

Multiplicidade das Ciências Agrárias



Volume 3

Organizadores

Mariana Girão Rabelo Amorim
Eduarda Maria Farias Silva
Teresinha de Lisieux Carvalho dos Santos
Amanda Thayana da Silva Costa
Luís de França Camboim Neto
Everton Nogueira Silva
Marisa Guilherme da Frota
Daiane Felix Santiago Mesquita
Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Ravena Ferreira Vidal
Maria Rosa Dionísio Almeida
Tamiris Pereira da Silva





MULTIPLICIDADE DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS
VOLUME 3

Mariana Girão Rabelo Amorim
Eduarda Maria Farias Silva
Teresinha de Lisieux Carvalho dos Santos
Amanda Thayana da Silva Costa
Luis de França Camboim Neto
Everton Nogueira Silva
Marisa Guilherme da Frota
Daiane Felix Santiago Mesquita
Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Ravena Ferreira Vidal
Maria Rosa Dionísio Almeida
Tamiris Pereira da Silva

(Organizadores)



2022

2022 by Editora In Vivo
Copyright © Editora In Vivo
Copyright do Texto © 2022 O autor
Copyright da Edição © 2022 Editora In Vivo



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0).
O conteúdo desta obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Editor Chefe

Dr. Everton Nogueira Silva
Diretora Técnico-Científica
MSc. Marisa Guilherme da Frota

Conselho Editorial

1 Colégio de Ciências da Vida

1.1 Ciências Agrárias

Dr. Aderson Martins Viana Neto
Dra. Ana Paula Bezerra de Araújo
MSc. Edson Rômulo de Sousa Santos
Dr. Fágner Cavalcante P. dos Santos
MSc. Filomena Nádia Rodrigues Bezerra
Dra. Lina Raquel Santos Araújo
Dr. Luis de França Camboim Neto
MSc. Maria Emília Bezerra de Araújo
MSc. Yuri Lopes Silva

1.2 Ciências Biológicas

Dra. Antonia Moemia Lúcia Rodrigues Portela

1.3 Ciências da Saúde

Dra. Ana Luiza M. Cazaux de Souza Velho
Dr. Isaac Neto Goes Silva
Dra. Maria Verônyca Coelho Melo
Dra. Paula Bittencourt Vago
MSc. Paulo Abílio Varella Lisboa
Dra. Vanessa Porto Machado
Dr. Victor Hugo Vieira Rodrigues

2 Colégio de Humanidades

2.1 Ciências Humanas

Dra. Alessandra Maria Sousa Silva
MSc. Francisco Brandão Aguiar
MSc. Julyana Alves Sales

2.2 Ciências Sociais Aplicadas

MSc. Cícero Francisco de Lima
MSc. Erivelton de Souza Nunes
Dra. Maria de Jesus Gomes de Lima
MSc. Maria Rosa Dionísio Almeida
MSc. Marisa Guilherme da Frota

3 Colégio de Ciências Exatas, Tecnológica e Multidisciplinar

3.1 Ciências Exatas e da Terra

MSc. Francisco Odécio Sales
Dra. Irvila Ricarte de Oliveira Maia

3.2 Engenharias

MSc. Amâncio da Cruz Filgueira Filho
MSc. Eduarda Maria Farias Silva
MSc. Gilberto Alves da Silva Neto
MSc. Henrique Nogueira Silva
Dr. João Marcus Pereira Lima e Silva
MSc. Ricardo Leandro Santos Araújo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

A524m Amorim, Mariana Girão Rabelo, org.

Multiplicidade das ciências agrárias [livro eletrônico]. / Organizadores: Mariana Girão Rabelo Amorim, ... [et. al.]. Fortaleza: Editora In Vivo, 2022.
v. 3, 143 p.

Bibliografia.

ISBN: 978-65-87959-24-5

DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5

1. Ciências agrárias. 2. Ciências agrárias - multiplicidade. I. Título. II. Organizadores.

CDD 630

Denise Marques Rodrigues – Bibliotecária – CRB-3/CE-001564/O

APRESENTAÇÃO

A agricultura e a pecuária passaram na atual contemporaneidade por fases de evolução e adequação, saindo de um modelo de agricultura baseado no modo de produção agroecológico para um modelo mais tecnificado e dependente de insumos agroquímicos, implementos e maquinários agrícolas, tendo por base os pacotes tecnológicos da chamada Revolução Verde que foi tão amplamente difundida a partir da segunda metade do século XX, no Brasil e no mundo.

Criou-se modelos técnicos de produções agropecuários baseados na monocultura e pecuária tanto intensiva como extensivas, produtoras de royalties. Surge a partir de então uma pergunta, tais modelos foram ou são realmente sustentáveis a partir do tripé econômico, social e ambiental? No sentido de avançarmos nas atualizações das pesquisas científicas tão necessárias para o universo das ciências agrárias - Agronomia, Zootecnia e Medicina Veterinária – tem-se neste livro uma série de trabalhos acadêmicos que buscam apresentar avanços significativos que possam ampliar e vir a contribuir com o desenvolvimento do universo agrário, servindo de base para trabalhos correlatos, tornando a grande área das ciências agrárias um universo mais equilibrado e ambientalmente sustentável.

Excelente leitura!

Texto: Organizadores



SUMÁRIO

Capítulo 1 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-1

Autores: Mariana Girão Rabelo Amorim, Maryana Melo Frota, Juliana Maria Maia Freire, Francisco Augusto Oliveira Santos e Antonio Lucas Aguiar Lobo.

ESTUDO DE CASO: PROJETO E INSTALAÇÃO DE MICROCERVEJARIA ARTESANAL..... 06**Capítulo 2 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-2**

Autores: Matheus Calixto Saraiva, Maryana Melo Frota, Fernando Eugênio Teixeira Cunha, Yago de Oliveira Silva, Juliana Maria Maia Freire, Mariana Girão Rabelo Amorim, Larissa Moraes Ribeiro da Silva e Antonio Lucas Aguiar Lobo.

O ALHO (ALLIUM SATIVUM L.) COMO ANTIMICROBIANO NATURAL NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS E PRINCIPAIS TECNOLOGIAS PARA SUA APLICABILIDADE: UMA VISÃO ATUAL..... 17**Capítulo 3 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-3**

Autores: Antonio Lucas Aguiar Lobo, Rafael Santiago da Costa, Mariana Girão Rabelo Amorim e Antonio Lucas Aguiar Lobo

EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DA SOJA E O DÉFICIT..... 30**Capítulo 4 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-4**

Autores: Mariana Girão Rabelo Amorim, Maryana Melo Frota, Juliana Maria Maia Freire e Antonio Lucas Aguiar Lobo

OBTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DE PITAIA VERMELHA APLICADA EM PÃES..... 44**Capítulo 5 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-5**

Autores: Martha Maria Passador, Roberta Pierry Uzzo, Julio Massaharu Marubayashi, Valdir Atsushi Yuki e Christina Dudienas

ADAPTAÇÃO DE PROTOCOLO DE RT-PCR PARA ANÁLISES DE VÍRUS DO GÊNERO POTEXVIRUS..... 58**Capítulo 6 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-6**

Autores: Ana Thays dos Santos da Silva, Ana Beatriz dos Santos Mendes e Lohane Leonel de Castro

ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE CAVALOS ATLETAS.....66**Capítulo 7 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-7**

Autores: Cecilia Barreto Rodrigues, Julianna Costa Bernardo, Leonardo Nogueira Cantudo, Marcio Regys Rabelo de Oliveira e Daiane Felix Santiago Mesquita

USO DA TERRA NAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO CEARÁ.....86

Capítulo 8 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-8

Autores: Marcio Regys Rabelo de Oliveira, Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima, Francisco Casimiro Filho, Daiane Felix Santiago Mesquita e Everton Nogueira Silva.

INDICADORES DA VULNERABILIDADE ÀS SECAS NOS MUNICIPIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	102
--	------------

Capítulo 9 - DOI: 10.47242/978-65-87959-24-5-9

Autores: Jefferson Antonio Oliveira, Cintia Raianny Carneiro e Taynara Rabelo Costa

“NÃO OLHE PARA CIMA”: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS AVANÇOS DA EDUCAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS ÚLTIMOS VINTE ANOS.....	124
--	------------

SOBRE OS ORGANIZADORES.....	138
------------------------------------	------------

ÍNDICE REMISSIVO.....	143
------------------------------	------------



ESTUDO DE CASO: PROJETO E INSTALAÇÃO DE MICROCERVEJARIA ARTESANAL

Mariana Girão Rabelo Amorim

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8416-4402>

Maryana Melo Frota

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4103-6195>

Juliana Maria Maia Freire

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6639605878751894>

Francisco Augusto Oliveira Santos

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9179287094030409>

Antonio Lucas Aguiar Lobo

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7974539442320599>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

24/06/2022

Aceito em:

28/06/2022

Data de publicação: 03

04/11/2022

Palavras-chave:

Fermentação

Agroindústria

Levedura

Malte

Trigo

RESUMO

No Brasil, o mercado de cervejas artesanais é cada vez maior, pois o público está em uma constante busca por inovação e tecnologia. Em conjunto com a demanda de produção, as cervejarias são grandes produtoras de efluentes e resíduos industriais. Assim, é necessário que nas instalações industriais, seja implementada uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) local. Este trabalho teve como objetivo projetar o funcionamento de uma microcervejaria artesanal e apresentar as etapas envolvidas no processamento da cerveja. O projeto mostrou-se viável, o que agregaria valor ao agronegócio local, podendo ser ainda desenvolvida uma operação de reuso e tratamento dos efluentes gerados no processo produtivo.

CASE STUDY: DESIGN AND INSTALLATION OF AN ARTISANAL MICROBREWERY

ABSTRACT

In Brazil, the craft beer market is increasing, as the public is in a constant search for innovation and technology. But with a large production demand, breweries are also major producers of

Keywords:

Fermentation

Agroindustry

Yeast

Malt

Wheat

effluents and industrial waste. Thus, it is necessary that a local Sewage Treatment Station (ETE) is implemented in industrial facilities. This work aimed to design the operation of a craft microbrewery and present the steps involved in the processing of beer. The project proved to be viable, which would add value to local agribusiness, and could also be developed through an operation of reuse and treatment of effluents generated in the production process.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019, Artigo 2, a cerveja é uma bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2019).

O setor da indústria de cerveja é um grande produtor de efluentes e resíduos industriais. Assim, em casos de grandes e até médias instalações industriais, é necessário a instalação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) local.

De acordo com Fiesp (2008), pode-se ter fontes de perda que podem acarretar em despejo acidental de resíduos para fora das instalações industriais e serem potenciais fontes de poluição, além do risco de vazamento de líquidos de refrigeração e afins, como o Dietilenoglicol.

Na produção de cerveja, depósitos da superfície de equipamentos, bombas de osmose reversa, eliminação de lodo da filtragem/clarificação, vazamentos provocados por embalagens danificadas, problemas no processo de envase e nas operações de limpeza.

