et al., 2010).

Segundo Pinheiro e Fiscarelli (2001) e Sant’Anna (2014), a reprodução de *U. cordatus* é do tipo sazonal, uma vez que o registro de fêmeas com gônadas maduras ocorre apenas em cinco meses do ano (novembro a março), podendo variar pouco, de acordo com a localidade. Durante o período reprodutivo, machos e fêmeas saem de suas galerias e caminham sobre o sedimento, em um fenômeno denominado pelas comunidades litorâneas como “andada”, “andança”, “corrida” ou “carnaval” (COSTA, 1972; LIMA; SILVA;

BERNARD, 2018). Neste período é comum os machos liberarem uma espuma ao redor de seu corpo e lutarem uns com outros para disputa de fêmeas (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Vários autores relatam que este evento é influenciado pelo ritmo lunar, ocorrendo durante as fases de lua cheia e lua nova (COSTA, 1972; ALCÂNTARA-FILHO, 1978; WUNDERLICH; PINHEIRO; RODRIGUES, 2008).

Na face interna do abdome dos machos estão alojados dois pares de gonópodes, que são apêndices abdominais (pleópodes) altamente modificados, utilizados como órgãos copulatórios. Por outro lado, as fêmeas possuem quatro pares de pleópodes birremes, os quais servem para carregar os ovos (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Durante o acasalamento, machos e fêmeas unem a região ventral e o macho introduz seus gonópodes nos poros genitais da fêmea (localizados nos esternitos do sexto segmento torácico), transferindo assim o espermatóforo (MOTA-ALVES, 1975; PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). Em seguida, a fêmea estoca este espermatóforo em sua espermateca até que suas gônadas se desenvolvam e ocorra a fecundação (interna) e exteriorização dos ovos (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001; PINHEIRO et al., 2016).

O número de ovos gerados depende diretamente do tamanho da fêmea (HATTORI; PINHEIRO, 2003) e a desova ocorre preferencialmente à noite, durante as marés de sizígia (DIELE, 2000). O caranguejo-uçá apresenta desenvolvimento indireto, passando por sete estágios larvais, sendo seis estágios de larva Zoea e um estágio de larva Megalopa até alcançar aparência morfológica semelhante ao adulto (PINHEIRO; FISCARELLI, 2001). O desenvolvimento de Zoea I até Megalopa dura cerca de 20,8 \pm 1,6 dias (DIELE; SMITH, 2006). Na fase de Megalopa as larvas começam a migrar para dentro do manguezal, e o recrutamento ocorre nas áreas menos inundadas (apicuns); conforme os indivíduos crescem, deslocam-se gradativamente para as zonas mais inundadas (SCHMIDT et al., 2009).

Aspectos pesqueiros

O caranguejo-uçá é um dos principais recursos pesqueiros dos manguezais brasileiros, possuindo alto valor socioeconômico (DIAS-NETO, 2011; PINHEIRO et al., 2016; LIMA; SILVA; BERNARD, 2018). Sua pesca é feita de forma artesanal em praticamente toda a costa brasileira, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país (PINHEIRO; SOUZA; BORBA, 2015), sendo uma das atividades mais antigas de extrativismo (LIMA; SILVA; BERNARD, 2018). Atualmente, a espécie ocupa o segundo lugar entre os caranguejos comestíveis mais comercializados (SANT'ANNA et al., 2014), atrás apenas do *Cardisoma guanhumi* (Latreille, 1825), popularmente conhecido como “guaiamum” (PINHEIRO; SOUZA; BORBA, 2015).

Os pescadores que se dedicam à captura do caranguejo-uçá são conhecidos como “catadores” ou “tiradores”. A pesca do *U. cordatus* é uma atividade frequentemente realizada por homens (FISCARELLI; PINHEIRO, 2002; FREITAS et al., 2015), embora também seja exercida por mulheres em alguns locais, como o norte do Rio de Janeiro (CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDETTO, 2014). Os pescadores possuem vasto conhecimento sobre a espécie, sua biologia e interações ecológicas, e este conhecimento tradicional é passado entre as gerações (FISCARELLI; PINHEIRO, 2002; ALVES; NISHIDA, 2002; SOUTO et al., 2007). Importante salientar que pescadores e moradores de comunidades litorâneas possuem significativa relação com o manguezal não apenas no aspecto da subsistência, mas, também, do ponto de vista afetivo e cultural (CARVALHO; QUEIROZ, 2015).

De modo geral, os catadores de caranguejo possuem baixa escolaridade e baixa renda familiar (FISCARELLI; PINHEIRO, 2002; FREITAS et al., 2015). Na maioria dos casos, a renda de um catador de caranguejo é inferior a um salário mínimo, tornando esta atividade pesqueira uma das mais carentes financeiramente (FREITAS et al.,

2015). A idade dos catadores bem como o tempo de profissão varia consideravelmente, e estão atrelados à carência de opções de outras atividades profissionais (CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDITTO, 2014; FREITAS et al., 2015; CARVALHO; QUEIROZ, 2015).

Os métodos para a captura do caranguejo-uçá são variados e mudam de acordo com a região geográfica e tradições locais. Entre estes, podem ser utilizados métodos ativos, como as técnicas de “braceamento” e “mão”, ou métodos passivos como a “redinha” e o “tapeado” (FISCARELLI; PINHEIRO, 2002).

O braceamento, também conhecido como braceado, consiste na introdução do braço do catador dentro da galeria para retirada do animal manualmente (SOUTO et al., 2007). Devido ao grande esforço físico necessário, frequentemente este método é acompanhado do uso de ferramentas como o “cavador”, que é um instrumento constituído por uma lâmina acoplada a um cabo de madeira, utilizado para abrir a galeria, facilitando a captura do *U. cordatus*. No entanto, é comum que seu uso cause danos tanto ao caranguejo-uçá, quebrando sua carapaça, como também às árvores de mangue, cortando suas raízes, o que pode causar sua morte (CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDITTO, 2014).

A técnica conhecida como “mão” se refere à captura de animais fora das galerias, durante o período de andada, quando os animais estão vulneráveis, sendo mais frequente à noite, período em que os caranguejos são mais ativos (FISCARELLI; PINHEIRO, 2002; CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDITTO, 2014).

O “tapeamento” ou “tapagem” se refere à técnica na qual o catador fecha a abertura da galeria com lama, forçando o animal a subir até a superfície para reabri-la, podendo ser mais facilmente capturado; este método normalmente é utilizado em associação ao “braceamento” (SOUTO et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2016).

Apetrechos de pesca também podem ser confeccionados para auxiliar a captura, a exemplo da “redinha”, que é um petrecho de

pesca feito com fios de sacos de ráfia. Os catadores posicionam a “redinha” sobre as aberturas das galerias dos caranguejos-uçá, fixando suas extremidades em raízes ou galhos da vegetação do entorno; ao tentar sair da galeria os apêndices do crustáceo ficam presos na redinha impedindo a locomoção do mesmo (NASCIMENTO et al., 2012; CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDITTO, 2014; FREITAS et al., 2015). Dentre todas as técnicas de captura utilizadas, esta é considerada de mais alto impacto ambiental, uma vez que não é seletiva, capturando, indiscriminadamente, animais em tamanho comercial, indivíduos jovens e fêmeas ovígeras, sendo, portanto, altamente predatória (NASCIMENTO et al., 2012).

A captura por unidade de esforço (CPUE) indica a quantidade de animais que um catador consegue capturar durante uma hora ou durante o dia, sendo representada por “caranguejo/homem/hora” e/ou “caranguejo/homem/dia”. Neste contexto, o valor da CPUE na Reserva Extrativista (RESEX) Maracanã, no estado do Amazonas, variou entre 20 e 400 caranguejos/homem/dia (FREITAS et al., 2015). No estado do Piauí a estimativa média de CPUE para a região do Delta do Rio Parnaíba foi de 77 caranguejos/homem/dia (FOGAÇA et al., 2018). Na RESEX de Tracuateua, no estado do Pará, a captura variou de 35 a 100 caranguejos/homem/hora (MAIA et al., 2016) e, por fim, Côrtes; Zappes e Di beneditto (2014) registraram, respectivamente, CPUEs iguais a 21,9 e 12,5 caranguejos/homem/hora nas comunidades de Atafona e Gargaú, no estado do Rio de Janeiro.

Variações nos valores de CPUE podem ocorrer porque esta estimativa é dependente de padrões climáticos e características naturais do manguezal, os quais influenciam parâmetros populacionais do *U. cordatus* como, por exemplo, o tipo de vegetação (FREITAS et al., 2015) e a época de ecdise (SOUTO, 2007; FOGAÇA et al., 2018). Conforme mencionado anteriormente, bosques de *L. racemosa* têm maior abundância de caranguejos quando comparados aos bosques de *R. mangle* e *A. schaueriana* (SCHMIDT et al., 2009). Com

relação à época de ecdise, catadores do estado da Bahia relataram dificuldades de extração do *U. cordatus* durante os meses de inverno (SOUTO, 2007), enquanto Fogaça et al. (2018) observaram menores níveis de atividade extrativista dos catadores do Delta do Parnaíba no mês de novembro. Ambos os autores atribuem essa menor extração à maior dificuldade de captura relacionada ao processo de muda, quando os animais se fecham nos buracos e permanecem em regiões mais profundas das galerias, dificultando o acesso por parte dos catadores.

Outros fatores importantes a serem considerados na variação da CPUE são aqueles diretamente influenciados pela intensidade de atividades antrópicas, como a quantidade de catadores e a conseqüente pressão de pesca (MAIA et al., 2016). Neste contexto, Fogaça et al. (2018) observaram que a coleta do *U. cordatus* no Delta do Parnaíba é intensificada nos meses de maior frequência turística (janeiro, fevereiro e julho) na região, quando há maior demanda pelo produto nos locais de consumo.

Após a captura, os animais são empilhados “por corda”, que consiste em cerca de dez animais vivos amarrados em um fio para a venda. Geralmente o caranguejo-uçá é comercializado *in natura*, então as cordas são repassadas aos bares e restaurantes locais ou vendidos nas feiras livres (CÔRTEZ; ZAPPES; DI BENEDITTO, 2014). A perda dos animais coletados ou de seus apêndices pode ocorrer por diversas razões, entre elas: 1) a forma de captura; 2) o manuseio e o transporte; 3) o ato de amarrar os animais em cordas que provoca estresse, deixando-os agressivos; 4) a exposição ao sol, que causa desidratação (FREITAS et al., 2015). Desta forma, entre a captura e o consumo, muitos animais são descartados, sendo necessário que o catador venda rapidamente toda a sua produção a fim de minimizar suas perdas (LEGAT; LEGAT, 2009). Os animais que chegam mortos no local de venda são descartados sem aproveitamento de nenhuma parte, devido à rápida deterioração do animal (FREITAS et al., 2015).

Entre 1999 e 2001 a produção brasileira de *U. cordatus* apresentava média anual de 11.717 toneladas (PINHEIRO et al., 2016). Em 2009 esta produção foi de 9.027,4 t, diminuindo para 8.607,5 t em 2011 (BRASIL, 2011). Nesta época o estado do Pará era o principal produtor, seguido pelos estados de Maranhão, Piauí e Bahia (DIAS-NETO, 2011). A partir de 2011 não há dados oficiais de produção, mas a redução observada na produção pesqueira relatada pelos pescadores em todo o litoral brasileiro reflete uma redução da densidade populacional da espécie (SOUTO et al., 2007; CORTES; ZAPPES; DI BENEDETTO, 2014; CARVALHO; QUEIROZ, 2015), e tem preocupado tanto as comunidades que dependem da atividade extrativista do caranguejo-uçá como fonte de renda quanto os pesquisadores e os órgãos ambientais (COSTA; PITOMBO; GOMES, 2014; DUARTE et al., 2016).

Conservação do caranguejo-uçá

Dado o valor comercial do caranguejo-uçá, aliado à redução de seus estoques, tem sido crescente a preocupação com a sua conservação. Para tanto, foram elaboradas estratégias de proteção à espécie, tais como: as Portarias regionais estabelecidas pelo IBAMA (Portaria de nº 52) (BRASIL, 2003a), para as regiões Sul e Sudeste e Portaria de nº 34 (BRASIL, 2003b), para as regiões Norte e Nordeste, que estabelecem: 1) o período de defeso, que consiste na suspensão de qualquer atividade de pesca durante o período reprodutivo da espécie; 2) o tamanho mínimo de captura (6,0 cm de largura de carapaça); 3) a proibição da captura e comercialização de fêmeas ovígeras em qualquer época do ano; 4) a proibição da captura e comercialização de partes isoladas do animal (e.g. quelípodos ou “patolas”); 5) a proibição da utilização de qualquer tipo de armadilha na captura (e.g. redinha).

Alguns fatores, como altas taxas de exploração, aumento contínuo do esforço de pesca, degradação do habitat e surgimento de doenças (LIMA; SILVA; BERNARD, 2018) contribuíram para que, em 2004, *U. cordatus* fosse incluída na "Lista Nacional de Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Super explorados ou Ameaçados de Super exploração" – Anexo II da Instrução Normativa nº 5/2004 (BRASIL, 2004). Segundo Pinheiro e Rodrigues (2011) a publicação do Anexo II garantiu a manutenção do direito de exploração comercial (pesca e comercialização) das espécies listadas, desde que sejam respeitadas as normas vigentes ou o estabelecido em Planos de Gestão.

Assim, em 2011, foi publicada a “Proposta do Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-uçá, do Guaiamum e do Siri-Azul” (DIAS-NETO, 2011). Esta obra trata de uma revisão de literatura subdividida em três eixos: 1. Biologia e aspectos legais, 2. Pesca nas regiões Norte-Nordeste e Sul-Sudeste, e 3. Proposta de manejo para as regiões Norte-Nordeste e Sul-Sudeste. Além disso, também apresenta estratégias de médio e longo prazo para uso sustentável desses três crustáceos, de acordo com aspectos biológicos, pesqueiros, ecológicos, sociais, econômicos e legais (DIAS-NETO, 2011; PINHEIRO; RODRIGUES, 2011). Deste modo, tal proposta visa contribuir com a manutenção e recuperação dos estoques naturais dessas espécies, bem como a preservação de seus habitats em todo o território nacional (PINHEIRO; RODRIGUES, 2011).