No Brasil, o mercado de cervejarias artesanais tem sido crescente, uma vez que o público está com o paladar cada vez mais refinado, em busca de inovação e tecnologia. Dados do Ministério da Agricultura, apontam que o país registrou 1383 cervejarias artesanais até o fim de 2021, onde houve um crescimento de 14,4% se comparado ao ano de 2020 (MAPA,2021).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História

A data de surgimento da cerveja é imprecisa, mas estudiosos indicam que a sua produção se iniciou em meados de 8000 a. C. na Mesopotâmia, onde se encontra o atual Iraque, podendo ser umas das primeiras bebidas alcoólicas produzidas pelo ser humano. Registros indicam que as cervejas foram introduzidas no Brasil através da família real portuguesa, em 1808, uma época em que elas eram produzidas em pequena escala, de forma caseira. A produção em escala industrial só foi iniciada no país entre 1870 e 1880, evoluindo no controle de processos conforme a tecnologia evoluiu (COSTA, 2018).

De acordo com o anuário de 2016 gerado pela CervBrasil, a indústria cervejeira representa 1,6% do PIB nacional, produzindo 14 bilhões de litros de cerveja, faturando R\$ 77 bilhões e arrecadando R\$ 23 bilhões em impostos por ano. Além de gerar R\$ 27 bilhões em salários e 2,2 milhões de empregos.

2.2 Descrição da matéria prima principal

2.2.1 Malte

Os maltes, sejam de cevada ou trigo, são grãos que através de uma adaptação fornecem a coloração e o sabor da cerveja, há a preferência de grão de cevada devido, principalmente, a presença da casca após colheita e moagem, permitindo, assim, que a cevada regule o consumo de água durante a maltagem, evitando brotamento e mantendo a forma dos grãos. Mas, na cerveja do tipo Weiss, se utiliza apenas um pequeno percentual do malte de cevada.

Para a formação do malte, o grão tem que germinar parcialmente, seguido de uma secagem e/ou aquecimento. Como produto dessa germinação, há a liberação de açúcares, amidos e proteínas que ficam armazenadas na semente, servindo como combustível para a fermentação da levedura.

O processo é encerrado com a secagem e o aquecimento. Com o grão maltado, pode-se torrar o malte e promover o sabor requerido (MACHADO, 2017). Em relação a especificidade do malte de trigo, ele possui um alto teor de proteína e promove uma cerveja final com espuma mais espessa e duradoura e um sabor mais forte.

2.2.2 Lúpulo

Lúpulo (*Humulus Lupulus*) é uma planta trepadeira e seu principal papel é proporcionar aroma e amargor das cervejas. Há diversos tipos de lúpulo, cada um promovendo uma característica específica a cerveja e seu produto final depende do tempo que ele passa na fervura.

2.2.3 Fermento

O fermento pode ser melhor chamado por levedura. Leveduras são organismos unicelulares que consomem os açúcares presentes no mosto de bebidas fermentadas e o fermento pode ser melhor chamado por levedura. Leveduras são organismos unicelulares que consomem os açúcares presentes no mosto de bebidas fermentadas e transformam em células, etanol, dióxido de carbono e compostos químicos que influenciam no sabor da bebida e contribuem para a excelência do produto.

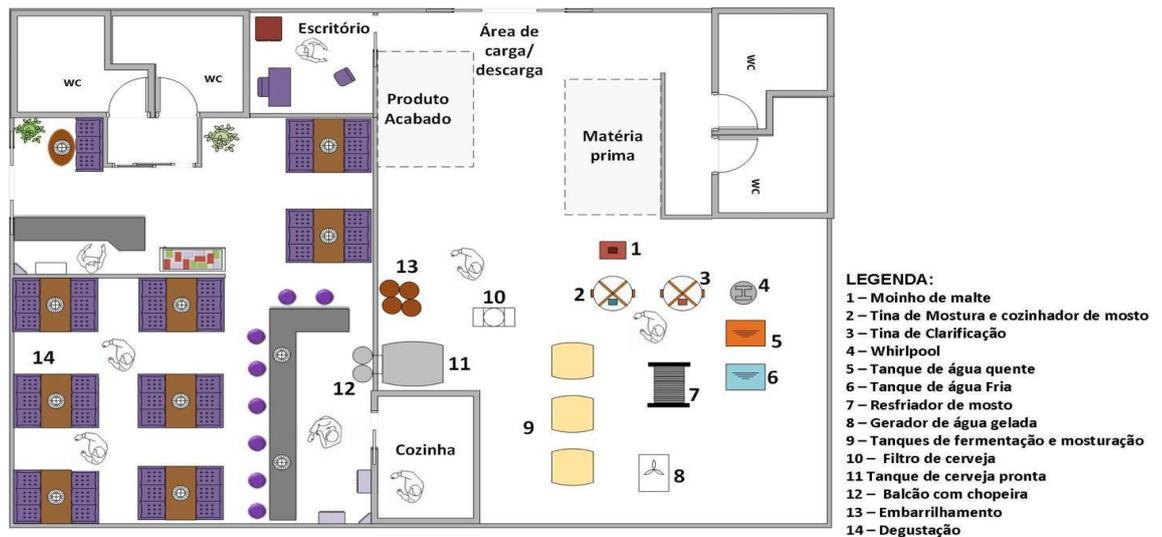
2.2.4 Água

Grande parte da composição da cerveja se resume a água, em algumas chega a ser 90% do total, então é gigantesca a relação entre a qualidade da água e o produto final, pois variações na composição afetam o paladar da bebida. Assim, devem ser avaliados diversos parâmetros para garantia da qualidade da água, são eles: pH, concentração de zinco, ferro, cálcio e magnésio. Dando enfoque no pH de preferência mais ácido, para contribuir na mosturação, e a dureza que influencia a fermentação e a estabilidade da cerveja.

3 PROCESSAMENTO E FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO

Assim como todo processo industrial, a primeira etapa do processo é a Recepção e o Armazenamento da matéria prima (principalmente, o malte de trigo e o malte de cevada). Após o armazenamento e antes da moagem do malte, deve ser feita uma Limpeza do Malte, de modo a evitar que partículas estranhas, como metais, sementes estranhas ao malte, pedras, entre outros, estejam presentes durante o processo da cerveja.

Figura 1 – Planta baixa de processo produtivo



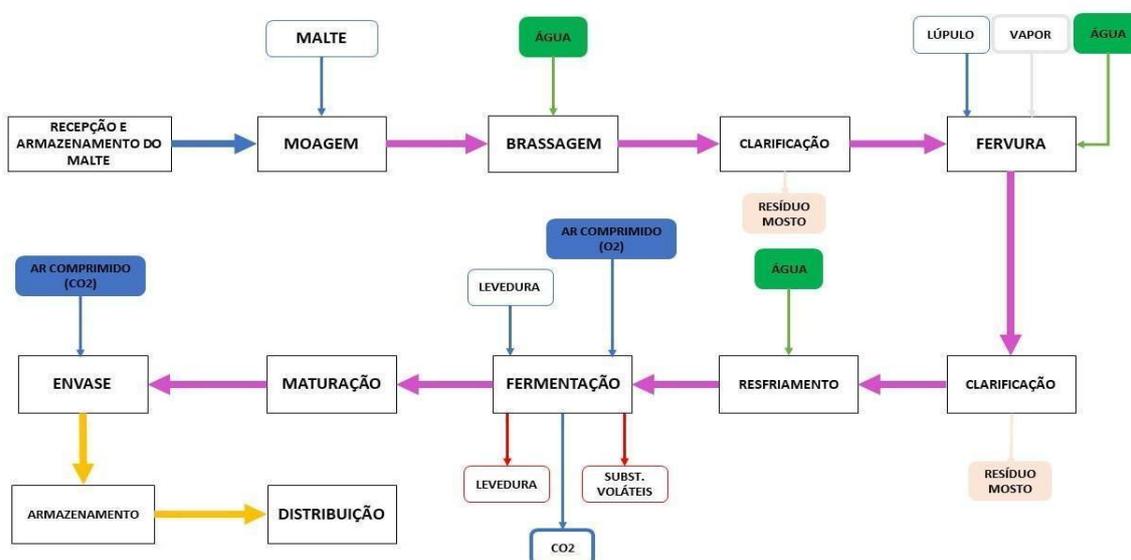
Fonte: Autores (2022).

Com o malte limpo e livre de impurezas, seguimos para a etapa de Moagem, que tem a função de quebrar o malte em partículas menores para uma melhor solubilização na etapa de Brassagem. A Brassagem, que também é chamada de Mosturação, é um processo em que o malte já moído é adicionado em água quente, visando a ativação de enzimas e a solubilização dos açúcares presentes.

O mosto obtido na Brassagem, é filtrado em uma etapa que chamamos de Clarificação, com o objetivo de retirar as partículas maiores e apenas o extrato líquido ser utilizado nas etapas seguintes. Logo em seguida, é feito o processo de fervura do mosto. O lúpulo é adicionado nesta etapa de fervura, proporcionando a formação de substâncias de aroma e sabor, além do desenvolvimento de cor e outras substâncias. Com o fim da Fervura, temos mais uma etapa de Clarificação e o fim das etapas quentes do processo.

O resfriamento é a etapa seguinte no processo. Esta etapa é essencial para adequar a temperatura do sistema para a inoculação das leveduras. Posteriormente, temos as etapas de Fermentação e Maturação, que são etapas essenciais no processo de fabricação da cerveja e assim como todas as etapas anteriores precisam ter suas variáveis controladas para proporcionar um produto de qualidade. Por fim, é feito o Envase, o Armazenamento e a Distribuição do produto final.

Figura 2 – Fluxograma de Produção de Cervejaria artesanal



Fonte: Autores (2022).

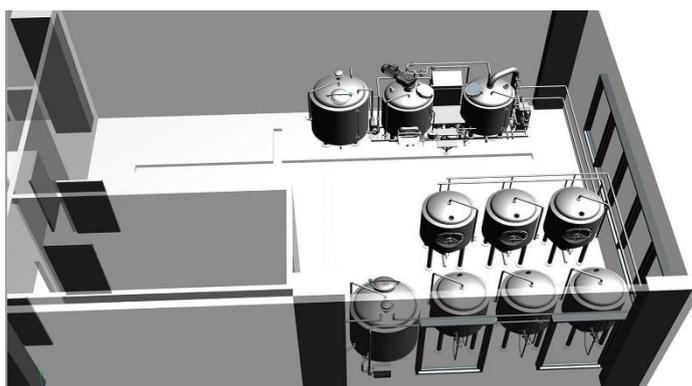
4 GARGALOS DE PRODUÇÃO

Os gargalos de produção são caracterizados por restrições produtivas, ou seja, etapas de processamento que reduzem o fluxo produtivo (PRATES; BANDEIRA, 2011).

Na produção da cerveja, são considerados gargalos aqueles processos com maior demanda de tempo, uma vez que se trata de um produto de alta demanda e consumo, sendo, portanto, o tempo uma prioridade em sua fabricação.

Além disso, no funcionamento de uma microcervejaria artesanal, se preconiza a obtenção preventiva de insumos, o que garante que o abastecimento de matéria-prima não se torne um gargalo. Desse modo, recomenda-se, seguindo as normas sanitárias vigentes, o seguinte layout industrial.

Figura 3 – Layout de microcervejaria artesanal



Fonte: Autores (2022).

5 OPERAÇÕES UNITÁRIAS

A etapa de recepção da matéria-prima marca o início da produção de cerveja, sendo considerada uma operação de pré-tratamento, na qual é preciso averiguar a qualidade da matéria-prima recebida, através de variáveis como temperatura, pH e tempo de armazenamento do malte. Em seguida, o malte passa pela operação de moagem, sendo realizada em um moinho de rolos. A moagem excessiva do grão pode produzir um material de granulometria muito fina, dificultando a operação de clarificação ou filtração, portanto, a vazão de malte moído e a pressão aplicada para ruptura da casca do grão devem ser corretamente estimadas.

A operação de brassagem tem como objetivo solubilizar os componentes do malte moído, além de promover a temperatura necessária para a ocorrência de reações enzimáticas que produzirão açúcares fermentescíveis, que serão utilizados durante a fermentação para produção de álcool pela ação de leveduras.

Dessa forma, o meio reacional dentro do tanque de brassagem deve estar bem homogeneizado para que a água adicionada entre em contato com todo o malte. O nível do tanque, assim como a velocidade de agitação do impelidor, devem ser monitorados para que haja um padrão de escoamento eficiente, realizando tanto a intensificação das trocas térmicas quanto a homogeneização do meio. As rampas de temperatura devem ser dimensionadas de acordo com o estilo de cerveja que se deseja obter.

O dimensionamento de operações de bombeamento é extremamente necessário quando se deseja transportar fluidos com maior agilidade pelo layout da indústria. Para

realização dessa operação, é importante observar a vazão e a pressão que o fluido vai apresentar nos diversos trechos da tubulação. No transporte do mosto, a temperatura também deve ser monitorada, sendo necessária a adição de mantas que inviabilizam a perda de calor do mosto para o ambiente.

Na clarificação, o mosto cervejeiro é filtrado para remoção de materiais particulados provenientes da etapa de moagem, como as cascas do malte. Após isso, o mosto é transportado para a etapa de fervura, sendo necessário manter sua temperatura controlada e vazão, para correta manutenção do material filtrante.

A fervura também ocorre em um tanque encamisado denominado de tina de fervura. Nessa etapa, a intensificação do aquecimento provoca a inativação das enzimas, assim como a extração de compostos aromáticos do lúpulo. A temperatura, o tempo, a concentração de açúcares e o pH ótimo para início da fermentação são alguns dos parâmetros avaliados nessa operação.

É na fermentação então que os açúcares fermentescíveis produzidos durante a brassagem serão convertidos em álcool etílico através de reações metabólicas realizadas pelas leveduras. No tanque de fermentação, ou biorreator, a temperatura e a concentração dos componentes são controladas para tornar a produção eficiente. Além disso, o teor de oxigênio inserido no meio e aspectos de agitação, como velocidade, também devem ser monitorados.

Tabela 1 – Operações unitárias presentes no processamento de cerveja e suas variáveis controláveis

Operações unitárias	Variáveis controladas
Brassagem	Temperatura, nível, velocidade de agitação, tempo, concentração
Bombeamento	Temperatura, vazão, pressão

Clarificação	Vazão, temperatura
Fervura	Temperatura, tempo, concentração, pH
Resfriamento	Temperatura, vazão, tempo
Fermentação	Temperatura, tempo, velocidade de agitação, nível, concentração
Maturação	Temperatura, tempo, concentração
Envase	Vazão, concentração
Armazenamento	Temperatura, tempo

Fonte: Autores (2022).

Após a fermentação, tem-se a etapa de maturação, na qual a cerveja fica estocada por determinado período de tempo para a ocorrência de reações que produzem compostos de interesse, que irão intensificar algumas características de sabor e aroma da cerveja. Após isso, o líquido é engarrafado, carbonatado e armazenado para posterior distribuição, sendo importante observar a temperatura de armazenamento, assim como o tempo de vida da prateleira.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os aspectos levantados ao decorrer do trabalho, o projeto mostra-se viável, agregando valor ao agronegócio local, uma vez que é crescente a demanda de cerveja no Brasil. Diante disso, recomenda-se ainda, um uso consciente dos recursos naturais, como a água, devendo-se desenvolver políticas de reuso e tratamento dos efluentes, ali gerados. Uma alternativa viável, para o bagaço da produção, é destiná-lo às cooperativas agrárias ou pequenos produtores, para servir de alimento aos animais ou fertilizante natural para pequenas culturas, retomando a sustentabilidade, que é preocupação constante das indústrias, independente do porte.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO 2016. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2022.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Beer Style Guidelines.** 2015 Edition. Disponível em: < <https://www.bjcp.org/stylecenter.php> > Acesso em: 29 mar 2022..

BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019,** estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. DOU: 11/12/2019

COSTA, André Jales Henriques da. **PRODUÇÃO DE CERVEJA WEISS ARTESANAL: PROCESSAMENTO, PAR METROS FÍSICO-QUÍMICOS E AVALIAÇÃO SENSORIAL.** 2018. 50 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

MACHADO, E.R. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau.** 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017

MAPA. **Anuário da Cerveja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja2.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022

PRATES, Caroline Chagas; BANDEIRA, Denise Lindstrom. **Aumento de eficiência por meio do mapeamento do fluxo de produção e aplicação do Índice de Rendimento Operacional Global no processo produtivo de uma empresa de componentes eletrônicos.** Gest. Prod., São Carlos , v. 18, n. 4, p. 705-718, 2011 .

SILVA, Jackson de Carvalho. **PRODUÇÃO DE CERVEJA DE UMBU PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.** 2017. 63 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

TOZETTO, Luciano Moro. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL ADICIONADA DE GENGIBRE (*Zingiber officinale*).** 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

VIBETHEMES. **Guia Completo do Malte.** Disponível em: <<https://academiaartesanal.com.br/guia-completo-de-maltes/>>. Acesso em: 04 jun. 2022.



O ALHO (*ALLIUM SATIVUM* L.) COMO ANTIMICROBIANO NATURAL NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS E PRINCIPAIS TECNOLOGIAS PARA SUA APLICABILIDADE: UMA VISÃO ATUAL

Matheus Calixto Saraiva

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará.
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2666746054506337>
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6434-613X>

Maryana Melo Frota

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4103-6195>

Fernando Eugênio Teixeira Cunha

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6557-8741>

Yago de Oliveira Silva

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3486-7839>

Juliana Maria Maia Freire

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1914-2028>

Mariana Girão Rabelo Amorim

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8416-4402>

Larissa Moraes Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7302-401X>

Antonio Lucas Aguiar Lobo

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7974539442320599>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

24/06/2022

Aceito em:

28/06/2022

Data de publicação:

04/11/2022

RESUMO

O *Allium sativum* L., popularmente conhecido como alho, pertence à família Liliaceae, é considerado um dos condimentos mais consumidos no mundo, apresentando além de sabor agradável, diversas outras funcionalidades biológicas, como efeito antioxidante, anti-inflamatória e protetora cardiovascular. Por possuir em sua composição compostos bioativos organossulfurados, como a alicina, o alho possui propriedades antimicrobianas contra microrganismos patogênicos e deteriorantes de alimentos.

Nessa perspectiva, o objetivo desta revisão foi abordar as características funcionais do alho, enfatizando suas propriedades antimicrobianas e exibir o potencial desta especiaria como um

Palavras-chave:
Allium sativum L.
Antimicrobiano
Conservação de
alimentos

conservante natural, apresentando uma visão geral sobre o conhecimento e as técnicas atuais de aplicação na indústria de alimentos.

GARLIC (*ALLIUM SATIVUM* L.) AS A NATURAL ANTIMICROBIAL IN FOOD PRESERVATION AND MAIN TECHNOLOGIES FOR ITS APPLICABILITY: A CURRENT VIEW

ABSTRACT

Allium sativum L., popularly known as garlic, belongs to Liliaceae family, it is considered one of the most consumed condiments in the world, presenting, in addition to its pleasant flavor, several other biological functions, such as antioxidant, anti-inflammatory, and cardiovascular protective effects. By having in its composition organosulfur bioactive compounds, as allicin, garlic has antimicrobial properties against pathogenic deteriorating food microorganisms.

Keywords:
Allium sativum L
Antimicrobial
Food Conservation

In this perspective, the objective of this review was to address the functional characteristics of garlic, emphasizing its antimicrobial properties and display the potential of this spice as a natural preservative, presenting an overview of current knowledge and application techniques in the food industry.

1 INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é um dos condimentos culinários mais utilizados e produzidos no mundo, com cerca de 31 milhões de toneladas produzidas em todo o planeta (SALIM *et al.*, 2022). É considerado um alimento funcional, sendo utilizado em fitoterapia há diversos anos, servindo como remédio natural contra algumas doenças comuns, tais como: gripe, resfriado e hipertensão (JIANG *et al.*, 2022). Há estudos que mostram que o alho possui também potencial no combate ao câncer, além de reduzir o teor de colesterol no sangue (MIRON *et al.*, 2000).

Os múltiplos efeitos farmacológicos do alho são atribuídos a diversos componentes presentes em sua composição, como os polissacarídeos, compostos sulfurados, compostos fenólicos, flavonoides e terpenos (JIANG, et al. 2022). Em relação ao seu efeito antibacteriano, o principal composto presente no alho responsável por esse efeito é a alicina, um tioéster de ácido sulfúrico, que é gerado pela interação da enzima alinase com o substrato alina (PINILLA, NOREÑA, BRANDELLI, 2016; WANG, et al. 2022).

Devido ao seu potencial antimicrobiano, o alho tem sido estudado como potencial conservador de alimentos, evitando assim o crescimento de bactérias e fungos em alimentos crus ou processados, aumentando a vida útil do produto. Seu uso como conservante se dá principalmente na forma de óleo essencial, extratos ou encapsulados, sendo aplicado em conjunto com tecnologia de embalagens ativas, como filmes e revestimentos ou na forma de cápsulas (SILVA et al. 2019; SALIM et al., 2022; PILETTI et al. 2019). O alho evita o crescimento de microrganismos, prevenindo a ocorrência de patologias à saúde humana (NASCIMENTO et al., 2022).

Diante do exposto, esta revisão teve por objetivo avaliar o potencial antibacteriano do alho e sua aplicação na conservação de alimentos, bem como apresentar as tecnologias que utilizam essa especiaria com enorme

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Alho (*Allium Sativum L.*)

Especiarias e ervas vêm sendo exploradas como alternativas viáveis para o uso em tratamentos e prevenções de doenças e pelas suas propriedades antimicrobianas, um dos motivos é a evolução da resistência dos microrganismos aos antibióticos comuns, além do crescente interesse de substituir os conservantes alimentares produzidos artificialmente. Muitas pesquisas realizadas mostram com clareza a eficiência e confiabilidade sobre esse tema (SANTIAGO et al., 2009).

O alho (*Allium sativum L.*) é uma planta herbácea, pertencente ao gênero *Allium* e família botânica Liliaceae, que soma mais de 700 espécies diferentes, incluindo a cebola, o alho-poró, e a cebolinha. É originário da Ásia Central e desde a antiguidade é utilizado como alimento ou para fins terapêuticos, como no tratamento de infecções em seres humanos. A maior parte dos fitoquímicos terapêuticos encontra-se nos bulbos, somando mais de 100 compostos biologicamente ativos, sendo os de maior destaque ajoeno, alicina e aliina (FERREIRA et al., 2021).