Em 2015 o caranguejo-uçá foi incluído no “Plano de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas e de Importância Socioeconômica do Ecossistema Manguezal” (BRASIL, 2015). Este plano estabeleceu estratégias para conservação e uso sustentável dos manguezais, bem como ações de conservação para espécies ameaçadas constantes das Portarias do MMA nº 444 e 445/2014 e em listas estaduais, além de espécies de importância socioeconômica

indicadas por representantes de comunidades tradicionais (BRASIL, 2015). Entretanto, embora haja esforços para a proteção do *U. cordatus*, sua exploração comercial ainda não respeita os aspectos legais e biológicos da espécie (PINHEIRO; SOUZA; BORBA, 2015). Na última avaliação oficial do ICMBio sobre o risco de extinção da fauna brasileira, a qual utilizou critérios internacionais de avaliação desenvolvidos pela International Union for Conservation of Nature (IUCN), a espécie foi categorizada como “quase ameaçada” (PINHEIRO et al., 2016).

Assim, é extremamente importante gerar dados acerca da situação das populações de *U. cordatus*, principalmente com relação aos seus estoques, capacidade de recrutamento, estatística pesqueira, definição de áreas extrativas e áreas de exclusão de pesca, potencial de extração (imediato e futuro), tamanho dos indivíduos e densidade populacional (DIAS-NETO, 2011; PINHEIRO; RODRIGUES, 2011; PINHEIRO et al., 2016). Além disso, é fundamental aliar o conhecimento das comunidades tradicionais, instituições de pesquisas, ONGs e órgãos governamentais a fim de desenvolver práticas e tecnologias que venham melhorar o manejo e otimizar a cadeia produtiva do caranguejo-uçá (JANKOWSKY; PIRES; NORDI, 2006; PINHEIRO; RODRIGUES, 2011).

Todas as ações mencionadas acima podem contribuir para a melhoria do manejo da espécie no litoral brasileiro, auxiliando os órgãos governamentais no desenvolvimento de medidas de proteção ao caranguejo-uçá (PINHEIRO; RODRIGUES, 2011; PINHEIRO et al., 2016). Entretanto, Pinheiro e Rodrigues (2011) alertaram que a elaboração e implementação de tais medidas certamente enfrentará pressões políticas e econômicas imediatistas, contrárias a quaisquer políticas que restrinjam a atividade extrativista num primeiro momento, mesmo que estas signifiquem a manutenção da atividade produtiva no futuro.

Conclusões

Conforme demonstrado ao longo desta revisão, o caranguejo-uçá apresenta estreita relação com seu habitat, sendo dependente da manutenção dos manguezais ao mesmo tempo em que é parte fundamental deste ecossistema. Além disso, é notória sua importância socioeconômica enquanto um dos principais recursos pesqueiros dos estuários. Portanto, são fundamentais ações de preservação dos manguezais e de geração de conhecimento sobre a biologia do *U. cordatus*. Entretanto, nenhuma política conservacionista ou protecionista será efetiva se não houver o estabelecimento de programas específicos focados em educação ambiental e melhoria da qualidade de vida das populações ribeirinhas, bem como a fiscalização do cumprimento das normativas que regulam a atividade pesqueira.

Referências

- ALCÂNTARA-FILHO, P. Contribuição ao estudo da biologia e ecologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura) no Manguezal do Rio Ceará (Brasil). **Arquivos de Ciências do Mar**, v.18, n.1, p.1-41, 1978.
- ALVES, J. R. P. **Manguezais: educar para defender**. FEMAR: SEMADS: Rio de Janeiro, 98p., 2001.
- ALVES, R. R. N.; NISHIDA, K. A. A ecdise do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* L. (Decapoda, Brachyura) na visão dos caranguejeiros. **Interciência**, v.27, n.3, p.110-117, 2002.
- ARRIVABENE, H. P. et al. Functional traits of selected mangrove species in Brazil as biological indicators of different environmental conditions. **Science of the Total Environment**, v.476, p.496-504, 2014.
- BRANCO, J. O. Aspectos ecológicos do caranguejo *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda) do manguezal do Itacorubi,

Santa Catarina, Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.36, n.1, p.133-148, 1993.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Portaria n.52. **[Diário Oficial da União]**, 2003a.

BRASIL. Instituto Brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis. Portaria n. 34. **[Diário Oficial da União]**, 2003b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. nº 05/2004. Reconhece como espécies ameaçadas de extinção e espécies sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexplotação, os invertebrados aquáticos e peixes, constantes dos Anexos à Instrução Normativa. **[Diário Oficial da União]**, Brasília, DF. 2004.

CARVALHO, R. L.; QUEIROZ, H. L. Caracterização socioeconômica dos quilombolas tiradores de caranguejo-uçá da ilha de Colares, Pará, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v.15, n.1, p.31-42, 2015.

CHRISTOFOLETTI, R. A.; HATTORI, G. Y.; PINHEIRO, M. A. A. Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals. **Hydrobiologia**, v.702, p.63-72, 2013.

CÔRTEZ, L. H. O.; ZAPPES, C. A.; DI BENEDITTO, A. P. M. Extração e cadeia produtiva do caranguejo-uçá no Norte do Rio de Janeiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.40, n.4, p.639-656, 2014.

COSTA, R. S. **Fisiologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) – Crustacea, Decapoda – do nordeste brasileiro**. 1979. 121f. Tese (Doutorado em Ciências). IBC/USP, São Paulo, 1979.

COSTA, T. M.; PITOMBO, F. B.; SOARES-GOMES, A. The population biology of the exploited crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) in a southeastern Atlantic Coast mangrove area, Brazil.

Invertebrate Reproduction e Development, v.58, n.4, p.259-268, 2014.

DIAS-NETO, J. **proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável do caranguejo-uçá, do guaiamum e do siri-azul**. Série Plano de Gestão dos Recursos 4, Brasília: IBAMA, 156p., 2011.

DIELE, K. **Life history and population structure of the exploited mangrove crab *U. cordatus* (L.) (Decapoda: Brachyura) in the Caete estuary, North Brazil**. 2000. 103f. Tese (Doutorado em Ciências - UB: Bremen, 2000.

DIELE, K.; SIMITH, D. J. B. Salinity tolerance of northern Brazilian mangrove crab larvae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae): necessity for larval export? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.68, p.600-608, 2006.

DINIZ, M. T. M. et al. Paisagens integradas dos municípios costeiros da Foz do Rio São Francisco: Brejo Grande/SE e Piaçabuçu/AL. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v.37, p.108-122, 2019.

DUARTE, L. F. A. et al. Multi-level biological responses in *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), as indicators of conservation status in mangrove areas from the Western Atlantic. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.133, p.176-187, 2016.

FABIANCIC, N.; TREBUCQ, D. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília: ICMBIO, 170p., 2018.

FISCARELLI, A. G.; PINHEIRO, M. M. A. Perfil socioeconômico e conhecimento etnobiológico do catador de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), nos manguezais de Iguaape (24° 41'S) SP, Brasil. **Actualidades Biológicas**, v.24, n.77, p.129-142, 2002.

FOGAÇA, F. H. S. et al. Monitoring mangrove crab *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Crustacea: Ucididae) landing in the Parnaíba River Delta: fishing characteristics, social and economic aspects. **Nauplius**, v.26, n.8, p.327-345, 2018.

FREITAS, A. C. et al. Análise socioeconômica e esforço de pesca na captura do caranguejo-uçá- *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) na Reserva Extrativista de Maracanã, Costa Amazônica do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.10, n.3, p.711-723, 2015.

GIRI, C. Observation and monitoring of mangroves forests using remote sensing: opportunities and challenges. **Remote Sensing**, v.8, p.783-788, 2016.

GIRI, C. et al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, v.20, n.1, p.154-159, 2011.

GÓES, P. et al. Bioecology of the Uçá-crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), in Vitória Bay, Espírito Santo state, Brazil. **Brazilian Journal of the Oceanography**, v.58, n.2, p.153-163, 2010.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. **Baía de Todos os Santos: Aspectos oceanográficos**. Salvador: EDUFBA, 879p., 2009.

HATTORI, G. Y. **Densidade populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae) na região de Iguape (SP)**. 2006. 146f. Tese (Doutorado em Zootecnia – Produção Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, São Paulo, 2006.

HATTORI, G. Y.; PINHEIRO, M. M. A. Fertilidade do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.20, n.2, p.309-313, 2003.

IVO, C. T. C.; DIAS, A. F.; MOTA, R. I. Estudo sobre a biologia do caranguejouçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado no Delta do Parnaíba, estado do Piauí. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v.7, n.1, p.53-84, 1999.

JANKOWSKY, M.; PIRES, J. S. R.; NORDI, N. Contribuição ao manejo participativo do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L., 1763), em Cananeia-SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.32, n.2, p.221-228, 2006.

KOCH, V.; WOLFF, M. Energy budget and ecological role of mangrove epibenthos in the Caeté estuary, North Brazil. **Marine Ecology Progress Series**, v.228, p.119-130, 2002.

LEGAT, J. F. A.; LEGAT, A. P. Metodologia para o transporte de caranguejo vivo com baixos índices de desperdícios. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v.17, n.1, p.115-121, 2009.

LIMA, C. D. M.; SILVA, H. R. C.; BERNARD, E. Efetividade do defeso do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*): Análise de percepção de consumidores e vendedores. **Ambiente & Sociedade**, v.21, p.1-22, 2018.

MAIA, C. et al. Densidade e estrutura populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) na Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, v.6, n.2, p.86-92, 2016.

MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos *Brachyura* (caranguejos e siris) do litoral brasileiro**. Editora: Plêiade, 604p., 1996.

MOTA-ALVES, M. I. M. Sobre a reprodução do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) em mangues do estado do Ceará (Brasil). **Arquivo de Ciências do Mar**, v.15, n.2, p.85-91, 1975.

MURDIYARSO, D. et al. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. **Nature Climate Change**, v.5, p.1089-1092, 2015.

NASCIMENTO, D. M. et al. An examination of techniques used to capture mangrove crabs, *Ucides cordatus*, in the Mamanguape River estuary, northeastern Brazil, with implications for management. **Ocean & Coastal Management**, v.130, p.50-57, 2016.

NASCIMENTO, D. M. et al. Capture techniques' use of caranguejo-uçá crabs (*Ucides cordatus*) in Paraíba state (northeastern Brazil) and its socio-environmental implications. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.84, n.4, p.1051-1064, 2012.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G. **Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)**. São Paulo: IBAMA / CEPSUL, 43p., 2001.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G.; HATTORI, G. Y. Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura; Ocypodidae). **Journal of Crustacean Biology**, v.25, n.2, p.293-301, 2005.

PINHEIRO, M. A. A.; RODRIGUES, A. M. T. Crustáceos sobre-explotados e o plano nacional de gestão dos caranguejos Uçá (*Ucides cordatus*), Guaiamú (*Cardisoma guanhumi*) e do Siri-Azul (*Callinectes sapidus*): Uma estratégia para evitar que passem ao "status" de ameaçados de extinção. **Revista CEPSUL – Biodiversidade e Conservação Marinha**, v.2, n.1, p.50-57, 2011.

PINHEIRO, M. A. A. et al. Avaliação do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ucididae). In: PINHEIRO, M. A. A.; BOOS, H. (eds.) **Livro vermelho dos crustáceos do Brasil. Avaliação 2010-2014**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Carcinologia, Cap. 33. p.441-456, 2016.

PINHEIRO, M. A. A.; SOUZA, C. A.; BORBA, H. Meat yield of the mangrove crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.41, n.1, p.43-56, 2015.

PINHEIRO, M. A. A. et al. Density, abundance and extractive potential of the mangrove crab, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)

(Brachyura, Ocypodidae): subsidies for fishery management. **Academia Brasileira de Ciências**, v.90, n.2, p.1381-1395, 2018.

PÜLMANN, N. et al. Burrows of the semi-terrestrial crab *Ucides cordatus* enhance CO₂ release in a North Brazilian mangrove forest. **PloS One**, v.9, n.10, p.1-13, 2014.

SANT'ANNA, B. S. et al. Reproduction and management of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae) at Iguape, São Paulo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, n.3, p.1411-1421, 2014.

SANTOS, L. C. M. et al. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. **Ocean & Coastal Management**, v.89, n.1, p.39-50, 2014.

SANTOS, L. C. M. et al. Spatial analyses of a coastal area for conservation and fishery of mangrove edible crab (*Ucides cordatus*). **Journal of Coastal Research**, v.75, p.685-689, 2016.

SANTOS, N. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. G. Guideline values and metal contamination in soils of an environmentally impacted bay. **Water Air Soil Pollut**, v.228, n.88, p.1-12, 2017.

SANTOS, C. C. M. et al. Influence of seasonality on the natural modulation of oxidative stress biomarkers in mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ucididae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.227, p.146-153, 2019.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Mangue e manguezal. p.15-20. In: ICMBio. **Atlas dos manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**. Caribbean Ecological Research, 64p., 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v.3, n.4, p.561-570, 2000.

SCHMIDT, A. J. et al. Estudo comparativo da dinâmica populacional de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea- Decapoda- Brachyura), em áreas afetadas e não afetadas por uma mortalidade em massa no sul da Bahia, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v.17, n.1, p.41-64, 2009.

SHIH, H. T. et al. Systematics of the family Ocypodidae reffinasque, 1815 (Crustacea: Brachyura), based on phylogenetic relationships, with a reorganization of subfamily rankings and a review of the taxonomic status of *Uca* Leach, 1814, sensu lato and its subgenera. **Raffles Bulletin of Zoology**, v.64, p.139-175, 2016.