Em razão da sua rica composição de constituintes ativos, capaz de tratar uma grande quantidade de enfermidades e potencial poder inibitório contra patógenos, o *Allium sativum*, o óleo extraído e seu extrato tem sido bastante estudados no meio científico. Alguns compostos sulfurados presentes demonstraram incentivar a redução de doenças

cardiovasculares e do sistema imunológico, bem como possuem caráter antioxidante e anticancerígeno (HARRIS et al., 2001). Além disso, alguns estudos exibiram a atividade antimicrobiana dessa especiaria, amplamente atribuída à alicina (PINILLA; BRANDELLI, 2016; PILETTI et al., 2019; FADARE et al., 2022). A exploração do alho e dos seus subprodutos tem sido considerada como uma tecnologia viável para a conservação dos alimentos. Sendo utilizados na forma integral, pulverizados e encapsulados, a fim de preservar os compostos com propriedades antimicrobianas.

2.2 Alicina

A alicina (tiosulfato de dialila) é um dos principais componentes bioativos presentes no alho, sendo formada pela interação entre a enzima alinase com o aminoácido aliina. Quando ocorre a quebra das membranas plasmáticas das células do alho, a alicina é formada quando a aliina entra em contato com a enzima alinase, presente nos vacúolos das células. A alicina também é considerada principal responsável pelo odor característico do alho (WANG, et al., 2022).

É reportado que a alicina possui diversas atividades biológicas como atividade antibacteriana, antifúngica, antiviral e antiparasitário, bem como suas atividades funcionais, como redução de colesterol e triglicérides, afeta a formação de placas ateroscleróticas e agregação plaquetária, além de possuir propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias, antioxidantes, imunomoduladoras e diminui a pressão ocular (WANG, et al., 2022; PINILLA, NOREÑA, BRANDELLI, 2017).

A alicina quando produzida elimina e/ou inibe o desenvolvimento de fungos e bactérias presentes no meio em que foi formado, pois devido ao seu poder antioxidante provoca uma reação instantânea com os grupos livres de tiol, desativando as enzimas dos microrganismos. A alicina pode atuar contra ambas bactérias gram positivas quanto gram negativas, tais como *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Salmonella*, dentre outros, além de fungos como *Candida albicans* e *Cryptococcus neoformans* (TESFAYE, 2021).

Apesar de todos esses benefícios, a alicina possui sua atividade afetada à altas temperaturas e a condições alcalinas, reduzindo sua estabilidade e restrições de uso, devido a desnaturação ocorrida (PINILLA, NOREÑA, BRANDELLI, 2017). Dessa forma, é interessante tomar as devidas precauções ao se trabalhar com a alicina, para não ocasionar sua desnaturação.

2.3 Óleo Essencial de Alho

Os óleos essenciais podem ser classificados como conservantes naturais de alimentos e substitutos de aditivos químicos sintéticos (PROCÓPIO et al., 2022), por possuírem características voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Sendo aplicados, principalmente em carnes curadas e pickles (BILENLER et al., 2015), são capazes de favorecer o controle de patógenos de origem alimentar.

Devido tais características, a indústria alimentícia investiga novas origens de produtos vegetais como alternativa com menor impacto ao meio ambiente, sobretudo à saúde, sendo os óleos essenciais e extratos vegetais de ervas e especiarias como orégano, tomilho, pimenta, coentro e alho, entre outros, uma opção de alcance significativo (ANDREA et al., 2011).

Dentre os vegetais mais estudados, o alho (*Allium sativum* L.), é uma das especiarias mais representativas, por possuir uma variedade de funções biológicas. No entanto, os constituintes principais do óleo essencial do alho podem ser divididos em dois grupos: substâncias contendo enxofre como os derivados de cisteína (84%), trissulfeto de dialil (37,3%-45,9%), dialil dissulfeto (17,5%-35,6%), trissulfeto de alil metil (7,7%-10,4%), 2-vinil-1,3-ditiano (3,9%-5,9%); e terpenos como o γ -cadineno (4,3%-6,8%) e bisaboleno (2,1%-2,5%) (DZIRI et al., 2014).

De acordo com um estudo realizado por Silva et al. (2019), o óleo essencial de *Allium sativum* L. possui efeito de modulação a resistência bacteriana. Dessa forma, o uso do mesmo como conservante natural apresenta grande importância para a indústria alimentícia, por auxiliar no controle de infecções provocadas por bactérias multirresistentes, além de prevenir diversas patologias que possam causar impactos à saúde da sociedade (NASCIMENTO et al., 2022).

2.4 Métodos de Extração do Alho

Com o avanço da resistência aos antimicrobianos atuais, o estudo das plantas de uso medicinal tem sido cada vez mais aprofundado, visando a eficácia na prevenção de doenças infecciosas em seres humanos (LEITE et al., 2021). Contudo, incessantemente são desenvolvidas pesquisas com distintas abordagens de extração do alho com a finalidade de analisar suas atividades antifúngicas para a aplicação em alimentos.

A metodologia utilizada para a extração do alho pode ser realizada a partir do bulbo ou das cascas. Além disso, este produto consiste em uma combinação de metabólitos secundários de espécies vegetais, englobando especiarias, e uma ampla gama de aplicações devido à sua composição química variada (PROCÓPIO, 2022).

Fonseca et al. (2014) analisaram o método de remoção de extrato aquoso de *Allium sativum* L. onde os bulbilhos de alho *in natura* (descascados e cortados) foram imersos em 10 mL de solução fisiológica (Cloreto de Sódio 0,9%) durante vinte e quatro horas e posteriormente examinados quanto a sua capacidade de inibição antimicrobiana e antifúngica, reforçando evidências que nos indicam que o alho pode ser considerado uma alternativa para o tratamento de infecções causadas por fungos ou bactérias. Sendo confirmada por um estudo realizado por Santos et al. (2010) relatou que extrato o aquoso de alho macerado na concentração de 10% inibiu o crescimento do fungo *Aspergillus niger*. Visto que, um outro estudo realizado por Kumar et al. (2018) teve como objetivo avaliar os efeitos do extrato do alho pó, também confirmou a capacidade inibitória antifúngica. Com isso, as técnicas de remoção do extrato do alho apresentam forte eficiência e veracidade para a aplicação em alimentos.

2.5 Avanços e tendências na preservação de alimentos

2.5.1 Embalagens bioativas para alimentos

A crescente preocupação ao meio ambiente, nos últimos anos, demandou às indústrias o desenvolvimento de embalagens que possuam materiais de baixo impacto ecológico e com o aumento do tempo de preservação e de prateleira dos alimentos, principalmente, a aqueles mais susceptíveis às alterações degenerativas advindas de reações bioquímicas e microbiológicas e a fatores bióticos e abióticos, pré e pós processamento (CALISTO, 2021).

Nesse contexto, os materiais biopoliméricos originados da aplicação de filmes e revestimentos comestíveis naturais surgem como alternativa aos elementos convencionais utilizados nas embalagens tradicionais do mercado (KAYA et al., 2018).

O material polimérico a ser utilizado pode advir de fontes diversas e adversas, seja a partir de produtos agrícolas, de resíduos alimentares e/ou síntese microbiana. A casca do alho, por exemplo, é um resíduo agrícola, fonte de celulose e compostos bioativos e que, devido a suas propriedades físico-químicas, antimicrobianas e antioxidantes, possui potencial para ser utilizado na fabricação de biofilmes (SALIM et al., 2022).

Seu óleo essencial possui propriedades mecânicas como plastificantes e de aumento da resistência ao ser adicionado às matrizes poliméricas. Além disso, ele é caracterizado por promover o aparecimento de poros nas mesmas, diminuindo suas propriedades elásticas (ORSUWAN; SOTHORNVIT, 2018; PEREIRA et al., 2019).

Ademais, devido sua interação com os grupos funcionais dos materiais poliméricos, promove opacidade nos filmes. Tal fator favorece a retenção de luz, características desejáveis a alimentos fotossensíveis, (ORSUWAN; SOTHORNVIT, 2018) e, também, contribui com o aumento da hidrofobicidade do material a ser aplicado, diminuindo sua natureza hidrofílica (DONG; WANG, 2017).

Em relação a sua atividade antimicrobiana, o alho e seus extratos afins são compostos que possuem alta atividade, e, por isso são visados na sua aplicação em embalagens para alimentos, já sendo abordado na literatura seu uso, como podemos observar na Tabela 01.

Tabela 01 - Aplicação do alho em diferentes matrizes poliméricas e suas atividades antimicrobianas

Tipo de matriz polimérica	Aplicação	Material Vegetal	Produto	Resultado Principal	Referência
Farinha de banana / Amido de banana / nanoargila	Filmes	Óleo essencial de alho	Amendoim torrado	Apresentou atividade antimicrobiana e aumentou a vida útil do produto	Orsuwan; Sothornvit, 2018
Carboximetilcelulose	Revestimentos	Óleo essencial de alho	Morangos	Prolongou o tempo de conservação	Dong; Wang, 2017
Zeina	Filmes	Óleos essenciais de alho e tomilho	-	Apresentou atividade antimicrobiana	Pereira et al., 2019
Carboximetilquitosana	Revestimentos	Extrato aquoso de alho	Frango	Prolongou o tempo de conservação	Diao; Huan; Bimal Chitrakar, 2020

Quitosana	Filmes	Extrato hidroalcoólico e nanocristais de celulose da casca do alho	-	Inibiu diversos patógenos	Salim et al., 2022
Quitosana/ Carboximetilcelulose/ Amido de milho	Filmes	Extrato hidroalcoólico de alho	carne bovina in natura	Prolongou o tempo de conservação	Dirpan; Djalal; Kamaruddin, 2022

2.5.2. Encapsulamento dos Compostos Bioativos do Alho

Os compostos ativos presentes no alho, como os compostos organossulfurados, não possuem estabilidade, são voláteis e fortemente influenciados por altas temperaturas, presença de oxigênio e luz, podendo sofrer reações de degradação e oxidação (TAVARES; SANTOS; ZAPATA NOREÑA, 2021). As técnicas de encapsulamento são empregadas para amenizar os efeitos gerados por um ambiente com condições adversas.

A tecnologia de micro/nanoencapsulamento consiste na detenção ou revestimento de um ou mais compostos no interior de um material de parede. Ela pode ser dividida em três grupos diferentes: processos mecânicos (spray dryer, spray cooling, spray chilling, extrusão, revestimento em leito fluidizado e fluido supercrítico); processos químicos (inclusão molecular, métodos de polimerização interfacial e in situ); e processos físico-químicos (coacervação complexa, gelificação iônica, encapsulamento e emulsificação de lipossomas) (TAVARES; SANTOS; ZAPATA NOREÑA, 2021). Além disso, a escolha pelo método de encapsulamento depende de diversos fatores, sendo a natureza dos materiais e as propriedades das partículas, como tamanho, morfologia e liberação.

Na indústria de alimentos, materiais encapsulados são amplamente utilizados, com maior importância dada para a tecnologia por nanoencapsulação, quando comparada com a de microencapsulação, pois permite um melhor controle na liberação dos materiais, priorizando a biodisponibilidade e o direcionamento dos compostos bioativos.

Piletti et al. (2019) avaliaram o processo de encapsulamento do óleo de alho utilizando β -ciclodextrina e a conservação das suas propriedades antimicrobianas contra bactérias patogênicas. Nessa condição, o encapsulamento de óleos se torna relevante, uma vez que óleos naturais possuem limitações ligadas à sua insolubilidade em água e instabilidade dos seus atributos sensoriais, diminuindo sua eficiência contra microorganismos. Os

resultados analisados constataram que a tecnologia foi capaz de proteger o óleo essencial, bem como sua ação antibacteriana após vários tratamentos térmicos.