SOUTO, F. J. B. Uma abordagem etnoecológica da pesca do caranguejo, *Ucides cordatus*, Linnaeus, 1763 (Decapoda: Brachyura), no manguezal do distrito de Acupe (Santo Amaro-BA). **Biotemas**, v.20, n.1, p.69-80, 2007.

SOUZA, C. A. et al. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. In: Pinheiro, M. A. A. & Talamoni, A. C. B. (Org.). **Educação Ambiental sobre Manguezais**. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, Cap. 1, p.16-56. 2018.

VASQUES, R. O. R. et al. Utilização das áreas de manguezais em Taipús de dentro (Maraú, Sul da Bahia). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.11, n.2, p.155-161, 2011.

WOLFF, M.; KOCH, V.; VICTORIA, I. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v.50, n.6, p.789-803, 2000.

WUNDERLICH, A. C.; PINHEIRO, M. A. A.; RODRIGUES, A. M. T. Biología do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Crustacea: Decapoda: Brachyura), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.25, n.2, p.188-198, 2008.

Abelhas sociais: alternativa zootécnica

Michelle Santos da Silva

Jossimara Neiva de Jesus

Andreia Santos do Nascimento

Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva

Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Geni da Silva Sodré

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Introdução

As abelhas são animais de importância reconhecida desde as civilizações mais antigas, as quais utilizavam esses insetos e os seus produtos nas suas artes, ciências, rituais religiosos, saúde e alimentação (BISHOP, 2005). Taxonomicamente as abelhas são insetos (Classe Insecta) da Ordem Hymenoptera, na qual estão incluídas cerca de 250 mil espécies de abelhas, vespas e formigas (GULLAN; CRANSTON, 2017). São reconhecidas mais de 20 mil espécies de abelhas distribuídas em diversas Famílias taxonômicas nas diferentes regiões do mundo (MICHENER, 2007), sendo que, no Brasil, há em torno de três mil espécies conhecidas (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002).

As abelhas são descendentes de vespas predadoras que anteriormente se alimentavam de larvas de outros insetos (ROUBIK, 1989). A maioria das espécies atuais de abelhas busca sua fonte de alimentação nas flores. Esses dois grupos biológicos (abelha-planta) mantêm intensa relação de dependência recíproca: a abelha encontra nas flores o néctar (fonte energética) e o pólen (fonte proteica) indispensáveis a sua sobrevivência; por sua vez, uma parte do pólen adere ao seu corpo e é transportada para outras flores, realizando a polinização (CHAMBÓ et al., 2018). A polinização realizada pelas abelhas é observada em quase todos os biomas conhecidos do

mundo, fazendo com que esses insetos sejam estudados sob as perspectivas ambiental, econômica e social (CHAMBÓ, 2016).

Durante o processo evolutivo das abelhas surgiram várias espécies (ROUBIK, 1989) que sofreram modificações na sua morfofisiologia para se ajustarem ao novo hábito alimentar. Dentre as diversas alterações ocorreu a divisão em espécies solitárias e espécies sociais.

As abelhas solitárias formam a maioria das espécies e quase não são notadas pelo senso comum. Contudo, são polinizadoras importantes para várias espécies vegetais nativas e cultivadas, como as mamangavas (*Xylocopa* spp.) na cultura do maracujazeiro (*Passiflora* spp.), abelhas amarelas (*Centris* spp.) nas aceroleiras (*Malpighia* spp.), abelhas cortadeiras (*Megachile* spp.) em alfafa e as abelhas verdes (*Euglossa* spp.) em orquídeas. As abelhas manejadas para a produção zootécnica são as espécies sociais e estão enquadradas na família Apidae (DEVILLERS, 2002). Elas também são excelentes polinizadoras e podem ser manejadas para prestarem esse serviço em áreas agrícolas.

Abelhas sociais

Dentre as espécies sociais se destaca a *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Tribo Apini), certamente a abelha melífera mais conhecida no mundo devido a sua ampla distribuição, numerosa população, alta produtividade e capacidade de polinizar diversas espécies vegetais. É uma abelha exótica nas Américas, com distribuição original estendendo-se desde o extremo sul da África e do Mediterrâneo, norte da Europa até o sul da Escandinávia (WINSTON, 1992; TSUTSUMI; OISHI, 2010). O gênero *Apis* possui outras espécies que são importantes em outros continentes, como a *Apis dorsata* Fabricius, 1793 na Ásia.

As outras espécies altamente sociais são conhecidas como abelhas sociais sem ferrão ou meliponíneos (Tribo Meliponini), que apresentam algumas vantagens de manejo, como a ausência de ferrão funcional, a baixa defensividade, forrageamento estratégico e atividade de voo em ambientes fechados que atendem às necessidades da polinização dirigida (SLAA et al., 2006). Embora as abelhas sociais sem ferrão sejam impossibilitadas de ferroar, elas apresentam outras estratégias e mecanismos de defesa, como o uso de camuflagem, mandíbulas afiadas e armazenamento de um tipo de resina altamente pegajosa usada para imobilizar intruso na colônia (SHACKLETON et al., 2015).

Os meliponíneos são geralmente encontrados nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, correspondendo ao grupo de maior diversidade dentre as abelhas sociais, com cerca de 400 espécies divididas em diferentes gêneros (MICHENER, 2007; PEDRO, 2014). Dentre eles, o gênero *Melipona* tem ocorrência limitada às regiões neotropicais, desde a América do Sul até a América Central e México (MICHENER, 1990), e vem se destacando por apresentar espécies de interesse econômico (VENTURIERI et al., 2012), como *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 (OLIVEIRA et al., 2015; SILVA; OLIVEIRA; HRNCIR, 2016).

As abelhas sociais possuem castas diferenciadas (rainha fértil, machos ou zangões e operárias) e uma divisão de atividades de acordo com a idade do inseto adulto, conhecida por polietismo (BESHERS; FEWELL, 2001). Na colônia, a rainha é responsável pela postura de ovos, e controle social e reprodutivo das operárias por meio de feromônios (VAN OYSTAEYEN et al., 2014); ao zangão compete a função de fecundar a rainha; e às operárias, todas as atividades de manutenção e crescimento da colônia (WINSTON, 1992). As atividades nas diferentes castas são reguladas por um processo complexo de compostos voláteis e condições ambientais dentro e fora da colmeia.

Importância na agropecuária

As abelhas são insetos de importância ecológica e econômica, conhecidas por produzirem mel, pólen/ samburá, geleia real, própolis/geoprópolis, apitoxina e cera. Em sua maioria, atuam como agentes polinizadores em culturas agrícolas e na flora nativa (CARVALHO; ALVES; SOUZA, 2003; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011; SOUZA et al., 2011; SANCHES; PEREIRA; SERRÃO, 2017; SANTA-BÁRBARA et al., 2020), diretamente associados às espécies de plantas locais de determinado bioma, com ação chave para a produção agrícola e a conservação do ambiente (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). A criação técnica dessas abelhas é uma importante atividade econômica, que gera emprego e renda para pequenos, médios e grandes produtores (CARVALHO; ALVES; SOUZA, 2003; MAGALHÃES; VENTURIERI, 2010).

Apesar da importância econômica dos produtos das colmeias, o maior serviço prestado pelas abelhas é a polinização, fundamental para os cultivos agrícolas, uma vez que melhora a qualidade dos frutos de diversas espécies de interesse agropecuário, pois aumenta o seu vingamento, a quantidade de grãos e o teor de óleo das sementes (SAWE; NIELSEN; ELDEGARD, 2020), agregando maior valor econômico aos produtos (GARRATT et al., 2014). Além disso, algumas espécies vegetais de interesse agrícola dependem diretamente da polinização promovida pelas abelhas para produzir seus frutos e sementes, enquanto outras são apenas beneficiadas pela visita das abelhas, ou seja, embora elas não sejam dependentes da polinização, quando esta ocorre, há um aumento na produção final e vigor dos frutos e grãos (VINÍCIUS-SILVA et al., 2017). Este fato torna a produção de alimento dependente, direta ou indiretamente, desse serviço ecossistêmico prestado principalmente pelas abelhas (CALDERONE, 2012).

Estima-se que um terço da produção agrícola mundial seja dependente da polinização cruzada realizada por estes insetos (GARIBALDI et al., 2016) e que 75% dos cultivos relacionados à alimentação animal são polinizados por abelhas (FAO, 2020).

Diversos estudos destacam a importância econômica dos serviços de polinização em diferentes países, como nos Estados Unidos, onde é atribuído o valor de, aproximadamente, 16 bilhões de dólares (CALDERONE, 2012) e no Reino Unido, que é da ordem de 202 milhões de libras (CARRECK; WILLIAMS, 1998). No Brasil, aproximadamente 29% das culturas agrícolas são favorecidas com a polinização, contribuindo para o aumento de 30% do valor do produto, o que representa cerca de 12 bilhões de dólares (GIANNINI et al., 2015).

A dependência das abelhas para com as plantas caracteriza o valor da atividade de criação das abelhas (apicultura e meliponicultura), considerada sustentável por incentivar a conservação das espécies nativas utilizando mão de obra de pequenos agricultores e auxiliando na fixação das pessoas nas áreas de produção (TRINDADE et al., 2004; CHAMBÓ et al., 2018).

A espécie *A. mellifera* certamente é a principal abelha generalista capaz de polinizar diversas espécies vegetais de interesse econômico. Entretanto, existem algumas limitações na utilização das abelhas do gênero *Apis*, entre elas a alta defensividade dos indivíduos, que pode dificultar o manejo das colônias (CALDERONE, 2012; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; GARRATT et al., 2014; CHAMBÓ et al., 2018). Neste contexto, a utilização de abelhas sociais sem ferrão é uma importante estratégia na polinização de culturas agrícolas (VENTURIERI et al., 2012).

Embora o serviço de polinização efetuado pelas abelhas seja importante, é o mel que se destaca na percepção popular como o principal produto das colmeias (NASCIMENTO et al., 2018; NASCIMENTO; NASCIMENTO; CARVALHO, 2020a). De fato, para

os apicultores, o mel é o principal produto e o Brasil, em particular o estado da Bahia, se destaca na produção do mel de *A. mellifera* (PASIN; TERESO; BARRETO, 2012). Se o mel de *A. mellifera* é o de maior volume e tem mercado consolidado, o mel das abelhas sociais sem ferrão possui características diferenciadas (SANT'ANA et al., 2020) e produção em menor escala, com nicho de mercado ainda em consolidação. São méis bastante apreciados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo considerados um complemento financeiro importante para as populações rurais (CARVALHO; ALVES; SOUZA, 2003; MAGALHÃES; VENTURIERI, 2010; VENTURIERI et al., 2012).

Outros produtos das colônias também têm valor econômico, tanto ao nível de agricultura familiar como empresarial. No agronegócio apícola destacam-se o comércio da própolis, do pólen, da geleia real, da cera e da apitoxina, assim como as associações destes produtos com outros das indústrias de alimentos, fármacos e cosméticos. Com o incremento da meliponicultura, além do mel diferenciado dessas abelhas, outros produtos como a geoprópolis (própolis das abelhas sociais sem ferrão) (SANCHES; PEREIRA; SERRÃO, 2017) e o samburá (pólen armazenado) (VIT; PEDRO; ROUBIC, 2018) têm chegado a nichos de mercado específicos, muitos deles ainda em formação.

Novos produtos surgem no mercado apícola-meliponícola ou velhos produtos são redimensionados para atender a demanda dos consumidores, abrindo novas perspectivas da produção zootécnica. Os produtos das colônias das abelhas sociais se tornam a base ou complementos em diversos produtos no mercado consumidor (VIT; PEDRO; ROUBIK, 2013; SILVA et al., 2018; VIT; PEDRO; ROUBIK, 2018; SANTOS et al., 2019; SILVA et al., 2020), como mel gourmet, mel amargo, mel cremoso, sorvetes, xaropes, extratos, bebidas (hidromel, licor, cervejas e destilados), vinagres, pólen light, pólen em cápsula, iogurtes (com mel e/ou pólen e/ou própolis), álcool combustível a base de mel, pomadas, apitoxina, artesanatos com

ceras, sabonetes, xampu, cremes para a pele, filmes de própolis para conservação de alimentos, dentre tantas outras possibilidades de utilização dos produtos apícolas-meliponícolas.

Muitas dessas possibilidades dependem de ajustes nas técnicas de criação e produção no campo, como manejo, pasto para forrageamento das abelhas, ambiência das colmeias, disponibilidade e qualidade da água e condições ambientais externas favoráveis às abelhas. Além disso, são necessários ajustes e tecnologia no processamento dos produtos, como maquinários, testes laboratoriais, embalagens adequadas, desenvolvimento de boas práticas de fabricação e atendimento às legislações pertinentes. Neste cenário, vários campos de desenvolvimento se abrem com diferentes possibilidades para a apicultura e a meliponicultura no contexto do negócio apícola-meliponícola.

Apicultura e Meliponicultura

A apicultura e a meliponicultura são atividades de criação com bases técnicas das abelhas sociais para a produção, gerando emprego, renda e contribuindo para conservação do equilíbrio nos diversos ecossistemas. Como se trata de um animal, todas as recomendações gerais dos índices zootécnicos devem ser aplicadas nessas atividades, particularmente o tripé manejo-pasto-genética.

A apicultura consiste na criação da abelha com ferrão (*A. mellifera*) para a obtenção e comercialização dos seus serviços e produtos (DE OLIVEIRA et al., 2016). Essa atividade teve início, aproximadamente, em 2.600 a.C. pelos egípcios (VANENGLSDORP; MEIXNER, 2009), quando a única forma de adoçar os alimentos era por meio da adição do mel. Posteriormente, essa atividade se disseminou pela Europa por meio dos povos medievais, com o conhecimento sobre as técnicas apícolas sendo transferido entre as gerações (CRANE, 1987).