Pinilla, Thys e Brandelli (2019) estudaram o efeito do encapsulamento do extrato de alho utilizando lipossomos, que são nanocarreadores a base de lipídios, com bicamada formada por fosfatidilcolina e ácido oléico. O objetivo do estudo consistiu em avaliar a capacidade de inibição das nanocápsulas contra diferentes espécies de vírus encontrados em pães de trigo e que participam de sua deterioração. Os resultados determinaram que a união dos materiais de parede com o extrato de óleo de alho foi inibitória para todos os fungos testados.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo da aplicação do alho como antimicrobiano natural na conservação de alimentos, é possível observar que o mesmo é uma matéria-prima versátil, com excelentes propriedades biológicas capazes de inibir uma ampla gama de microorganismos deteriorantes de alimentos e patógenos para a saúde humana.

A utilização dos óleos essenciais e extratos vegetais do alho permitirá o enriquecimento na indústria alimentícia, pois, o uso desta especiaria denota grande eficiência tanto em sua aplicabilidade como conservante natural, sendo um potencial substituto de aditivos químicos, assim como, na elaboração de embalagens bioativas, a fim de reduzir os impactos ecológicos causados pelas embalagens plásticas convencionais. Contudo, o estudo apresenta temáticas importantes para a introdução de novos métodos na indústria de alimentos e também como fonte de investigação para novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

ANDREA, Martiza; GARZÓN, Gil; MARÍA, Luz; TAMAYO, Alzate; DEL PILAR SÁNCHEZ-CAMARGO, Andrea; DE JESÚS, Leónidas; CARDONA, Millán. Secado por aspersión: una alternativa para la conservación de los compuestos bioactivos y aromáticos del extracto de ajo (*Allium sativum* L.)*. **Revista Lasallista de Investigación**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 40–52, 2011.

BATIHA, G. E-S. et al. Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.): A Review. **Rev. Nutrients**, 12, 872, 2020.

BILENLER, Tugca; GOKBULUT, Incilay; SISLIOGLU, Kubra; KARABULUT, Ihsan. Antioxidant and antimicrobial properties of thyme essential oil encapsulated in zein particles. **Flavour and Fragrance Journal**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 392–398, 2015.

CALDAS, Fabiano Freire; SILVA FILHO, Jeronimo Pereira; RODRIGUES, Carla Andreia Rezende; SILVA, Diego Pereira Da. Atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* L.) frente a bactéria causadora de infecção do trato urinário. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 217–224, 2019.

CALISTO, I.H. Revestimentos comestíveis com óleos essenciais na preservação da qualidade pós-colheita de morangos: uma revisão. Trabalho de Conclusão de Curso - **Universidade Federal de São Carlos**, 2021.

DIAO, X.; HUAN, Y.; CHITRAKAR, B. Extending the Shelf Life of Ready-to-Eat Spiced Chicken Meat: Garlic Aqueous Extracts-Carboxymethyl Chitosan Ultrasonicated Coating Solution. **Food and Bioprocess Technology**, vol. 13, p. 786–796, 2020.

DIRPAN, A.; DJALAL, M.; KAMARUDDIN, I. Application of an Intelligent Sensor and Active Packaging System Based on the Bacterial Cellulose of *Acetobacter xylinum* to Meat Products. **Sensors**, 22(2), p. 544, 2022.

DONG, F.; WANG, X. Effects of carboxymethyl cellulose incorporated with garlic essential oil composite coatings for improving quality of strawberries. **International Journal of Biological Macromolecules**, Vol. 104, Part A, p. 821-826, 2017.

DZIRI, S., CASABIANCA, H., HANCHI, B., & HOSNI, K. Composition of garlic essential oil (*Allium sativum* L.) as influenced by drying method. **The Journal of Essential Oil Research**, v. 26, p. 91-96, 2014.

EZEORBA, Timothy Prince Chidike; CHUKWUDOZIE, Kingsley Ikechukwu; EZEMA, Chinonso Anthony; ANADUAKA, Emeka Godwin; NWEZE, Ekene John; OKEKE, Emmanuel Sunday. Potentials for health and therapeutic benefits of garlic essential oils: Recent findings and future prospects. **Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine**, [S. l.], v. 3, p. 100075, 2022.

FADARE, O. S.; SINGH, V.; ENABULELE, O. I.; SHITTU, O. H.; PRADHAN, D. In vitro evaluation of the synbiotic effect of probiotic *Lactobacillus* strains and garlic extract against *Salmonella* species. **LWT**, [S. l.], v. 153, 2022.

FRATIANNI, Florinda; OMBRA, Maria Neve; COZZOLINO, Autilia; RICCARDI, Riccardo; SPIGNO, Patrizia; TREMONTE, Patrizio; COPPOLA, Raffaele; NAZZARO, Filomena. Phenolic constituents, antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of different endemic Italian varieties of garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 21, p. 240–248, 2016.

FERREIRA, Jéniffer Carvalho; SILVA, Mayane Matos Da; ROCHA, José Luiz Carneiro Da; IZABEL, Tasciano dos Santos Santa. ANTIMICROBIAL ACTION OF *Allium sativum* L. AGAINST *Staphylococcus aureus* AND *Escherichia coli* STRAINS: A LITERATURE REVIEW. **Visão Acadêmica**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 50–62, 2021.

FONSECA, G.M, PASSO, T.C., NINAHUAMAN, M.F.M.L., CAROCI, A.S., COSTA, L.S. Avaliação da atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* Liliaceae) e de seu extrato aquoso. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. V. 16, 2014.

GARZON, M.A.G., TAMAYO, L.M.A., CAMARGO, A.D.P.S., CARDONA, L.D.J.M. Spray dryer: uma alternativa para a preservação de compostos bioativos e aromáticos do extrato de alho (*Allium sativum* L.). **Revista Lasallista de Investigación**. vol. 8, n.2, p.40-52, 2011.

HARRIS, J. C.; COTTRELL, S. L.; PLUMMER, S.; LLOYD, D. Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). **Applied Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 282–286, 2001.

JIANG, Xin-Yang; LIANG, Jin-Yue; JIANG, Si-Yuan; ZHAO, Pan; TAO, Feng; LI, Jia; LI, Xin-Xia; ZHAO, Dong-Sheng. Garlic polysaccharides: A review on their extraction, isolation, structural characteristics, and bioactivities. **Carbohydrate Research**, [S. l.], v. 518, p. 108599, 2022.

KAYA, M.; et al. Production and characterization of chitosan based edible films from *Berberis crataegina*'s fruit extract and seed oil. **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.**, 45, pp. 287-297, 2018.

KUMAR, S. M., KUMAR, V. A., NATARAJAN, P., SREENIVASAN, G. Antifungal efficacy and the mechanical properties of soft liners against *Candida albicans* after the incorporation of garlic and neem: An in vitro study. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, v. 8 (3), p. 212-217, 2018.

LEITE, Alexandre Santos; SANTOS, Jânio Sousa. Potencial antimicrobiano de *Allium sativum* L.: uma revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e108101421699, 2021.

LI, Shengnan; ONDON, Brim Stevy; HO, Shih-Hsin; JIANG, Jiwei; LI, Fengxiang. Antibiotic resistant bacteria and genes in wastewater treatment plants: From occurrence to treatment strategies. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 838, p. 156544, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.156544.

KUMAR, S. M., KUMAR, V. A., NATARAJAN, P., SREENIVASAN, G. Antifungal efficacy and the mechanical properties of soft liners against *Candida albicans* after the incorporation of garlic and neem: An in vitro study. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, v. 8 (3), p. 212-217, 2018.

MA, Cuicui; LI, Siqu; YIN, Yan; XU, Wenhan; XUE, Tiantian; WANG, Yutang; LIU, Xuebo; LIU, Fuguo. Preparation, characterization, formation mechanism and stability of allicin-loaded emulsion gel. **LWT**, [S. l.], v. 161, 2022.

MACHADO, Catiuce da Costa; SILVA, Palloma Almeida Da; SOUZA, Jaqueline Freitas; CARLOS, Antonio; SOUZA, Freitas. Efeito do extrato aquoso de alho *Allium sativum* L. sobre a atividade antibacteriana de antibióticos utilizados contra *Staphylococcus aureus*. Effect of *Allium sativum* L. aqueous garlic extract on the antibacterial activity of antibiotics used against *Staphylococcus aureus*. **Revista Arquivos Científicos (IMMES). Macapá, AP**, [S. l.], n. 2, p. 111–118, 2019.

MIRON, Talia; RABINKOV, Aharon; MIRELMAN, David; WILCHEK, Meir; WEINER, Lev. The mode of action of allicin: its ready permeability through phospholipid membranes may contribute to its biological activity. **Biochimica et Biophysica Acta**, [S. l.], p. 20–30, 2000.

NASCIMENTO, P.A.S., LISBOA, R.C.C.B., LIMA, U.T.S., SILVA, M.J.R.S., FREITAS, M.D.G., VÉRAS, V.T.C., GOUVEIA, C.A.S. Utilização do *Allium sativum* na atenção primária a saúde na perspectiva da comunidade. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.2, p. 13437-13453, 2022.

ORSUWAN, A.; SOTHORNVIT, R. Active Banana Flour Nanocomposite Films Incorporated with Garlic Essential Oil as Multifunctional Packaging Material for Food Application. **Food and Bioprocess Technology**, vol. 11, p. 1199–1210, 2018.

PEREIRA, Lívio Antônio Silva; DE CASTRO E SILVA, Priscila; PAGNOSSA, Jorge Pamplona; MIRANDA, Kelvi Wilson Evaristo; MEDEIROS, Eliton Souto; PICCOLI, Roberta Hilsdorf; DE OLIVEIRA, Juliano Elvis. Antimicrobial zein coatings plasticized with garlic and thyme essential oils. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 22, 2019.

PILETTI, Raquel; ZANETTI, Micheli; JUNG, Guilherme; DE MELLO, Josiane Maria Muneron; DALCANTON, Francieli; SOARES, Cintia; RIELLA, Humberto Gracher; FIORI, Márcio Antônio. Microencapsulation of garlic oil by β -cyclodextrin as a thermal protection method for antibacterial action. **Materials Science and Engineering C**, [S. l.], v. 94, p. 139–149, 2019.

PINILLA, Cristian Mauricio Barreto; BRANDELLI, Adriano. Antimicrobial activity of nanoliposomes co-encapsulating nisin and garlic extract against Gram-positive and Gram-negative bacteria in milk. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [S. l.], v. 36, p. 287–293, 2016.

PINILLA, Cristian Mauricio Barreto; NOREÑA, Caciano Pelayo Zapata; BRANDELLI, Adriano. Development and characterization of phosphatidylcholine nanovesicles, containing garlic extract, with antilisterial activity in milk. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 220, p. 470–476, 2017.

PINILLA, Cristian Mauricio Barreto; THYS, Roberta Cruz Silveira; BRANDELLI, Adriano. Antifungal properties of phosphatidylcholine-oleic acid liposomes encapsulating garlic against environmental fungal in wheat bread. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 293, p. 72–78, 2019.

PROCÓPIO, F.R., FERRAZ, M.C., BRUNO, N.P., SOBRAL, P.J.D.A, HUNBIGER, M.D. Oleorresinas de especiarias como ingrediente de valor agregado para a indústria alimentícia: avanços e perspectivas recentes. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 122, p. 123–139, 2022.

SALIM, Mohamed Hamid; KASSAB, Zineb; ABDELLAOUI, Youness; GARCÍA - CRUZ, Ariel; SOUMARE, Abdoulaye; ABLOUH, El-houssaine; EL ACHABY, Mounir. Exploration of multifunctional properties of garlic skin derived cellulose nanocrystals and extracts incorporated chitosan biocomposite films for active packaging application. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 210, p. 639–653, 2022.

SANTIAGO, M. B.; NASCIMENTO, A. M.; COUTO, W. C. S.; OLIVEIRA NETO, W. N.; LESSA, F. C. R.; FRANQUINI, J. V. M.; PINTO, V. D.; ANDRADE, T. U. Efeito da administração do *Allium sativum* sobre as alterações cardiovasculares de ratos Wistar com infarto do miocárdio. **Rev Ciênc Farm Básica Apl**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 75–82, 2009.

SANTOS, M.B., SANTOS, C.Y., ALMEIDA, M.A., SANTOS, C.R.S., SANT'ANNA, H.L.S., SANTOS, O.S.N., SILVA, F., MARTINS, G.N. Efeito inibitório in vitro de extrato vegetal de *Allium sativum* sobre *Aspergillus niger* Tiegh. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.1, p.13-7, 2010.

SILVA, Álife Diêgo Lima; MONTEIRO, Maria de Fátima Guedes; JÚNIOR, Dárcio Luiz de Sousa; MACÊDO, Nair Silva; SARAIVA, Cícero Roberto Nascimento; LEANDRO, Maria Karollyna do Nascimento Silva; AQUINO, Pedro Everson Alexandre De; SILVA, Rakel Olinda Macedo Da; LEANDRO, Livia Maria Garcia. ATIVIDADE ANTIBACTERIANA E MODULADORA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Allium sativum* L. (Alho) ANTIBACTERIAL AND MODULATOR ACTIVITY OF THE ESSENTIAL OIL OF *Allium sativum* L. (Garlic). **Visão Acadêmica**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 4–16, 2019.

TAVARES, Loleny; SANTOS, Lúcia; ZAPATA NOREÑA, Caciano Pelayo. Bioactive compounds of garlic: A comprehensive review of encapsulation technologies, characterization of the encapsulated garlic compounds and their industrial applicability. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 114, p. 232–244, 2021.

TESFAYE, Azene. Revealing the Therapeutic Uses of Garlic (*Allium sativum*) and Its Potential for Drug Discovery. **Scientific World Journal**, [S. l.], v. 2021, 2021.

VEMURI, Satish Kumar; BANALA, Rajkiran Reddy; SUBBIAH, G. P. V.; SRIVASTAVA, Saurabh Kumar; REDDY, A. V. Gurava; MALARVILI, Thekkumalai. Anti-cancer potential of a mix of natural extracts of turmeric, ginger and garlic: A cell-based study. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 332–344, 2017.

WANG, Xiaoming; WANG, Yue; FANG, Ci; GONG, Qianmei; HUANG, Jinhu; ZHANG, Yujuan; WANG, Liping. Allicin affects the pharmacokinetics of sulfadiazine and florfenicol by downregulating the expression of jejunum P-gp and BCRP in broilers. **Poultry Science**, [S. l.], v. 101, n. 7, p. 101947, 2022.



EXPANSÃO DA FRONTEIRA AGRÍCOLA DA SOJA E O DÉFICIT

Antonio Lucas Aguiar Lobo

Eng. Agron. Mestrando em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5629-5221>

Rafael Santiago da Costa

Ms. Doutorando em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3158-2117>

Mariana Girão Rabelo Amorim

Eng. de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (UFC)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8416-4402>

Antonio Lucas Aguiar Lobo

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7974539442320599>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

24/06/2022

Aceito em:

28/06/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Estresse hídrico

Semiárido

Glycine max L.

RESUMO

A estiagem por um período mais duradouro, ocasiona um déficit hídrico que gera um problema para o crescimento e desenvolvimento das plantas como a soja, afetando negativamente a sua produção. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a soja e a importância de se utilizar cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico, tendo em vista o aumento da fronteira agrícola da soja e as atuais mudanças climáticas no planeta. O presente trabalho aborda a importância da soja para o Brasil e o mundo, os aspectos gerais da cultura, o que é o estresse hídrico e sua importância, os efeitos do déficit hídrico no desenvolvimento e na fisiologia da soja, a importância da seleção de cultivares tolerantes para um alto rendimento. Diante disso, é preciso o uso de cultivares com maiores níveis de tolerância à essa condição de maneira que se obtenha um resultado positivo na atividade agrícola.

EXPANSION OF THE AGRICULTURAL FRONTIER OF SOYBEANS AND THE DROUGHT STRESS

ABSTRACT

The drought for a longer lasting period causes a water deficit that generates a problem for the growth and development of plants such as soybeans, negatively affecting their production. Thus, this study aimed to conduct a bibliographic review on soybean and the importance of using cultivars more tolerant to water deficit, in view of the increase of the agricultural frontier of soybean and the current climate changes on the planet. The present work addresses the importance of soybean for Brazil and the world, the general

Keywords:
Water stress
Semiarid
***Glycine max* L.**

aspects of culture, what is water stress and its importance, the effects of water deficit on the development and physiology of soybean, the importance of selecting tolerant cultivars for a high yield. Therefore, it is necessary to use cultivars with higher levels of tolerance to this condition in order to obtain a positive result in agricultural activity.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma espécie dicotiledônea com origem na Ásia, que pertence à família Fabaceae, possui porte herbáceo, gera frutos do tipo vagens e é a leguminosa com maior relevância na economia mundial. Apresenta importância na alimentação humana e ração animal (SEDIYAMA et al., 2009; CASTRO et al., 2015). Devido a isso, a fronteira agrícola da soja tem aumentado, mas Wu (2020) afirma que com a demanda crescente, o maior mercado consumidor do planeta, a China, precisará de ainda mais soja.

Com isso, a produção de soja no Brasil está aumentando, devido ao melhoramento vegetal e ao desenvolvimento de cultivares bem adaptadas à diferentes ambientes (TEJO et al., 2019). O Brasil apresenta enorme aptidão agrícola e recebe incontáveis investimentos em ciência e tecnologia direcionados para a área o que proporciona reflexos positivos na economia e vida da população (CATTELAN et al., 2018).

Como qualquer outro cultivo, a soja está sujeita a fatores externos a produção, como quantidade de luz, qualidade do solo e outros (FENG et al., 2020). Sendo o fator mais limitante para a região semiárida a disponibilidade de água, pois afeta na fisiologia e por consequência no pleno desenvolvimento e produção vegetal (TAIZ et al., 2017).

O estresse hídrico em regiões semiáridas apresenta pouca disponibilidade de hídrica em certos momentos, além da possibilidade de elevados níveis evaporativos da produção e altas temperaturas (SILVA; ALCANTARA, 2009). A falta de água pode ocasionar lesões no vegetal a nível estrutural, celular e bioquímico, que podem até serem não reversíveis (VIEIRA et al., 2013).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura da soja

A leguminosa soja (*Glycine max* L.), com origem asiática, segundo Gazzoni (2018), é uma planta de ciclo anual e autógama, da família Fabaceae, possui porte herbáceo, apresenta características morfológicas que sofrem influência do ambiente, como por exemplo o ciclo, altura e ramificações (TEJO et al., 2019). É uma planta com importância comercial e nutricional e seu consumo na alimentação dos seres humanos possui incentivo graças à enorme variedade de produtos à base de soja e por possuir uma série de benefícios potenciais para a saúde, devido à alta qualidade proteica e isoflavonas (CANTELLI, 2016).

A planta produz vagens comestíveis, apresenta riqueza em proteína vegetal, sendo uma das grandes commodities do comércio mundial, consumida no mundo inteiro (FENG, 2020). Segundo Sedyama (1985), o sistema radicular da soja é formado pelas raízes secundárias e uma raiz axial principal. São encontrados nas raízes do vegetal, nódulos que correspondem a uma simbiose que acontece entre a soja e microorganismos do gênero *Bradyrhizobium*, estas bactérias proporcionam a fixação de nitrogênio no ar e o disponibilizam ao vegetal de maneira na qual ele possa assimilar (nitrato) obtendo nesse processo hidratos de carbono.

Com relação ao caule da cultura é classificado como ereto, pubescente, herbáceo e ramificado, com desenvolvimento começando a partir do eixo embrionário. As condições externas podem acabar influenciando no crescimento, entretanto, normalmente, no maior número de cultivares é do tipo ortótropo (TEJO et al., 2019). Conforme Camargo (2010), no crescimento e desenvolvimento, a leguminosa possui três categorias de folhas diferentes, as iniciais cotiledonares, as unifolioladas no começo do desenvolvimento e, as trifolioladas que continuam até a fase de senescência.

De acordo Milman (2020), as flores da leguminosa são completas e surgem em racemos axilares ou terminais. A coloração da flor pode variar conforme a genética da cultivar, porém, as mais comuns apresentam cor púrpura ou branca. A abertura da flor acontece normalmente no período da manhã e pode ter influência da umidade e temperatura. A soja sofre influência do fotoperíodismo, sendo considerada um vegetal de dias curtos, assim, necessita de uma certa quantidade de horas de noite ou escuro para que ocorra a floração, no entanto, conforme a cultivar essa característica muda.

O fruto da leguminosa é denominado de vagem e quando maduro possui de 2 até 7 cm de comprimento e 1 até 2 cm de largura, o que pode ser alterado conforme as condições climáticas, mas geralmente mostra uma forma do tipo achatada (SILVA et al., 2013). A soja pode ser cultivada na maioria dos tipos de solo, mas prospera em solo arenoso, fértil e bem drenado. De acordo com Carmello (2006), a soja possui uma taxa inicial de absorção de nutrientes menor e a maior exigência nutricional aumenta no decorrer da fase vegetativa e se mantém elevada até o início do preenchimento dos grãos, quando as atividades fotossintéticas são altas (TEJO et al., 2019).

De acordo com Carmello (2006), uma maior translocação de nutrientes, acumulados nas partes vegetativas ocorre à medida que o preenchimento de grãos tem evolução, diminuindo a demanda por nutrientes do solo e, conseqüentemente, as atividades fisiológicas apresentam diminuição sensível, encerrando, com a maturação da planta, a absorção e o processo fotossintético. Ainda conforme, o autor supracitado, a ordem decrescente de exigências nutricionais da soja é N, K, Ca, Mg, P e S e a necessidade de água pela soja se eleva com o crescimento da planta, alcançando assim, o nível de ápice durante o preenchimento de grãos.

Restrições bióticas, como patógenos, pragas e ervas daninhas, podem ser prejudiciais ao cultivo da soja, ocasionando impactos negativos de forma significativa na produção. Para reduzir de forma eficiente os prejuízos causados por patógenos e pragas, inúmeras práticas, como técnicas de saneamento de sementes e técnicas culturais, aplicações de pesticidas e implantação de resistência são utilizadas. Por longos períodos, as instituições públicas realizaram testes de produtividade a nível regional em cultivares de soja tanto no setor público como também no privado (CHAWLA et al., 2013).