A abelha conhecida por africanizada é um polihíbrido da espécie *A. mellifera*, que foi introduzida nas Américas. No Brasil, acredita-se que a primeira introdução desses insetos ocorreu em 1839, com a instalação de exames portugueses no estado do Rio de Janeiro. Em 1845, imigrantes alemães introduziram na região Sul do Brasil a subespécie *A. mellifera mellifera*, popularmente conhecida como nigra (TRINDADE et al., 2004). Após esse período foram introduzidas subespécies vindas de outras partes da Europa ao longo do processo de imigração que acontecia no Brasil (PEREIRA; VILELA, 2003).

Em meados de 1950, ocorreu uma perda considerável de colônias no país, o que estimulou o investimento em estudos de melhoramento genético voltado para a resistência das abelhas às doenças e para o aumento da produtividade apícola. Dessa forma, rainhas da subespécie africana *A. mellifera scutellata*, considerada uma subespécie mais produtiva e resistente a doenças quando comparada com as raças europeias, foram introduzidas para pesquisa no estado de São Paulo. Contudo, um incidente no apiário experimental onde essas abelhas eram mantidas resultou na fuga de vinte e seis enxames com as suas respectivas rainhas (KERR, 1967; CLARKE, 2002). A partir desse incidente deu-se início ao processo de africanização, ou seja, a subespécie africana começou a acasalar com subespécies europeias existentes na região Sudeste do Brasil e se espalhou por todo o continente americano (VANENGELSDORP; MEIXNER, 2009).

O processo de africanização é atribuído aos zangões (machos) africanos, que provavelmente, se juntavam aos grupos de “congregação de machos” no momento que as princesas (futuras rainhas, ainda virgens) voavam para o processo de acasalamento (SMITH; TAYLOR; BROWN, 1989). Como consequência desse acasalamento, a tendência a enxameação (mudança de enxame de um local para outro em busca de melhores condições), que é comum em enxames africanos, também foi geneticamente passada para as

abelhas africanizadas, o que permitiu a esses indivíduos percorrer maiores distâncias quando comparadas com as subespécies europeias (WINSTON, 1992).

As consequências da introdução da subespécie *A. mellifera scutellata* no Brasil é um dos maiores exemplos de invasão biológica (SCHNEIDER et al., 2003) e supressão genética (SMITH; TAYLOR; BROWN, 1989) existentes no mundo. O domínio genético da raça africana sobre as raças europeias fez com que a abelha africanizada (polihíbrido) perdesse algumas das características das abelhas europeias (MISTRO; RODRIGUES; FERREIRA JR, 2005).

A dispersão das abelhas africanizadas ao longo das Américas foi bem documentada; os seus enxames chegavam a se dispersar cerca de 80 a 500 km por ano (RINDERER, 1986). A presença dessas abelhas assustou os americanos, que utilizavam abelhas europeias, principalmente no processo de polinização de seus cultivos agrícolas, quando se passou a ressaltar a defensividade do polihíbrido (WINSTON, 1992). Aparentemente, a expansão do polihíbrido na América do Norte tem um limite natural, o que pode ser causado por condições climáticas desfavoráveis (KONO; KOHN, 2015). Para evitar a confusão com as abelhas sociais sem ferrão nativas do Brasil, foi criado o termo “africanizada”, de forma a denominar as abelhas oriundas do cruzamento das subespécies de *A. mellifera* africana com as europeias (GONÇALVES, 1992).

Apesar das abelhas africanizadas serem mais adaptadas, resistentes a doenças e produtivas (FRANCOY et al., 2009; PINTO et al., 2012), o comportamento defensivo, tendência a pilhagem e enxameação desagradavam os apicultores brasileiros, que aos poucos se acostumaram com o manejo dessas abelhas (GONÇALVES, 1992). Em todo Brasil, apenas o arquipélago de Fernando de Noronha, estado de Pernambuco, possui abelha europeia. A ocorrência desta subespécie é possível devido ao isolamento desse local, sendo impossível a introdução natural em função das barreiras

geográficas (DE MATTOS; DE JONG; SOARES, 2016). Nos demais apiários brasileiros a abelha africanizada é manejada sem maiores problemas, se adaptando aos diferentes biomas.

As abelhas africanizadas sofreram modificações se diferenciando das subespécies originais com o passar dos anos (FRANCOY et al., 2009), o que pode ter influenciado na mudança de comportamento e ter possibilitado a aceitação desse políhíbrido nas Américas. Apesar de todos os problemas apresentados no início foi notável a melhoria na produção apícola com a introdução da abelha africana, uma vez que a produção melífera, que era de 8.000 toneladas por ano em 1971, mais que triplicou em duas décadas (WINSTON, 1992). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de mel da América do Sul, produzindo 42.346 mil toneladas por ano (IBGE, 2019; FAO, 2020), e ocupa a sexta posição entre os maiores produtores mundiais de mel (ABEMEL, 2018).

Em outra linha de atividade, a meliponicultura se destina à criação técnica das abelhas sociais sem ferrão (Meliponini). No Brasil essa atividade começou a ser praticada pelos índios, que exploravam seus produtos para alimentação, combate de doenças e confecção de artefatos (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006). A criação dessas abelhas se intensificou nas últimas décadas, embora ainda seja uma atividade tradicional em algumas regiões do Brasil (CARVALHO; ALVES; SOARES, 2003). A atividade pode ser desenvolvida em toda a extensão territorial nacional devido à riqueza de seus ecossistemas e à abundância de recursos florais (VENTURIERI et al., 2012), e é considerada estratégica para a conservação dessas espécies (ESCOBAR; XAVIER, 2013) além de contribuir para o desenvolvimento sustentável nas mais diversas regiões onde é praticada (MAIA et al., 2015).

O avanço de tecnologias de criação e manejo das colônias, especialmente relacionadas com o padrão de caixa (colmeia para instalação da colônia) e o método de divisão para multiplicação dos

enxames de meliponíneos, proporcionou um aumento de criadores em todo o território nacional, tanto pelo apelo ambiental, com ações sustentáveis, como na geração de renda junto à agricultura de base familiar (CONTRERA; MENEZES; VENTURIERI, 2011; SAMPAIO et al., 2013).

A meliponicultura encontra-se em expansão, buscando melhorias na produção e na geração de produtos com qualidade e quantidade para atender às exigências do mercado (CARVALHO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013) e ampliar as possibilidades de exploração de novos negócios e setores, como a educação e monitoramento ambiental, a terapia (melipoterapia) e o lazer. O uso dos produtos das colmeias no monitoramento ambiental tem sido proposto tanto para abelhas com ferrão (NASCIMENTO et al., 2020b) quanto para as abelhas sociais sem ferrão (BONSUCESSO et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2018; NASCIMENTO; CARVALHO, 2019).

Algumas espécies são muito populares e criadas regionalmente para a produção de mel, com destaque para as pertencentes ao gênero *Melipona*, conhecidas popularmente por mandaçaiais (*M. mandacaia* Smith, 1863, *M. quadrifasciata quadrifasciata*, *M. quadrifasciata anthidioides* e *M. quinquefasciata* Lepeletier, 1836), uruçus (*M. crinita* Moure e Kerr, 1950, *M. flavolineata* Friese, 1900, *M. fuliginosa* Lepeletier, 1836, *M. mondury* Smith, 1863, *M. rufiventris* Lepeletier, 1836 e *M. scutellaris* Latreille, 1811), jandaíra (*M. subnitida* Ducke, 1910), tiúba (*M. compressipes* Smith, 1854) e rajada ou munduri (*M. asilvai* Moure, 1971) (CARVALHO; ALVES; SOUZA, 2003; VENTURIERI et al., 2012). As espécies conhecidas por uruçus são boas produtoras de mel, com produção estimada em três a seis litros por ano em cada ninho (MAGALHÃES; VENTURIERI, 2010), sendo criadas em várias regiões do Brasil.

No estado da Bahia destacam-se três espécies de melíponas: a uruçú (*M. scutellaris*) e duas mandaçaiais (*M. quadrifasciata* e *M.*

mandacaiá), consideradas como produtoras de mel e pólen (samburá), além da produção de enxames para meliponários (CARVALHO; ALVES; SOUZA, 2003).

Melipona scutellaris tem sido criada e estudada sob diferentes aspectos, tais como: distribuição natural (ALVES et al., 2012a), aspectos biológicos (CARVALHO et al., 2011), bionomia e produção das colônias (ALVES et al., 2012b; ALVES et al., 2019), estudos populacionais (LIMA JÚNIOR et al., 2012; VIANA et al., 2013), caracterização dos produtos da colônia (SODRÉ et al., 2008; SOUZA et al., 2011), flora visitada (RAMALHO; SILVA; CARVALHO, 2007) e polinização de culturas. Constrói seu ninho principalmente em ocos de árvores de até 40 metros de altura, basicamente com cera pura ou cerume (cera, própolis e barro), sendo que a entrada é formada por barro e própolis moldada em forma de estrias ou sulcos (KERR; CARVALHO; NASCIMENTO, 1996). Com distribuição desde o Rio Grande do Norte até a Bahia, *M. scutellaris* encontra-se distribuída neste último estado desde o litoral até às serras do centro baiano, habitando áreas de floresta úmida onde encontra ambiente adequado para expressar seu potencial produtivo (ALVES et al., 2012a).

Melipona quadrifasciata é encontrada no território brasileiro, ao longo da costa litorânea, desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul, habitando originalmente as regiões de Mata Atlântica (MOURE; KEER, 1950). São conhecidas duas subespécies, a *M. quadrifasciata quadrifasciata* e *M. quadrifasciata anthidioides*, que são reconhecidas morfologicamente pelo padrão das bandas terciais (listras amarelas no abdômen). A diferença entre as subespécies são as bandas terciais amarelas e contínuas: três a cinco bandas do 3º ao 6º segmento em operárias e machos de *M. quadrifasciata quadrifasciata*, e bandas interrompidas (de duas a cinco bandas) em *M. quadrifasciata anthidioides* (SCHWARZ, 1948). A *Melipona quadrifasciata anthidioides* é encontrada desde o nordeste do estado de São Paulo até o extremo norte da Chapada Diamantina, na Bahia,

estendendo-se a Oeste até Minas Gerais e ao centro de Goiás (NUNES et al., 2013).

Melipona mandacaia é uma espécie que habita as regiões semiáridas do estado da Bahia, nidificando preferencialmente em ocos de árvores existentes na região, em cortiços ou troncos ocados artificialmente, além de frutos de Curcubitaceae. A principal espécie utilizada para a nidificação é *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae), conhecida por umburana-de-cambão na região, cuja abundância vem diminuindo devido o desmatamento da caatinga. A falta de árvores com oco de tamanho suficiente para abrigar enxames populosos de *M. mandacaia* pode causar a diminuição do número de enxames naturais (ALVES et al., 2016).

Conclusões

A criação de abelhas é uma excelente alternativa zootécnica com diversas possibilidades de exploração técnica e que pode ser associada a diferentes empreendimentos agropecuários, seja como fonte principal de renda ou como fonte complementar.

Os produtos e serviços das colônias de abelhas contribuem tanto para a melhoria de vida das pessoas quanto para o meio ambiente. Além de fornecer alimento rico e saudável, com valorização de mercado, esses produtos são sustentáveis, uma vez que o sucesso da criação depende principalmente da manutenção da vegetação com floradas ricas em pólen e néctar. A diversificação vegetal é muito importante para que as abelhas também tenham uma dieta diversificada de pólen e néctar, além da possibilidade de coletar tipos diferentes de resinas para a produção de própolis.

Por outro lado, as comunidades vegetais e da fauna associada são beneficiadas pela presença das abelhas, particularmente pelo papel importante que desempenham na polinização, permitindo a manutenção da biodiversidade. Dessa forma, as abelhas são peças chaves na formação de frutos e sementes necessários para

a reprodução vegetal e para uma infinidade de espécies de animais que se alimentam desses frutos e sementes. Um ciclo virtuoso se estabelece, onde todos os atores envolvidos se beneficiam e a possibilidade de exploração sustentável se torna possível.

Referências

ABEMEL. Associação Brasileira de Exportadores de Mel. **Setor apícola brasileiro em números inteligência comercial**: exportação brasileira de mel natural de 2014 a 2018. 2018. Disponível em: <http://brazilletsee.com.br/INTELIG%C3%8ANCIA%20COMERCIAL%20ABEMEL%20-%20JANEIRO2018.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

ALVES, R. M. O. et al. Areas of Natural Occurrence of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) in the State of Bahia, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.84, p.679-688, 2012a.

ALVES, R. M. O. et al. Correlation between production and biometric parameters in colonies of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae). **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v.12, n.1, p.91, 2019.

ALVES, R. M. O. et al ***Melipona mandacaia* Smith, 1863** - a abelha da caatinga do Velho Chico. Curitiba: CRV, 248 p., 2016.

ALVES, R. M. O. et al. Parâmetros biométricos e produtivos de colônias de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) em diferentes gerações. **Magistra**, Cruz das Almas, v.24, p.105-111, 2012b.

BESHERS, S. N.; FEWELL, J. H. Models of division of labor in social insects. **Annual Review of Entomology**, Lafayette, v.46, p.413-440, 2001.

BISHOP, H. **Robbing the bees**: a biography of honey - the sweet liquid gold that seduced the world. New York: Free Press, 326p., 2005.

BONSUCESSO, J. S. et al. Metals in geopropolis from beehive of *Melipona scutellaris* in urban environments. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.634, p.687-694, 2018.

CALDERONE, N. W. Insect pollinated crops, insect pollinators and US Agriculture, trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. **PLoS One**, San Francisco, v.7, n.5, p.e37235, 2012.

CARRECK, N.; WILLIAMS, I. The economic value of bees in the UK. **Bee World**, Abingdon, v.79, p.115-123, 1998.

CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; SOUZA, B. A. **Criação de abelhas sem ferrão**: aspectos práticos. Salvador: SEAGRI-BA, 42 p., 2003.

CARVALHO, C. A. L. et al. Proposta de regulamento técnico de qualidade físico-química do mel floral processado produzido por abelhas do gênero *Melipona*. In: VIT, P.; ROUBIK, D. (org.). **Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots**. Merida: SABER-ULA, v.16, p.1-9, 2013.