A soja é uma das culturas agrícolas mais cultivadas em todo mundo, com alta demanda em diferentes setores produtivos. O Brasil se tornou o maior produtor do grão com uma quantidade de 124,845 milhões de toneladas, em uma área de 36,950 milhões de hectares, atingindo a produtividade de 3379 kg/ha e os estados com as maiores produções foram respectivamente o Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás, conforme levantamento da CONAB (2020).

De acordo com Almeida Neto (2015), a água é fator relevante em todas as etapas da produção de diversos cultivos, no entanto, considerando a grande irregularidade da distribuição de chuvas que ocorre na região Nordeste do Brasil, este fato tem contribuído

ainda mais para menores rendimentos obtidos em diferentes culturas. Esse, é considerado um dos fatores abióticos mais importantes que limitam o crescimento e a produção da soja em muitas áreas.

2.2 Estresse hídrico

De acordo com Camargo (2010), as plantas estão sujeitas à variações ambientais por meio de estresses abióticos e bióticos e por conta disso, estudos com estresses em plantas, tais como secas, inundações, utilização de temperaturas extremas devem ser levados em consideração para aumentar a produção de soja, visto que é uma cultura que apresenta certa limitação climática, como qualquer outra. Dessa forma, é perceptível que o estresse abiótico é um dos mais desafiadores de todas as principais restrições durante a produção nas safras da soja, tendo em vista que está diretamente relacionado com as vias metabólicas do vegetal (FENG, 2020).

Dentre os estresses abióticos, a seca ou déficit hídrico se destaca como o fator com o maior impacto no rendimento de importantes safras em todo o mundo, incluindo a soja, pois o mesmo causa fechamento estomático, reduzindo a fotossíntese e conseqüentemente a produtividade da cultura (TAIZ et al., 2017). Diferentes mecanismos são empregados pelas plantas para se protegerem contra o déficit hídrico, incluindo alterações na condutância estomática, ajuste osmótico, acúmulo de moléculas osmoprotetoras e atividade de proteínas antioxidantes (GOMES et al., 2015).

Além disso, o estresse hídrico pode induzir diretamente uma ampla gama de sintomas de lesão em plantas, como redução do crescimento, aumento do estresse oxidativo e mudanças no metabolismo que interferem na produção de fotoassimilados. Por esse motivo, as plantas estressadas passam por uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas frente ao estresse hídrico (DU et al., 2020).

Segundo Zhilei Liu (2015), o déficit hídrico afeta as plantas principalmente com relação a fatores físicos, nutricionais, fisiológicos e celulares, gerando dano oxidativo, causado por espécies reativas de oxigênio, afetando a quantidade de aminoácidos livres e as concentrações de açúcar das raízes das plantas. Então, compreender melhor o impacto da seca sobre as plantas é essencial para otimizar a gestão do uso da água sob condições climáticas inconstantes e para produção agrícola (JHA et al., 2018).

De acordo com o experimento realizado por Liu (2004) que avaliava o efeito do estresse hídrico nas folhas e vagens da soja durante o desenvolvimento reprodutivo inicial, a seca diminuiu as taxas fotossintéticas e os potenciais hídricos nas folhas, flores e frutos. Além

disso, o déficit hídrico diminuiu as concentrações de sacarose e amido nas folhas, aumentou as concentrações de hexose (glicose + frutose) e reduziu o crescimento da vagem.

Conforme Marianno (2016), na soja, o número de vagens por planta é altamente influenciado pelo déficit hídrico, visto que na fase de formação da vagem há uma demanda de água muito grande, e sua falta pode aumentar significativamente a taxa de abortamento das vagens, diminuindo assim a produção final de sementes. De acordo com Bredemeier (2000), a seca pode afetar o status de nitrogênio e o metabolismo nas plantas, e ambos os processos interagem uns com os outros, fazendo com que a produção final seja reduzida.

O déficit hídrico diminui os teores de nitrogênio, e essa diminuição na planta pode afetar a síntese de proteínas, incluindo as principais enzimas para assimilação de carbono na fotossíntese e metabolismo, que por sua vez irá afetar a disponibilidade de carboidratos para a planta. O estresse hídrico reduz a taxa de fotossíntese e altera a distribuição e o metabolismo do carbono na planta, levando ao esgotamento da energia e diminuição da produção (DU et al., 2020).

Em complemento, Gava (2016), afirma que a aplicação de déficit hídrico ao longo de todo o ciclo da cultura reduziu a produtividade da cultura da soja. Porém, quando aplicadas somente em subperíodos, essa aplicação não apresentou diferenças em relação à irrigação plena. Assim, podemos associar esses subperíodos com os veranicos do Nordeste e tentar encontrar soluções viáveis através de cultivares tolerantes ao déficit hídrico para obtenção de rendimentos positivos, mesmo em condições hídricas limitantes.

2.3. Efeito do déficit hídrico no desenvolvimento e na fisiologia da soja

A sensibilidade da soja submetida ao déficit hídrico pode expor as plantas à alterações morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e produtivas, porque altera sua composição química e também seu metabolismo. Na ocorrência de déficit hídrico, as plantas desencadeiam estratégias para reduzir os efeitos da seca, através de mecanismos de tolerância, tais como o ajuste osmótico, para que dessa forma, o vegetal absorva água e conserve o potencial de pressão em níveis considerados ideais (MORANDO, 2014).

Assim, o estresse hídrico gera um efeito diferencial sobre o crescimento e produção de biomassa na cultura da soja, dependente do momento e do grau de severidade. De acordo com Machado Júnior (2015) na cultura da soja, em boas condições hídricas, a eficiência do uso da radiação solar permanece relativamente constante nas diferentes fases fenológicas,

mas que sob déficit hídrico a soja tende a maximizar a eficiência de utilização da radiação e a diminuir a eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

A estabilidade na produção de grãos é altamente correlacionada com a disponibilidade hídrica, de forma que o déficit hídrico muito intenso na fase final de floração e na formação de vagens pode ocasionar o abortamento de quase todas as flores restantes e vagens recém-formadas, além de uma segunda florada normalmente infértil e em retenção foliar pela ausência de demanda por fotoassimilados, influenciando negativamente na produtividade da cultura (MACHADO JÚNIOR, 2015).

O nível de perda na produção agrícola da soja depende de muitos fatores, porém, além da perda na produção, a viabilidade das sementes oriundas de plantas sob déficit hídrico é afetada negativamente. Conforme Tavares (2013), o déficit hídrico no período vegetativo, em soja, reduz o diâmetro do caule, a altura de planta, além disso, a partir de 20 dias após emergência causa redução da qualidade fisiológica das sementes de soja, podendo ser bem mais severo em plantas oriundas de sementes de baixo vigor.

Algumas das primeiras respostas ao estresse hídrico estão relacionadas com alterações morfofisiológicas, como redução da área foliar, fechamento estomático, produção de osmorreguladores e maior desenvolvimento radicular em relação à parte aérea (TAIZ et al., 2017). De acordo com Gobbi et al (2019), a produtividade da soja está diretamente ligada com a produção de fotoassimilados e a redução na área foliar afeta significativamente a produtividade da planta.

Nessa perspectiva, Kron et al. (2008) fizeram uma análise na hipótese que um déficit hídrico moderado (não-letal) aplicado a um determinado estágio da soja poderia aumentar a tolerância a futuros déficits hídricos. Com isso, o déficit hídrico foi introduzido nos estádios V1 (primeiro trifólio completamente desenvolvido), V4 (quarto trifólio completamente desenvolvido) e R1 (início do florescimento). Os resultados obtidos indicaram que um leve déficit hídrico no estágio V4 aumenta a tolerância a um futuro déficit hídrico, enquanto que um leve déficit hídrico em R1 diminuiu sua tolerância. Demonstrando assim, que plantas de soja que sofrem déficit hídrico antes do florescimento possuem maior produção de grãos do que aquelas que sofreram o déficit após o florescimento, devido a um sistema radicular desenvolvido previamente.

Dentre as principais características afetadas pelo déficit hídrico na soja cita-se a integridade da membrana citoplasmática, fotossíntese, funcionamento dos estômatos, eficiência do uso da água, assimilação de carbono e o potencial de água no xilema (HOPKINS; HÜNER, 2009). Segundo Taiz et al. (2017), ao nível celular, o déficit hídrico

leva à desidratação com implicações para as membranas citoplasmáticas, nessa perspectiva, Jaleel (2009) constatou que o déficit hídrico danifica a membrana através da alteração da bicamada lipídica, levando a uma perda de seletividade e produção de radicais de oxigênio livre, estes radicais são em sua maior parte produzidos nos cloroplastos e com isso a atividade fotossintética fica comprometida.

De acordo com Gheyi (2012), as regiões Semiáridas se caracterizam por seu balanço hídrico deficitário, particularmente no que se refere às trocas com a atmosfera. Sua precipitação anual média varia entre 500 e 850 mm com mais de 70% das chuvas se encontram no quadrimestre de janeiro a abril, sua evaporação potencial anual média (tanque classe A) varia de 2.100 a 2.600 mm, o que reforça o uso de cultivares bem adaptadas e manejo adequado a fim de evitar efeitos negativos na produtividade da soja devido às condições ambientais.

Segundo Chavarria (2015), independentemente da região produtora brasileira, um dos maiores fatores limitantes no rendimento da cultura da soja é a disponibilidade de água para as plantas. Diante de todo o explanado, percebe-se que o déficit hídrico pode ser menos desfavorável e auxiliar na indução de maior resistência a veranicos na região Nordeste brasileira, desde que ocorra em determinados períodos da fase vegetativa da planta, o que é promissor para a expansão da fronteira agrícola da soja na região, indicando também uma necessidade de estudos científicos com essa temática.

2.4. Importância da seleção de cultivares tolerantes

Tendo em vista a ocorrência de chuvas irregulares e de veranicos na região Semiárida, é necessário um manejo adequado da água e de fundamental importância a utilização de cultivares mais adaptadas à região. Segundo Yu (2016), a seca é um fator importante que limita o crescimento das plantas, causando redução na produção das safras, portanto, a caracterização da tolerância à seca e o desenvolvimento de variedades tolerantes a ela, têm sido um objetivo de muitos programas de melhoramento de culturas, tentando melhorar a produtividade da cultura em campo.

As mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos motivam esforços nas diferentes áreas do conhecimento, tentando buscar alternativas e minimizar os efeitos do déficit hídrico, má distribuição de chuvas e elevação de temperaturas, além de propiciar soluções mais adequadas para todos. A tolerância ao estresse hídrico é resultante de várias características (anatômicas, morfológicas, fisiológicas e moleculares) que se expressam

diferente e concomitantemente, dependendo da severidade e da taxa de imposição do déficit hídrico, da idade e das condições nutricionais da planta, do tipo e da profundidade de solo, da demanda evaporativa da atmosfera e da face de exposição do terreno (FERRÃO et al., 2016).

Em situações de déficit hídrico, vários mecanismos podem ser acionados pela planta para aumentar a tolerância à seca, embora apenas alguns deles tenham papel importante nessa resposta. Localizar genes induzidos somente em genótipos tolerantes pode dar suporte na identificação dos mecanismos principais de tolerância, o que permite novas alternativas de seleção genética para a tolerância à seca e a obtenção de plantas mais adaptadas a essa condição (PEREIRA et al., 2011).