CARVALHO, C. A. L. et al. Five egg-laying queens in a single colony of Brazilian stingless bees (*Melipona scutellaris* Latreille). **Acta Amazonica**, Manaus, v.41, n.1, p.123-126, 2011.

CHAMBÓ, E. D. **Beekeeping and bee conservation**: advances in research. InTech, Rijeka, , 242 p., 2016.

CHAMBÓ, E. D. et al. Benefits of entomophile pollination in crops of *Brassica napus* and aspects of plant floral biology. In.: EL-ESAWI, M. A. **Brassica Germplasm** - Characterization, Breeding and Utilization. London: InTech, v.7, p.95-106, 2018.

CLARKE, P. J. Habitat islands in fire- prone vegetation: do landscape features influence community composition? **Journal of Biogeography**, Hoboken, v.29, n.5/6, p.677-684, 2002.

CONTRERA, F. A. L.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C. New horizons on stingless beekeeping (Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, p.48-51, 2011.

CORTOPASSI-LAURINO, M. et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, Celle, v.37, n.2, p.275-292, 2006.

CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel, 226 p., 1987.

DE MATTOS, I. M.; DE JONG, D.; SOARES, A. E. E. Island population of European honey bees in Northeastern Brazil that have survived *Varroa* infestations for over 30 years. **Apidologie**, Celle, v.47, p.818-827, 2016.

OLIVEIRA, P. D. A. et al. Levantamento das organizações associativas de apicultores e meliponicultores no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.47, n.4, p.51-62, 2016.

DEVILLERS, J. The ecological importance of honey bees and their relevance to ecotoxicology. In: DEVILLERS, J. (ed.) **Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals**. London, p.1-11, 2002.

ESCOBAR, A. L. S.; XAVIER, F. B. Propriedades fitoterápicas do mel de abelhas. **Revista Uningá**, Maringá, v.37, n.1, p.159-172, 2013.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Livestock primary, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em: 20 de março de 2020.

FRANCOY, T. M. et al. Morphometric and genetic changes in a population of *Apis mellifera* after 34 years of Africanization. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.8, n.2, p.709-717, 2009.

GARIBALDI, L. A. et al. From research to action: enhancing crop yield through wild pollinators. **The Ecological Society of America**, Washington, v.12, n.8, p.439-447, 2016.

GARRATT, M. P. D. et al. Avoiding a bad apple, Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.184, p.34-40, 2014.

GIANNINI, T. C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Washington, v.108, n.3, p.849-857, 2015.

GONÇALVES, L. S. Africanização das abelhas nas Américas, impactos e perspectivas de aproveitamento do material genético. **Naturalia**, Rio Claro, p.126-134, 1992.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos: Fundamentos da Entomologia**. São Paulo: ROCA, 460 p., 2017.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. Polinizadores e Polinização - um tema global. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. de A.; SARAIVA, A. M. (org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP, p. 25-45, 2012.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção da pecuária municipal. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportal/economicas/agriculturaepecuaria/9107-producao-da-pecuariamunicipal.html?&t=resultados> Acessado em: 28 de agosto de 2019.

KERR, W. E. The history of the introduction of African bees to Brazil. **South African Bee Journal**, Johannesburg, v.39, n.2, p.3-5, 1967.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha uruçú: biologia, manejo e conservação**. Paracatu: Fundação Acangau, 144 p., 1996.

KONO, Y.; KOHN, J. R. Range and Frequency of Africanized Honey Bees in California (USA). **PloS One**, San Francisco, v.10, p.e0137407, 2015.

LIMA JÚNIOR, C. A. et al. Population divergence of *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Meliponina) in two restricted areas in Bahia, Brazil. **Sociobiology**, Feira de Santana, v.59, p.107-122, 2012.

MAGALHÃES, T. L.; VENTURIERI, G. C. Aspectos econômicos de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 36p., 2010.

MAIA, U. M. et al. Meliponiculture in Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, Rio de Janeiro, v.37, n.4, p.327-333, 2015.

MICHENER, C. D. Classification of the Apidae. **University of Kansas Science Bulletin**, Kansas City, v.54, p.75-164, 1990.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore: Johns Hopkins, 953 p., 2007.

MISTRO, D. C.; RODRIGUES, L. A. D.; FERREIRA JR., W. C. The Africanized honey bee dispersal: a mathematical zoom. **Bulletin of Mathematical Biology**, Celle, v.67, n.2, p.281-312, 2005.

MOURE, J. S.; KERR, W. E. Sugestões para modificação da sistemática do gênero *Melipona* (Hymenoptera, Apoidea). **Dusenía**, Curitiba, v.18, p.105-29, 1950.

NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, C. A. L. Abelhas sociais e produtos da colmeia como indicadores de contaminação com metais: Revisão. In: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; CALVÃO, L. B. (org.) **A arte de criar abelhas**. Ponta Grossa: Atena Editora, p.1-12, 2019.

NASCIMENTO, A. S. et al. Honey from stingless bee as indicator of contamination with metals. **Sociobiology**, Feira de Santana, v.65, p. 727-736, 2018.

NASCIMENTO, A. S.; NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, C. A. L. Honey: the main product of Brazilian beekeeping activity and its quality requirements. In: PEREIRA, A. I. A. (org.). **Coletânea nacional sobre entomologia**. Ponta Grossa: Atena, 2020a, p.78-88.

NASCIMENTO, A. S. et al. Physicochemical characterization and determination of metals in *Apis mellifera* L. honey produced in a

region contaminated by lead. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v.12, p.1-17, 2020b.

NUNES, L. A. et al. Size and shape in *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera; Meliponini). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.73, p.887-893, 2013.

OLIVEIRA, D. J.; et al. Avaliação de métodos de conservação do mel de *Melipona quadrifasciata* com base no perfil sensorial e aceitabilidade. **Magistra**, Cruz das Almas, v.25, p.1-6, 2013.

OLIVEIRA, K. N. et al. Parâmetros genéticos para características produtivas e biométricas em abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.67, p.819-826, 2015.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Hoboken, v.120, n.3, p.321-326, 2011.

PASIN, L. E. V.; TERESO, M. J. A.; BARRETO, L. M. R. C. Análise da produção e comercialização de mel natural no Brasil no período de 1999 a 2010. **Agroalimentaria**, Merida, v.18, n.34, p.29- 2, 2012.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v.61, n.4, p.348-354, 2014. (Special Issue)

PEREIRA, F. M.; VILELA, S. L. O. **Estudo da cadeia produtiva do mel do estado de Alagoas**. Maceió: SEBRAE, 2003.

PINTO, F. A. et al. The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in southeastern Brazil apiaries: effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.64, p.194-199, 2012.

RAMALHO, M.; SILVA, M. D.; CARVALHO, C. A. L. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera:

Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. **Neotropical Entomology**, Celle, v.36, p.38-45, 2007.

RINDERER, T. E. Africanized bees: the Africanization process and potential range in the United States. **Bulletin of the Entomological Society of America**, Washington, v.32, p.222-227, 1986.

ROUBIK D. W. Ecology and Natural History of Tropical Bees, Cambridge, 1989.

SAMPAIO, R. B. et al. Avaliação de alimentadores para abelha mandaçaia (*Melipona quadrifasciata anthidioides*). **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.62, p.619-622, 2013.

SANCHES, M. A.; PEREIRA, A. M. S.; SERRÃO, J. E. Pharmacological actions of extracts of propolis of stingless bees (Meliponini). **Journal of Apicultural Research**, Abingdon, v.56, n.1, p.50-57, 2017.

SANT'ANA, R. S. et al. Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.327, p.127041, 2020.

SANTA-BARBARA, M. F. et al. Storage methods, phenolic composition, and bioactive properties of and pollen. **Journal of Apicultural Research**, Abingdon, v.59, p.1-9, 2020.

SANTOS, M. S. et al. Probiotic yogurt with Brazilian red propolis: physicochemical and bioactive properties, stability, and shelf life. **Journal of Food Science**, Hoboken, v.84, p.3429-3436, 2019.

SCHNEIDER, S. S. et al. The influence of hybridization between African and European honeybees, *Apis mellifera*, on asymmetries in wing size and shape. **Evolution**, Hoboken, v.57, p.2350-2364, 2003.

SAWE, T.; NIELSEN, A.; ELDEGARD, K. Crop Pollination in small-scale agriculture in Tanzania: household dependence, awareness and conservation. **Sustainability**, Basel, v.12, n.2228, p.1-13, 2020.

SCHWARZ, H. Stingless Bees (Meliponidae) of the Western Hemisphere. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, p.1-167, 1948.

SHACKLETON, K. et al. Appetite for self-destruction: suicidal biting as a nest defense strategy in *Trigona* stingless bees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Celle, v.69, n.2, p.273-281, 2015.

SILVA, I. P. et al. Detection of biogenic amines in mead of social bee. **LWT-Food Science and Technology**, Amsterdam, v.121, p.108969, 2020.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, F. A.; HRNCIR, M. Efeito de diferentes tratamentos de polinização em berinjela em casa de vegetação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.11, p.30-36, 2016.

SILVA, S. M. P. C. et al. Production and characterization of mead from the honey of stingless bees. **Journal of the Institute of Brewing**, Hoboken, v.124, p.108, 2018.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras**: Sistemática e Identificação. Belo Horizonte: Fundação Araucária, 253 p., 2002.

SLAA, E. J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, Celle, v.37, n.2, p.293-315, 2006.

SMITH, D. R.; TAYLOR, O. R.; BROWN, W. M. Neotropical Africanized Honey Bees Have African Mitochondrial dna. **Nature**, Celle, v.339, p.213-215, 1989.

SODRÉ, G. S. et al. Perfil sensorial e aceitabilidade de méis de abelhas sem ferrão submetidos a processos de conservação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.72-77, 2008.

SOUZA, L. S. et al. Produção de geoprópolis sob diferentes métodos de coleta em colônias de *Melipona scutellaris* Latreille

(Hymenoptera: Apidae). **Magistra**, Cruz das Almas, v.10, p.10-13, 2011.

TSUTSUMI, L. H.; OISHI, D. E. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Honey Bees (*Apis mellifera*). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**. Holualoa: Permanent Agriculture Resources, 29p., 2010.

TRINDADE, M. S. A. et al. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v.4, p.1519-5228, 2004.

VAN OYSTAEYEN, A. et al. Conserved class of queen pheromones stops social insect workers from reproducing. **Science**, Washington, v.343, n.6168, p.287-290, 2014.

VANENGELSDORP, D; MEIXNER, M. D. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v.103, p.80-95, 2009.

VENTURIERI, G. C. et al. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. de A.; SARAIVA, A. M. (org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP, p. 213- 236, 2012.

VIANA, J. L. et al. Genetic variability in *Melipona scutellaris* from Recôncavo, Bahia, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.12, p.3444-3454, 2013.

VINÍCIUS-SILVA, R. et al. Importance of bees in pollination of *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) in open field of the Southeast of Minas Gerais State, Brazil. **Hoehnea**, São Paulo, v.44, n.3, p.349-360, 2017.

VIT, P.; PEDRO, S. R.; ROUBIK, D. (ed.). **Pot-honey: A Legacy of Stingless Bees**. New York: Springer, 654p., 2013.

VIT, P.; PEDRO, S. R.M.; ROUBIK, D. (ed.) **Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology**. New York: Spring, 481p., 2018.

WINSTON, M. L. The biology and management of africanized honeybees. **Annual Review of Entomology**, Lafayette, v.37, p.173-193, 1992.

Comportamento higiênico em abelhas sem ferrão

Jossimara Neiva de Jesus

Roberto Barbosa Sampaio

Michelle Santos da Silva

Geni da Silva Sodré

Cândida Maria Lima Aguiar

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Introdução

A importância das abelhas é facilmente estimada pela oferta de produtos de alto valor biológico e econômico como o mel, a própolis, o pólen e a geleia real. No entanto, é a polinização o serviço ecossistêmico prestado por esses insetos que representa de fato a sua maior importância (CHAMBÓ, 2016). Esse serviço possibilita o aumento da variabilidade genética vegetal garantindo a manutenção da biodiversidade, além de incrementar a quantidade e ou qualidade de alimentos cultivados (ROUBIK, 2018). O valor econômico da polinização em nível global varia entre US\$ 235 bilhões e US\$ 577 bilhões (POTTS; IMPERATRIZ-FONSECA; NGO, 2016). No Brasil, calcula-se um valor anual de US\$ 12 bilhões relacionados à produção agrícola (GIANNINI et al., 2015).

É a relação mutualística entre abelhas e plantas que garante a manutenção do serviço de polinização. Aproximadamente 87% das plantas com flores dependem da polinização, principalmente realizada por abelhas (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). Além disso, estima-se que as abelhas sejam responsáveis pela polinização de 75% das plantas cultivadas produtoras de alimentos (POTTS et al., 2016), sendo que no Brasil esse número chega a 89% (GIANNINI et al., 2015). As abelhas sociais *Apis mellifera* e as espécies de abelhas sem ferrão (ASF) correspondem a 41% e 39% da polinização de

cultivos agrícolas no Brasil, respectivamente (POTTS; IMPERATRIZ-FONSECA; NGO, 2016).

Embora *A. mellifera* seja uma espécie exótica com grande importância na polinização de cultivos por ser capaz de polinizar diversas espécies vegetais de interesse econômico, existem algumas limitações na sua utilização, como a alta defensividade e o manejo das colônias, que exige técnicas e cuidado robustos, a fim de evitar acidentes nas áreas de cultivos. As abelhas nativas, dentre elas as ASF, são consideradas os polinizadores mais importantes de culturas no mundo, com papel independente da *A. mellifera* (GARIBALDI et al., 2013). Desse modo, a utilização de espécies de ASF para polinização desses cultivos é uma importante estratégia, já que possui vantagens consideráveis como a ausência de ferrão funcional, a baixa defensividade (SLAA et al., 2006) e esforços de manejo menos robustos do que os empregados para *A. mellifera*.

Abelhas sem ferrão

O grupo das abelhas sem ferrão tem distribuição restrita às regiões tropicais e subtropicais, com expressiva diversidade nas regiões neotropicais, com cerca de 400 espécies descritas (CAMARGO; PEDRO, 2012). No Brasil há registro de 244 espécies com nomes válidos e aproximadamente 89 formas ainda não descritas (PEDRO, 2014). Desse total, 101 estão associadas aos cultivos agrícolas, sendo 41 já reconhecidas como polinizadoras, entre as quais 15 com eficiência de polinização confirmada em áreas de cultivo (POTTS; IMPERATRIZ-FONSECA; NGO, 2016).

Além da importância agrícola, ambiental e cultural, essas abelhas também são importantes para o desenvolvimento da meliponicultura, atividade técnica praticada há muitos anos pelos povos indígenas das Américas que visa à produção de mel e demais produtos da colônia (QUEZADA-EUÁN et al., 2018). Essa

atividade é desenvolvida em todo o território brasileiro por grandes e pequenos produtores, especialmente de base familiar, nas regiões Norte e Nordeste do país, onde valores socioculturais também estão associados (CARVALHO; ALVES; SOARES, 2003; VENTURIERI et al., 2012).

As espécies pertencentes ao gênero *Melipona* têm destaque na meliponicultura na América Tropical devido aos produtos altamente apreciados e valorizados, assim como pela qualidade do mel produzido (QUEZADA-EUÁN et al., 2018), a exemplo da *Melipona scutellaris* Latreille, 1811, conhecida popularmente como uruçú (ALVES et al., 2019), e da *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836, conhecida por mandaçaia (BRITO et al., 2013). O sucesso da meliponicultura está atrelado às interações entre a espécie, manejo, nutrição, genética, sanidade e ambiente. Mas, como em qualquer atividade de produção animal, especialmente com adensamento de colônias no plantel, as abelhas são suscetíveis a doenças, parasitas e contaminações diversas que reduzem os níveis de sanidade das colônias.

Saúde das abelhas

O declínio de polinizadores, especialmente as abelhas, relatado em diversas partes do mundo decorre de uma associação de fatores como alterações do clima, degradação e fragmentação de habitats, o uso de agrotóxicos e a ocorrência de pragas e doenças (GOULSON, 2019). Os aspectos sanitários em ASF são pouco estudados, embora sejam encontrados diferentes registros nas últimas décadas sobre essa temática, como a morte de crias em colônias de *Tetragonula carbonaria* pela bactéria *Lysinibacillus sphaericus* na Austrália (SHANKS et al., 2017). Na América do Sul, as perdas de colônias de ASF podem estar relacionadas a bactérias patogênicas (DÍAZ et al., 2017). Além disso, o microsporídeo *Nosema ceranae*, parasita

de *A. mellifera*, apesar de não provocar a morte das colônias, já foi detectado em espécies de abelha sem ferrão da Argentina e do Brasil, inclusive em *M. quadrifasciata anthidioides* (PORRINI et al., 2017), o que eleva a preocupação do nível de sanidade das colônias no plantel.

Resultados positivos para o vírus da paralisia aguda das abelhas (ABPV) foram obtidos em colônias de abelhas brasileiras *Melipona scutellaris* (UEIRA-VIEIRA et al., 2015), e variantes do vírus deformador da asa (DWV) foram encontrados em *Melipona subnitida* (SOUZA et al., 2019). De modo geral, os níveis de doença observados em ASF são baixos se comparados aos relatados em *A. mellifera*, embora não signifique que há enfermidades nessas abelhas, pois tal quadro, provavelmente, se deve a mecanismos efetivos de controle de patógenos na colônia (AL TOUFAILIA et al., 2016).

Mecanismos de defesa

O repertório de defesa das abelhas sem ferrão reúne mecanismos fisiológicos, anatômicos (SCHORKOPF et al., 2009; LEONHARDT, 2017), produção de antibióticos [própolis e geoprópolis e substâncias cáusticas (GRECO et al., 2010)], além de estratégias comportamentais como mordidas, deposição de resinas vegetais nos inimigos (COUVILLON et al., 2008; NUNES et al., 2008) e o comportamento higiênico (AL TOUFAILIA et al., 2016; JESUS et al., 2017), que tem se destacado por aumentar os níveis de sanidade das colônias funcionando como controle natural de pragas e doenças.

Comportamento higiênico

O comportamento higiênico (CH) é um mecanismo de defesa expressado pelas abelhas operárias e que está sob forte controle genético (BIGIO; SCHÜRCH; RATNIEKS, 2013). É caracterizado pela remoção de crias mortas, doentes ou parasitadas do interior da colônia

(SPIVAK; REUTER, 2008), sendo indicado como o principal fator de resistência das abelhas aos parasitas e organismos patogênicos que ameacem a sanidade das colônias (EVANS; SPIVAK, 2010).

A primeira observação de comportamento higiênico em abelhas foi relatada por Park e colaboradores, em 1930, ao observarem colônias de *A. mellifera* resistentes a *Paenibacillus larvae*, bactéria causadora da Cria Pútrida Americana (ROTHENBUHLER, 1964). Desde então, o comportamento higiênico tem sido estudado frente a outras doenças de cria em abelhas do gênero *Apis*, como a criagiz (causada pelo fungo *Ascospaera apis*) (SPIVAK; REUTER, 2001) e a varroatose (causada pelo ácaro *Varroa destructor*) (RASOLOFOARIVAO et al., 2015).

Além da abordagem relacionada à resistência das abelhas às pragas e doenças, os estudos do comportamento higiênico em *A. mellifera* também têm sido realizados visando ao entendimento sobre a associação de diferentes características herdáveis, como a expressão do CH (SWANSON et al., 2009; OXLEY; SPIVAK; OLDROYD, 2010), herdabilidade (STANIMIROVIC et al., 2008; COSTA-MAIA et al., 2011), aumento da produção de mel e pólen (NICODEMO et al., 2013) e estímulos para a remoção das crias (MCAFEE et al., 2018). Esses estudos também poderão ser desenvolvidos com as ASF visando à produção de colônias mais produtivas e resistentes a diferentes fatores bióticos e abióticos.

Para identificar as colônias com alta sensibilidade na remoção de crias mortas ou doentes foram desenvolvidos diversos métodos que têm sido relatados desde os anos 1960 a fim de produzir mortalidade de crias e quantificar sua remoção pelas abelhas. Os bioensaios mais utilizados são: perfuração de crias utilizando alfinete entomológico e congelamento de crias utilizando nitrogênio líquido (GRAMACHO et al., 1999).

Em abelhas sem ferrão os estudos de CH são recentes, datando de 2009 (MEDINA; HART; RATNIEKS, 2009; NUNES-

SILVA; IMPERATRIZ-FONSECA; GONÇALVES, 2009), e ainda tratam de questões iniciais desse comportamento, como a eficiência de remoção. Os estudos dessa temática em ASF devem avançar para elucidar questões mais específicas, uma vez que a diversidade e as particularidades das abelhas sem ferrão podem ter ritos do CH distintos daqueles já conhecidos para as espécies do gênero *Apis*.

Neste contexto, este Capítulo objetiva descrever o comportamento higiênico em *Melipona scutellaris* e *Melipona quadrifasciata anthidioides* através de dois relatos de caso descritivo. Foram analisados os resultados dos experimentos realizados com as referidas espécies utilizando-se o método da perfuração de crias com alfinete entomológico e o método do congelamento de crias com nitrogênio líquido; a finalidade foi avaliar o comportamento higiênico das colônias. Os estudos foram realizados na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia entre os anos de 2012 e 2015, no município de Cruz das Almas-Bahia, Brasil.

Perfuração de crias

O método de perfuração consiste em perfurar as crias na idade de pupa dentro dos alvéolos utilizando um alfinete entomológico (NEWTON; OSTASIEWISKI, 1986) e, como medida de avaliação, a colônia é considerada higiênica se a área de teste apresentar remoção superior a 80% dentro de 24 horas (GRAMACHO; GONÇALVES, 1994). Esse método é o mais usado, principalmente por ser econômico e de fácil realização; no entanto tem o inconveniente da possibilidade de fluidos corporais das crias mortas chegarem à superfície da célula, o que pode estimular a percepção dos danos às crias antecipando sua remoção pelas operárias (GRAMACHO et al., 1999). Contudo, esse método possui praticidade e baixo custo, tornando-o recomendado para aplicação ao nível de campo por apicultores e meliponicultores.

Congelamento de crias

O método de congelamento de crias com nitrogênio líquido (N_2) foi proposto por Spivak e Downey (1998) visando a reduzir a manipulação das áreas de teste para CH. Esse método consiste em delimitar uma área de cria com auxílio de um cilindro, no qual será vertido o nitrogênio líquido, para obtenção de crias mortas por congelamento. O disco de cria é cuidadosamente retirado da colônia para essa etapa. Outra área é igualmente demarcada como controle para posterior comparação. Após o descongelamento da área de cria, o cilindro é retirado e a área devolvida à colônia, calculando-se 24 horas depois o percentual de remoção de crias, que deve ser superior a 95% para que a colônia seja considerada higiênica (SPIVAK; REUTER, 1998).

Comportamento higiênico em *M. scutellaris*

No experimento para avaliação do CH em *M. scutellaris* foram utilizadas 39 colônias alojadas em caixas de madeira, modelo INPA. O método de perfuração de pupas utilizando de alfinete entomológico número 2 (GRAMACHO; GONÇALVES, 1994) foi aplicado, de modo que, em cada colônia, foi marcado um conjunto de 50 células de cria com um corretivo atóxico, sendo 25 células marcadas com corretivo branco (controle) e 25 células marcadas com corretivo adicionado corante alimentício rosa para pupas de olho rosa. Um segundo conjunto de 50 células foi marcado com 25 para o controle (corretivo branco) e 25 com corante verde para larva de último instar. As células coradas (rosa e verde) foram perfuradas e avaliadas no período de 24, 48, 72 e 96 horas após a perfuração, quando foi quantificado o número de células removidas (Figura 1).

Figura 1 - (a, b) Perfuração de crias de *Melipona scutellaris* com alfinete entomológico. Área delimitada na cor branca (controle), rosa (pupas de olho rosa) e verde (larvas de último instar); (c) Remoção de crias por operárias após 24 horas.



Fonte: Acervo Insecta/UFRB.

O estudo indicou que 5,40% das colônias foram consideradas higiênicas na remoção de larvas e 2,56% na remoção de pupas (Tabela 1), conforme a recomendação de Gramacho e Gonçalves (1994). Apesar do percentual de colônias higiênicas ter sido baixo neste relato de caso, a presença dessa característica no plantel indicou o potencial para a seleção genética das colônias.

Os estudos disponíveis na literatura referentes ao CH em espécies de abelhas sem ferrão revelam uma variação no percentual de remoção das crias mortas. Em *Plebeia remota*, ocorreu remoção de 69,6% em 24 horas com a utilização do método de perfuração (NUNES-SILVA; IMPERATRIZ-FONSECA; GONÇALVES, 2009). Em *Scaptotrigona pectoralis* e *Melipona beecheii* foi verificada remoção de 97% e 66%, respectivamente, 48 horas após os testes, utilizando-se o método de congelamento de pupas (MEDINA; HART; RATNIEKS, 2009). Para *M. scutellaris* o percentual de colônias higiênicas foi de 90% utilizando-se o congelamento em freezer (AL TOUFALIA et al., 2016). Embora tenham sido aplicados diferentes métodos, a variação pode representar a diversidade genética entre as espécies e entre as colônias em cada espécie.

Tabela 1 - Percentual de colônias de *Melipona scutellaris* e as respectivas remoções categorizadas em faixas de remoção.

Faixa de remoção (%)	Porcentagem de colônias (n=39)							
	24 horas		48 horas		72 horas		96 horas	
	Larva	Pupa	Larva	Pupa	Larva	Pupa	Larva	Pupa
0-20	86,50	87,18	67,57	76,92	40,54	71,79	27,03	60,00
21-40	2,70	5,13	10,81	12,82	13,51	10,26	5,40	10,00
41-60	5,40	5,13	5,40	5,13	8,11	10,26	2,70	10,00
61-80	0	0	10,82	0	8,11	0	10,81	3,33
81-100	5,40	2,56	5,40	5,13	29,73	7,69	54,06	16,67
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: construído pelos autores, 2020.

No estudo com *M. scutellaris* também foi observada diferença significativa quanto à remoção acumulada de crias na faixa de 81-100% nos períodos de 72 e 96 horas, nos quais a remoção de larvas foi superior à de pupas (Tabela 1). As abelhas removiam as larvas mortas com mais facilidade quando em comparação com a remoção das pupas mortas. As operárias geralmente dilaceravam as pupas durante a remoção. Estes resultados indicam que a padronização de uma fase de desenvolvimento da abelha (larva ou pupa) é fundamental na resposta durante a avaliação dos testes de comportamento higiênico.

Além disso, este estudo também sugere que a maior espessura dos opérculos e o cheiro da resina podem mascarar os odores emanados das crias de *M. scutellaris*, sendo necessário mais tempo para detecção e remoção das crias mortas, o que certamente superaria as 24 horas já estabelecidas para *A. mellifera*. De acordo com Morais et al. (2010), o cerume pode reduzir a quantidade de poros nos opérculos, sendo um fator relacionado à eficácia da detecção olfativa das abelhas.

Com relação às diferentes etapas do comportamento, o estudo revelou que *M. scutellaris* segue etapas semelhantes às aquelas realizadas por *A. mellifera*, mas foi observado que as abelhas operárias, após removerem a cria morta, destroem a célula da qual a cria foi removida. Este mecanismo também foi relatado por outros autores com diferentes espécies de abelha sem ferrão, sendo considerado importante para o controle de doenças e parasitas, já que não há reaproveitamento de células (MEDINA; HART; RATNIEKS, 2009; NUNES-SILVA; IMPERATRIZ-FONSECA; GONÇALVES, 2009). O modo de alimentação das crias em abelhas sem ferrão configura uma diferença importante comparado ao modo de *A. mellifera*. Nas ASF o alimento é colocado nas células antes da postura dos ovos pela rainha, reduzindo as visitas de operárias às células e favorecendo a sanidade das crias, ao contrário do que ocorre em *A. mellifera*, cujas crias são alimentadas paulatinamente durante o seu desenvolvimento (MAIA-SILVA et al., 2016) e a célula permanece aberta durante a fase larval, o que aumenta a chance de ocorrência de doenças e parasitas.

O estudo também investigou o CH com base no estado de desenvolvimento da colônia e da cria (pupa e larva de último instar), considerando como colônias fortes aquelas instaladas em caixas INPA com dois módulos (ninho e sobre ninho com 10 a 12 discos de crias) e como colônias fracas aquelas que estavam instaladas em apenas um módulo (ninho com 5 a 6 discos de crias), restringindo o espaço de postura da rainha. Para esse parâmetro não foram encontradas diferenças significativas na metodologia aplicada, que relacionou o desenvolvimento da colônia (forte e fraca) com a capacidade de remoção da cria (pupa e larva de último instar). Esse resultado foi semelhante ao observado em colônias de *Plebeia remota* (NUNES-SILVA; IMPERATRIZ-FONSECA; GONÇALVES, 2009).

Comportamento higiênico em *M. quadrifasciata anthidioides*

O comportamento higiênico foi quantificado em 40 colônias de *Melipona quadrifasciata anthidioides* usando-se o método de congelamento com nitrogênio líquido (N₂) (SPIVAK; REUTER, 1998) adaptado para as dimensões do ninho da espécie em estudo. Em cada colônia foi marcada uma área com sete células de cria contendo pupa de olho negro e sete contendo larvas de último instar, com suas respectivas áreas de controle (Figura 2a). Com auxílio de um cilindro de PVC (2 cm de diâmetro x 3 cm de altura) colocado sobre as áreas previamente selecionadas (Figura 2b) foram vertidos 12 mL de nitrogênio líquido para o congelamento das crias (Figura 2c).

No estudo, foi analisada a proporção média acumulada de remoção de larvas e pupas mortas em três experimentos realizados em diferentes meses do ano, considerados períodos de teste I, II e III. Além disso, todas as colônias avaliadas para o CH tiveram o tamanho da população estimado antes de cada repetição de acordo com Ihering (1932), após a mensuração do número de células de cria (AIDAR, 2010).

Os percentuais de crias removidas dentro de 48 horas para as 40 colônias estudadas foram de: 75% para remoção de larva e 15% para remoção de pupas. A média do número de dias para a remoção de todas as larvas mortas por congelamento foi de 2,90 dias e para pupas foi de 5,02 dias.

Em comparação com outras espécies de abelhas sem ferrão, as colônias de *M. q. anthidioides* foram mais eficazes em remover todas as larvas mortas do que *M. beecheii* ($4,4 \pm 2,0$ dias) (média \pm Desvio Padrão) e similar a *Scaptotrigona pectoralis* ($2,3 \pm 0,6$) (MEDINA; HART; RATNIEKS, 2009).

Figura 2 - (a) Disco de cria de *Melipona quadrifasciata anthidioides* com delimitação para teste de comportamento higiênico. Área delimitada na cor branca (controle), cor rosa (larvas de último instar) e cor verde (pupas de olho rosa); (b) aplicação do nitrogênio líquido; (c) operárias realizando o comportamento higiênico.



Fonte: Acervo Insecta/UFRB.

No estudo foi relatado, com base em modelos de regressão, que a população não influenciou a remoção de larvas, embora quanto mais populosa a colônia, mais rápida foi a remoção de pupas. A estimativa média de remoção das crias está apresentada na Tabela 2.

Ao se considerar a variação do percentual de colônias que removeram mais do que 95% das crias mortas por congelamento até 48 h em cada período de teste, verificou-se que a remoção de larvas variou de 25% no período I para 85% das colônias no período III, e para a remoção de pupas o percentual variou de 4% no período I para 26% das colônias no período III. Isso indica que as variações ambientais nos meses de estudo influenciaram o comportamento higiênico.

Tabela 2 - Estimativa média de remoção de crias de *M. quadrifasciata anthidioides* com base na população média das colônias.

Tempo (h)	Larva (%)	Pupa (%)
24	51,97	22,52
48	65,32	33,98

Fonte: construído pelos autores, 2020.

*Os dados foram obtidos a partir do cálculo de estimativa média de indivíduos por colônia.

Conclusões

Os relatos de casos contribuem para o conhecimento sobre o comportamento higiênico das espécies de ASF, *Melipona scutellaris* e *Melipona quadrifasciata anthidioides*, que são organismos importantes para a manutenção de serviços ecossistêmicos e para a meliponicultura.

A seleção de colônias com base no comportamento higiênico deverá favorecer os plantéis onde haja maior eficácia na remoção de crias mortas, com conseqüente aumento nos níveis de sanidade das colônias.

Para *Melipona scutellaris* o percentual de remoção não foi influenciado pelo tamanho da colônia. Para o estudo de CH nesta espécie recomenda-se o uso de larvas de último instar, uma vez que estas foram removidas mais rapidamente quando na comparação com a remoção das pupas. O tamanho da população influenciou a remoção de pupas de *M. quadrifasciata anthidioides*. Esta descoberta também sugere que o comportamento higiênico deve ser avaliado a partir de larvas de último instar, pois independe do tamanho da população para a eficiência de remoção.

De acordo com os resultados obtidos nos relatos apresentados, os métodos de perfuração e congelamento de crias com nitrogênio líquido são eficientes para avaliação do comportamento higiênico nas espécies estudadas. No entanto, em ambos os estudos se nota que as diferenças nas etapas do comportamento de remoção das crias, aliado às particularidades das espécies, dificultam a interpretação dos resultados. Além disso, a utilização de diferentes métodos nos estudos gera dificuldades para comparar os resultados entre as espécies. Desse modo, se faz necessário definir um protocolo para estudos de comportamento higiênico nas espécies de abelha sem ferrão considerando essas particularidades.

Referências

- AIDAR, D. S. **A mandaçaia**: biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). Ribeirão Preto: FUNPEC-Editora, 161 p., 2010.
- AL TOUFAILIA, H. et al. Both hygienic and non-hygienic honeybee, *Apis mellifera*, colonies remove dead and diseased larvae from open brood cells. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v.373, n.1751, p.20170201, 2018.
- AL TOUFAILIA, H. et al. Hygienic behavior in Brazilian stingless bees. **Biology Open**, Cambridge, v.5, n.11, p.1712-1718, 2016.
- ALVES, R. M. O. et al. Correlation between production and biometric parameters in colonies of *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae). **Scientific Electronic Archives**, Rondonópolis, v.12, n.1, p.91, 2019.
- BIGIO, G.; SCHÜRCH, R.; RATNIEKS, F. L. W. Hygienic behaviour in honey bees (Hymenoptera: Apidae): effects of brood, food, and time of the year. **Journal of Economic Entomology**, Washington, v.106, n.6, p.2280-2285, 2013.
- BRITO, B. B. P. et al. Parâmetros biométricos e produtivos de colônias em gerações de *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.62, n.238, p.265-273, 2013.
- CAMARGO J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lapeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G.A.R. (org.). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. 2012. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 9 de junho de 2020.
- CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; SOUZA, B. A. **Criação de abelhas sem ferrão**: aspectos práticos. Salvador: SEAGRI-BA, 42 p., 2003.

CHAMBÓ, E. D. **Beekeeping and bee conservation**: advances in research. Rijeka: InTech, 242 p., 2016.

COSTA-MAIA, F. M. et al. Estimates of covariance components for hygienic behaviour in Africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.9, p.1909-1916, 2011.

COUVILLON, M. J. et al. Comparative study in stingless bees (*Meliponini*) demonstrates that nest entrance size predicts traffic and defensivity. **Journal of Evolutionary Biology**, Hoboken, v.21, n.1, p.194-201, 2008.

DÍAZ, S. et al. Report on the microbiota of *Melipona quadrifasciata* affected by a recurrent disease. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v.143, p.35-39, 2017.

EVANS, J. D.; SPIVAK, M. Socialized medicine: individual and communal disease barriers in honey bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v.103, n.1, p.62-72, 2010.

GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, Washington, v.339, p.1608-1611, 2013.

GIANNINI, T. C. et al. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Washington, v.108, n.3, p.849-857, 2015.

GOULSON, D. The insect apocalypse, and why it matters. **Current Biology**, Cambridge, v.29, n.19, p.R967-R971, 2019.

GRAMACHO, K. P. et al. Influence of body fluid from pin-killed honey bee pupae on hygienic behavior. **Apidologie**, Celle, v.30, n.5, p.367-374, 1999.

GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Estudo comparativo dos métodos de congelamento e perfuração de crias para avaliação

do comportamento higiênico em abelhas africanizadas. *In*: CONGRESO IBEROLATINOAMERICANO DE APICULTURA, 4, 1994, Rio Cuarto. **Anais** [...]. Rio Cuarto, Córdoba, p. 45, 1994.

GRECO, M. K. et al. The alternative Pharaoh approach: stingless bees mummify beetle parasites alive. **Naturwissenschaften**, Celle, v.97, n.3, p.319-323, 2010.

IHERING, H. A. Uruçu na Apicultura Nordestina. **Chácaras e Quintais**, Rio de Janeiro, v.46, p.292-296, 1932.

JESUS, J. N. et al. Hygienic behavior in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Apidae, Meliponini). **Apidologie**, Celle, v.48, n.4, p.504-512, 2017.

LEONHARDT, S. Chemical Ecology of Stingless Bees. **Journal of Chemical Ecology**, Celle, v.43, n.4, p.385-402, 2017.

MAIA-SILVA, C. et al. Stingless bees (*Melipona subnitida*) adjust brood production rather than foraging activity in response to changes in pollen stores. **Journal of Comparative Physiology A**, Celle, v.202, n.9-10, p.723-732, 2016.

MCAFEE, A. et al. A death pheromone, oleic acid, triggers hygienic behavior in honey bees (*Apis mellifera* L.). **Scientific Reports**, Celle, v.8, n.1, p.5719, 2018.

MEDINA, L. M. et al. Hygienic behavior in the stingless bees *Melipona beecheii* and *Scaptotrigona pectoralis* (Hymenoptera: Meliponini). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.8, n.2, p.571-576, 2009.

MORAIS, M. M. et al. A scientific note about spectroscopic analysis of honey bee brood comb cappings in hygienic and non-hygienic honey bee colonies. **Apidologie**, Celle, v.41, n.5, p.531-533, 2010.

NEWTON, D.; OSTASIEWSKI, N. A simplified bioassay for behavioral resistance to American foulbrood in honey bees (*Apis*

mellifera L.). **American Bee Journal**, Hamilton, v.126, n.4, p.278–281, 1986.

NICODEMO, D. et al. Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.12, n.1, p.6931-6938, 2013.

NUNES, T. M. et al. Nestmate recognition in a stingless bee: does the similarity of chemical cues determine guard acceptance? **Animal Behaviour**, Amsterdam, v.75, n.3, p.1165- 1171, 2008.

NUNES-SILVA, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. P.; GONÇALVES, L. S. Hygienic behavior of the stingless bee *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.2, n.2, p.649-654, 2009.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Hoboken, v.120, n.3, p.321-326, 2011.

OXLEY, P. R.; SPIVAK, M.; OLDROYD, B. P. Six quantitative trait loci influence task thresholds for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera*). **Molecular Ecology**, Hoboken, v.19, n.7, p.1452-61, 2010.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v.61, n.4, p.348-354, 2014. (Special Issue)

PORRINI, M. P. et al. *Nosema ceranae* in South American native stingless bees and social wasp. **Microbial Ecology**, Celle, v.74, n.4, p.761-764, 2017.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T. (ed). **The assessment report on pollinators, pollination and food production of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services**. Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, IPBES, 552 p., 2016.

POTTS, S. G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, Celle, v.540, n.7632, p.220, 2016.

QUEZADA-EUÁN, J. J. G. et al. Economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of Tropical America. **Sociobiology**, Feira de Santana, v.65, n.4, p.534-557, 2018.

RASOLOFOARIVAO, H. et al. Assessing hygienic behavior of *Apis mellifera unicolor* (Hymenoptera: Apidae), the endemic honey bee from Madagascar. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.14, n.2, p.5879-5889, 2015.

ROTHENBUHLER, W. C. Behavior genetics of nest cleaning behavior in honeybees. I. Response of four inbred lines to disease killed brood. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v.12, n.4, p.578-583, 1964.

ROUBIK, D. W. **The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners**. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO), 2018.

SCHORKOPF, D. L. P. et al. Mandibular gland secretions of meliponine worker bees: further evidence for their role in interspecific and intraspecific defense and aggression and against their role in food source signaling. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v.212, n.8, p.1153- 1162, 2009.

SHANKS, J. L. et al. First confirmed report of a bacterial brood disease in stingless bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, Amsterdam, v.144, n.1, p.7-10, 2017.

SLAA, E. J. et al. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, Celle, v.37, n.2, p.293-315, 2006.

SOUZA, F. S. et al. Occurrence of deformed wing virus variants in the stingless bee *Melipona subnitida* and honey bee *Apis mellifera* populations in Brazil. **Journal of General Virology**, London, v.100, n.2, p.289-294, 2019.

SPIVAK, M.; DOWNEY, D. L. Field assays for hygienic behavior in honey bees (Apidae: Hymenoptera). **Journal of Economic Entomology**, Washington, v.91, n.1, p.64–70, 1998.

SPIVAK, M.; REUTER, G. S. Honey bee hygienic behavior. **American Bee Journal**, Hamilton, v.138, n.4, p.283-286, 1998.

SPIVAK, M.; REUTER, G. S. New direction for the Minnesota hygienic line of bees. **American Bee Journal**, Hamilton, v.148, n.1, p.1085-1086, 2008.

SPIVAK, M.; REUTER, G. S. Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior. **Apidologie**, Celle, v.32, p.555-565, 2001.

STANIMIROVIC, Z. et al. Heritability of hygienic behavior in grey honey bees (*Apis mellifera carnica*). **Acta Veterinaria**, Beograd, v.58, n.5-6, p.593-601, 2008.

SWANSON, J. A. I. et al. Odorants that induce hygienic behavior in honeybees: identification of volatile compounds in chalkbrood-infected honeybee larvae. **Journal of Chemical Ecology**, Celle, v.35, n.9, p.1108-1116, 2009.

UEIRA-VIEIRA, C. et al. Scientific note on the first molecular detection of the acute bee paralysis virus in Brazilian stingless bees. **Apidologie**, Celle, v.46, n.5, p.628-630, 2015.

VENTURIERI, G. C. et al. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. de A.; SARAIVA, A. M. (org.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: EDUSP, p.213-236, 2012.

Sobre os autores

Adriana Regina Bagaldo

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), Mestrado e Doutorado em Ciência Animal e Pastagens pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Docente na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e orienta no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB e no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Possui experiência na área de Zootecnia, com ênfase em avaliação de alimentos para ruminantes.

Ana Patrícia David de Oliveira

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco (UPE), Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) vinculada ao Programa de Pós-Graduação da UFRB. Possui experiência em Zootecnia, com ênfase em Alimentação e Nutrição Animal.

Andreia Santos do Nascimento

Graduação em Engenharia Agrônoma e Mestrado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Doutorado em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP) e Pós-Doutorado pela UFRB. Pesquisadora do Grupo de Pesquisa Insecta da UFRB. Possui experiência em pesquisa com os temas: ecologia e comportamento dos insetos, apicultura, meliponicultura, palinologia e no uso das abelhas e dos produtos da colmeia como bioindicadores de qualidade ambiental.

Angélica Maria Lucchese

Graduação em Química Industrial pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Doutorado em Química Orgânica pela Universidade São Paulo (USP). Docente Titular da Universidade Estadual de Feira

de Santana (UEFS). Desenvolve atividades de pesquisa em Química de Produtos Naturais, com ênfase em plantas aromáticas e óleos essenciais. Atua nos Programas de Pós-graduação em Biotecnologia, Recursos Genéticos Vegetais e Ciências Farmacêuticas da UEFS.

Bruna de Jesus Almeida

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestrado em Ciência Animal pela UFRB.

Bruna Yasnaia de Souza Oliveira

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Possui experiência em Zootecnia, com ênfase em Alimentação e Nutrição de Ruminantes e Bem-estar animal.

Cândida Maria Lima Aguiar

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Mestrado em Zoologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Doutorado em Entomologia pela Universidade de São Paulo (USP) e Estágio Pós-Doutoral na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Docente Titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Possui experiência em pesquisa com os temas: ecologia e comportamento de abelhas, polinização com abelhas solitárias e saúde das abelhas. Atua como orientadora nos Programas de Pós-graduação em Zoologia (UEFS) e em Ciências Agrárias (UFRB).

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Graduação em Engenharia Agrônoma, Especialização em Educação e Mestrado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutorado em Ciências com ênfase em Entomologia e Estágio Pós-Doutoral pela Universidade de São Paulo (USP). Docente Titular da UFRB, Membro da Academia de Ciências da Bahia (ACB) e Bolsista PQ do CNPq. Possui experiência em pesquisa com os temas: ecologia e comportamento dos insetos,

apicultura, meliponicultura, polinização, caracterização físico-química e microbiológica dos produtos e subprodutos da colmeia. Atua como orientador nos Programas de Pós-graduação em Ciência Animal e em Ciências Agrárias (UFRB).

Daniele Rebouças Santana Loures

Graduação e Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Doutorado em Agronomia (Ciência Animal e Pastagens) pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Docente Adjunta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em Zootecnia, com ênfase em Conservação de Alimentos para Animais, atua principalmente nos seguintes temas: conservação de forragens, silagens de gramíneas tropicais, resíduos agrícolas e agroindustriais, nutrição de ruminantes, aditivos para conservação de forragens e sistemas integrados.

Denise Soledade Peixoto Pereira

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Especialista em Processamento e Controle de Qualidade de Alimentos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestre em Ciência Animal nos Trópicos, na área de Sanidade de Organismos Aquáticos, com ênfase em Microbiologia, pela UFBA. Doutora em Ciência Animal, na área de Saúde Animal, com ênfase em análises hematológicas, histológicas e bioquímicas, pela UFBA. Pós-doutorado nas áreas de Nutrição, Sanidade e Comportamento de animais aquáticos, pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Atualmente é coordenadora do Serviço de Inspeção Municipal pelo Consórcio de Território do Recôncavo da Bahia (CRT).

Edna Dória Peralta

Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Católica do Salvador (UCSal). Doutora em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Técnico Universitário da UEFS e Docente da Faculdade Anísio Teixeira de Feira de Santana (FAT). Possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Análise Físico-química, microbiológica e microscópica de alimentos, tecnologia de pescados,

prospecção de moléculas bioativas de plantas, análises instrumentais e atividade biológica de metabólitos secundários.

Edenilce de Fátima Ferreira Martins

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Mestrado em Ciência Animal pela UFMT. Doutorado em Zootecnia (Produção Animal) pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pós-doutorado em Zootecnia pela UFMG. Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e Pesquisadora do Grupo de Pesquisa AQUA/UFRB. Tem experiência na área: fisiologia da reprodução, reprodução de peixes/biotecnologias (criopreservação de sêmen e ovócitos), larvicultura, desenvolvimento embrionário de espécies de peixes nativos, nutrição e comportamento alimentar de organismos aquáticos.

Ernani Macedo Pedreira

Graduação em Engenharia Agrônômica e Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Especialização em Desenvolvimento Sustentável no Semiárido com Ênfase em Recursos Hídricos no IF Baiano.

Felipe Guedes de Araújo

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Mestrado e Doutorado em Zootecnia com ênfase em nutrição de monogástricos pela UFLA. Atua majoritariamente em pesquisas no campo da nutrição e fisiologia de organismos aquáticos. Docente adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Unidade Acadêmica de Garanhuns.

Geni da Silva Sodré

Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Mestrado e Doutorado em Entomologia pela Universidade de São Paulo (USP) e Estágio Pós-Doutoral na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Docente Associado e pesquisadora do Grupo de Pesquisa Insecta da

UFRB. Possui experiência em pesquisa com os temas: apicultura, meliponicultura, polinização, caracterização físico-química e microbiológica dos produtos e subprodutos da colmeia. Atua como orientadora no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias (UFRB).

Giancarlo Bomfim Ribeiro

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrando no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal (Produção Animal) pela UFRB. Participa de pesquisas com controle biológico, com ênfase na utilização de fungos nematófagos sobre nematoides gastrintestinais em bioensaios *in vitro* e *in vivo*.

Gilmara da Silva Miranda

Graduação em Zootecnia, Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Givanildo Lopes da Silva

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Técnico Agrícola com Habilitação em Agropecuária, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano) - Campus Senhor do Bonfim.

Ially de Almeida Moura

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestrando no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal (Produção Animal) pela UFRB, com enfoque em controle biológico. Participa de pesquisas com controle biológico, com ênfase na utilização de fungos artropodopatogênicos sobre carrapatos e nematoides gastrintestinais em bioensaios *in vitro* e *in vivo*.

Inês dos Santos Pereira

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestranda no programa de Pós-

Graduação em Ciência Animal (Produção Animal) na UFRB. Possui experiência na área de Clínica Médica de Grandes Animais, com ênfase em ruminantes. Participa de pesquisas com controle biológico, com ênfase na utilização de fungos artropodopatogênicos sobre carrapatos em bioensaios *in vitro* e *in vivo*.

Jessica Cerqueira dos Santos

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Mestre em Ciência Animal pela UFRB. Ex-integrante do grupo de pesquisa AQUA/UFRB, participando de projetos ligados à nutrição de organismos aquáticos pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), Mestrado e Doutorado em Zootecnia (Nutrição de Monogástricos) pela UFLA. Docente Associado da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Atua principalmente nos seguintes temas: Aditivos, minerais, vitaminas e aminoácidos na nutrição de aves. Pesquisador do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UFRB.

Jossimara Neiva de Jesus

Graduação em Zootecnia, Mestrado em Ciência Animal e Doutoranda em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em pesquisa com os temas: apicultura, meliponicultura e hábito higiênico das abelhas.

Luis Eduardo Meira Faria

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (Produção Animal) da UFRB. Atua na linha de pesquisa de Produção e Manejo de Ruminantes, com ênfase no Controle de Parasitoses Gastrointestinais.

Mailin Vasconcelos dos Santos Lima

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Mestrado em Ciência Animal pela UFRB. Doutoranda

em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Possui experiência em Zootecnia, com ênfase em Alimentação e Nutrição Animal.

Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

Graduação em Engenharia Agrônômica e Mestrado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutorado em Ciências com ênfase em Fitotecnia e Estágio Pós-Doutoral pela Universidade de São Paulo (USP). Docente Titular e pesquisadora do Grupo de Pesquisa Insecta da UFRB. Possui experiência em pesquisa com os temas: biologia floral, ecologia da polinização, polinização entomófila, produção vegetal e cultura de tecidos. Atua como orientadora nos Programas de Pós-graduação em Ciências Agrárias e Recursos Genéticos Vegetais (UFRB).

Mariza Alves Ferreira

Graduação em Engenharia Agrônômica, Mestrado em Microbiologia Agrícola e Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela UFRB com ênfase em segurança alimentar, microbiologia ambiental e resistência antimicrobiana.

Michelle Santos da Silva

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestranda em Ciência Animal pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em pesquisa com os temas: apicultura, meliponicultura e saúde das abelhas.

Norma Suely Evangelista-Barreto

Graduação em Engenharia de Pesca, Mestrado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Docente Associado II na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), atuando nas linhas de pesquisa Tecnologia do Pescado e Microbiologia de Alimentos. Possui experiência nos seguintes temas:

microbiologia de alimentos com ênfase em segurança alimentar, microbiologia ambiental, resistência antimicrobiana, desenvolvimento de produtos à base de pescado e revestimento alimentar.

Ossival Lolato Ribeiro

Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Mestrado em Forragicultura e Pastagem, Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Docente Associado da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Docente Permanente dos Programas de Pós-graduação em Ciência Animal e Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, ambos da UFRB. Possui experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Avaliação, Produção e Conservação de Forragens, atuando principalmente nos seguintes temas: implantação, manejo e utilização de pastagens; ensilagem e fenação; gestão e economia do agronegócio.

Pedro Leon Gomes Cairo

Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Mestrado em Ciência Animal e Doutorado em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Doutorado sanduíche pela Universidade de Liège (ULG). Docente substituto de Zootecnia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência nos seguintes temas: nutrição, fisiologia, microbiologia, produção e comportamento de suínos e de pekaris.

Roberto Barbosa Sampaio

Graduação em Zootecnia, Mestrado em Ciência Animal e Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em pesquisa com os temas: apicultura e meliponicultura.

Rodrigo Fortes-Silva

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutorado pela Universidade de Murcia/Espanha (Fisiologia Animal). Pós-Doutorado pela Universität zu Köln/Alemanha (Instituto

de Limnologia). Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Docente pela UFV. Docente Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal (UFRB) e Zootecnia (UFBA). Possui experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Piscicultura, atuando principalmente nos seguintes temas: alimentação animal, estudos aplicados em comportamento alimentar de peixes, sistemas de autoalimentação e autoseleção de dietas, estudos de cronobiologia/Bioclimatologia relacionados à produção de peixes, efeitos do ambiente físico sobre a saúde e produtividade animal, etologia e nutrição.

Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva

Graduação em Agronomia, Mestrado em Ciência Animal e Doutorado em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), com sanduiche no Instituto Politécnico de Bragança (IPB)/Portugal e Pós-Doutorado na UFRB. É pesquisadora do Grupo de Pesquisa Insecta da UFRB e Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB. Possui Experiência em pesquisa com os temas: caracterização físico-química, microbiológica e palinológica dos produtos da colmeia e desenvolvimento dos subprodutos da colmeia.

Sérgio Schwarz da Rocha

Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Mestrado e Doutorado na área de Zoologia pela Universidade de São Paulo (USP). Possui experiência na área de Zoologia, com ênfase em Arthropoda, atuando principalmente nos seguintes temas: sistemática, ecologia populacional e biologia reprodutiva de crustáceos Decapoda de água doce. Docente Associado II da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e Ex-Presidente da Sociedade Brasileira de Carcinologia.

Tarcísio Marques Barros

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestrado pelo programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência na área de forragicultura e nutrição de ruminantes.

Thais Arrais Mota

Graduação em Biologia e Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em Ecotoxicologia aquática e Biomonitoramento de ecossistemas dulcícolas e de manguezais.

Tiago Sampaio de Santana

Graduação em Engenharia de Pesca e Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal com ênfase em Microbiologia e Tecnologia do Pescado pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Valmiro Lima Aragão Neto

Graduando em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Possui experiência em Produção Animal.

Victor Cruz Aragão

Graduando em Medicina Veterinária pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Wendell Marcelo de Souza Perinotto

Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Mestrado e Doutorado em Ciências Veterinárias (Parasitologia) pela UFRRJ. Docente Adjunto da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e orienta no curso de Pós Graduação em Ciência Animal (Produção Animal, na linha de pesquisa de Produção e Manejo de Ruminantes) da UFRB. Trabalha com controle microbiano e fitoterápico de artrópodes e helmintos, com ênfase na utilização de fungos artropodopatogênicos e óleos essenciais sobre carrapatos e nematoides gastrintestinais.

Este *e-book* foi cuidadosamente elaborado pelo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFRB. Cada capítulo conta com a participação do orientador, alunos e ex-alunos do programa e pesquisadores da área. Com conteúdo de relevância para a ciência e inovação, proveniente de dissertações e das linhas de pesquisa do Programa, acreditamos que o livro será uma importante referência para estudantes e pesquisadores da área.

ISBN: 978-65-87743-38-7



9 7 8 6 5 8 7 7 4 3 3 8 7



Editora UFRB