O principal objetivo dos programas de melhoramento da soja é selecionar cultivares com rendimento superior (SUN et al., 2015). De acordo com Zhou (2019), o melhoramento genético é uma solução promissora para atender a enorme futura demanda alimentar e matéria prima, por meio do desenvolvimento de novas variedades de culturas com características melhoradas, incluindo alto potencial de rendimento e resiliência a estresses bióticos e abióticos devido a ambientes adversos.

Conforme Battisti (2013) em seu trabalho sobre a eficiência climática da soja, mostraram que as datas de semeadura afetaram positivamente a eficiência climática para a cultura da soja. Fioreze (2011) em seu experimento sobre o comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação, notou que o material genético que possuía boa adaptação não sofreu tanta redução quando submetido ao estresse hídrico.

Com isso, pode-se perceber que a utilização de cultivares mais tolerantes à seca permitirá aumentar as chances do sucesso produtivo da cultura, então é crucial a escolha de cultivares mais resistentes ao déficit hídrico para maior adaptação climática. Dentre as cultivares que apresentam boas adaptações edafoclimáticas brasileiras, podemos citar como exemplos as monsoy 8644, 8349 e 2383, bem como a Brasmax extrema IPRO. Segundo Dias (2019), a soja monsoy 8644 IPRO possui hábito de crescimento determinado, ligeiramente tolerante ao déficit hídrico, é resistente ao acamamento, ao cancro da haste e a mancha olho de rã, além de apresentar exigência regular em fertilidade, com boa produtividade (DIAS, 2019).

Já para a cultivar soja monsoy 8349 IPRO é uma planta de ampla adaptação geográfica, alta estabilidade, apresenta boa arquitetura e elevado potencial produtivo (SANTOS, 2019), tornando-a altamente recomendada para produção. Por sua vez, a soja TMG 2383 IPRO tem um excelente potencial de engalhamento, ampla adaptação climática

e elevado potencial produtivo, sendo bastante cultivada pelos agricultores (SANTOS, 2019). Por fim, à soja Brasmax extrema IPRO, é uma cultivar lançada na safra 18/19, com o intuito de atender aos produtores da região MATOPIBA, apresenta-se altamente estável às regiões, porte e ciclo adequado para todas regiões onde é recomendada, boa sanidade foliar, acarretando em um alto potencial produtivo (CABRAL, 2019).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem cultivares interessantes para serem indicadas para a região Semiárida, no entanto, ainda são necessários trabalhos que busquem investigar o efeito do déficit hídrico nas mesmas, uma vez que é uma condição muito comum dessa região. Então, selecionar cultivares ou genótipos que apresentem características adaptativas à condição de limitação hídrica, é uma estratégia de suma importância para expansão do cultivo da soja.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA NETO, I. P.; ANDRADE, M. L.; SOUSA, J. S.; SILVA, S. S.; ANDRADE, A. B. A. Avaliação das características morfológicas mudas de cajueiro sob déficit hídrico em condições de semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.1, p.8-11, 2015.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PILAU, F. G.; WOLLMANN, C. A. Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.390-396, 2013.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

CABRAL, M. S. **Geração de demanda das cultivares de soja brasmax no oeste baiano**. Monografia graduação em agronomia Universidade Federal do Tocantins, 2019. 33p.

CAMARGO, L.M.; NEUMAIER, N.; GIANELLI, F.M.; FÁVARO, F.N.; PINHEIRO B.C.; TOLEDO, C.F.; DELATTRE, N.; OLIVEIRA, M.C.N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. Teor relativo de água em cultivares de soja sob três níveis de disponibilidade hídrica no solo. **V Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, p.102-104, 2010.

CANTELLI, K. C. **Caracterização de linhagens de soja *glycine max* (l.) Merrill para produção de brotos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos da URI – Erechim, 2016. 62p.

CARMELLO, Q. A. C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição de lavouras de soja: situação atual e perspectivas. **Revista Visão Agrícola**, v.3, n.5, p.8-11, 2006.

CASTRO, L. S.; MIRANDA, M. H.; LIMA, J. E. Indicadores sociais de desenvolvimento e a produção de soja: uma análise multivariada nos 150 maiores municípios produtores brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v.11, n.1, p.69-87, 2015.

CATTELAN, A.J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **EDP Sciences**, 2018.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V. A.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p.1387-1393, 2015.

CHAWLA, S.; BOWEN, C. R.; SLAMINKO, T. L.; HOBBS, H. A.; HARTMAN, G. L. A public program to evaluate commercial soybean cultivars for pathogen and pest resistance. **The American Phytopathological Society**, v.97, n.5, p.568-578, 2013.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira 2019/2020.** v.7, n.12, p.1-33, 2020.

DIAS, K. D. G. **Hidrolisado de peixe e *Bradyrhizobium japonicum* no tratamento de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill).** Monografia graduação em agronomia Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná, 2019. 29p.

DU, Y.; ZHAO, Q. CHEN, L.; YAO, X.; ZHANG, W. ZHANG, B.; XIE, F. Effect of drought stress on sugar metabolism in leaves and roots of soybean seedlings. **Journal Elsevier**, v.146, p.1-12, 2020.

FENG, Z.; DING, C.; LI, W.; WANG, D.; CUI, D. Applications of metabolomics in the research of soybean plant under abiotic stress. **Food Chemistry**, v.310, p.1-9, 2020.

FERRÃO, R. G.; MOREIRA, S. O.; FERRÃO, M. A. G.; RIVA, E. M.; ARANTES, L. O.; COSTA, A. F. S.; CARVALHO, P. L. P. T.; GALVÊAS, P. A. O. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recomendação de cultivares com tolerância à seca para o Espírito Santo. **Incaper em Revista**, v.7, n.4, p.51-71, 2016.

FIGLIANO, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v.58, n.3, p.342-349, 2011.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.10, n.3, p.305-315, 2016.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v.70, n.3, p.16-18, 2018.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. **Livro Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**, v.1, 2012. 282p.

GOBBI, R. C.; CASIMIRO, E. L. N. Efeitos de níveis de desfolha em diferentes estádios fenológicos na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v.12, n.3, p.249-258, 2019.

GOMES, J. M.; RODRIGUES, F. A.; PAGLIARINI, R. F.; NAKAYAMA, T. J.; REIS, R. R.; FARIAS, J. R. B.; HARMON, F. G.; MOLINARI, H. B. C.; MOLINARI, M. D. C.; NEPOMUCENO, A. Transcriptome-Wide Identification of Reference Genes for Expression Analysis of Soybean Responses to Drought Stress along the Day. **Journal PLOS ONE**, v.10, n.5, p1-16, 2015

HOPKINS, W. G.; HÜNER, P. A. N. **Plant physiology**, v.4, p.26-33 e 230, 2009.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.11, n.1, p.100 – 105, 2009.

JHA, P. K.; KUMARB, S. N.; INESA, A. V. M. Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper Indo-Gangetic plain: Field experiment and modeling approach. **Journal Elsevier**, v.219, p.76-86, 2018.

KRON, A. P.; SOUZA, G. M.; RIBEIRO, R. V. Water deficiency at different developmental stages of glycine max can improve drought tolerance. **Bragantia**, v.67, n.1, p.43-49, 2008.

LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. **Journal Elsevier**, v.86, p.1-13, 2004.

LIU, Z.; LI, Y.; MA, L.; WEI, H.; ZHANG,, J.; HE, X.; TIAN, C. Coordinated Regulation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soybean MAPK Pathway Genes Improved Mycorrhizal Soybean Drought Tolerance. **Molecular Plant-Microbe Interaction**, v.28, n.4, p.408-419, 2015.

MACHADO JÚNIOR, C. S. **Déficit hídrico em tipos de crescimento da soja**. Dissertação mestrado em fitotecnia Universidade Federal de Uberlândia, 2015. 57p.

MARIANNO, F. H. F. **Desempenho produtivo da soja submetida a aplicação de fitorreguladores na fase reprodutiva e a dois regimes hídricos no enchimento de grãos**. Dissertação Mestrado em Produção Vegetal, 2016.

MILMAN, V. M. **Desempenho da cultura da soja (*Glycine max*) em resposta a diferentes densidades de sementeira e geometrias espaciais**. Dissertação mestrado em Engenharia Agrônômica. Universidade do Porto, 2020. 50p.

MORANDO, R.; SILVA, A. O.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M. P. M. A. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.especial, p.114-129, 2014.

PEREIRA, A. A.; MORALES, A. M. A. P.; BORÉM, A.; LOUREIRO, M. E. Expressão de genes da subfamília HD-Zip I em soja submetida à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.884-889, 2011.

SANTOS, M. K. S. **Avaliação da qualidade de sementes de soja produzidas no oeste baiano: empresa ciaseeds**. Monografia graduação em agronomia Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019. 60p.

SEDIYAMA, T., PEREIRA, M. G., SEDIYAMA, O S., GOMES, J. L. **Cultura da soja**. Minas Gerais: UFV, 1985. 96p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. **Tecnologias de produção e usos da soja**, p.1-5, 2009.

SILVA, D. F.; ALCÂNTARA, C. R. Déficit hídrico na região Nordeste: variabilidade espaço-temporal. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v.8, n.1, p.45-51, 2009.

SILVA, F. C. S. **Influência do tamanho de sementes e de características agrônômicas em descritores adicionais de soja**. Dissertação mestrado Universidade Federal de Viçosa, 2013. 57p.

SUN, M.; GOGGI, S. A.; MATSON, K. ; PALMER, R. G.; MOORE, K.; CIANZIO, S. R. Thin Plate Spline Regression Model Used at Early Stages of Soybean Breeding to Control Field Spatial Variation. **Journal of Crop Improvement**, v.29, n.3, p.333-352, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6 ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017. 858 p.

TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A.; TUNES, L. M.; BARROS, A. C. S. A. Rendimento e qualidade de sementes de soja de alto e baixo vigor submetidas ao déficit hídrico. **Revista de ciencia y tecnología de América**, v.38, n.1, p.73-80, 2013.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**, v.35, n.1, p.1-9, 2019.

VIEIRA, F. C. F.; SANTOS JUNIOR, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. **Bioscience Journal**, v.29, n.2, p.543-552, 2013.

WU, F.; GENG, Y.; ZHANG, Y.; JI, C.; CHEN, Y.; SUN, L.; XIE, W.; ALI, T.; FUJITA, T. Assessing sustainability of soybean supply in China: Evidence from provincial production and trade data. **Journal of Cleaner Production**, v.244, p.1-14, 2020.

YU, X.; JAMES, A. T.; YANG, A.; JONES, A.; MENDOZA-PORRAS, O.; BÉTRIX, C. A.; MA, H.; COLGRAVE, M.L. A comparative proteomic study of drought-tolerant and drought-sensitive soybean seedlings under drought stress. **Crop and Pasture Science**, v.67, n.5, p.528-540, 2016.

ZHOU, J.; YUNGBLUTH, D.; VONG, C. N.; SCABOO, A.; ZHOU, J. Estimation of the Maturity Date of Soybean Breeding Lines Using UAV-Based Multispectral Imagery. **Remote Sens**, v.11, n.18, p.2075, 2019.



OBTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DE PITAIA VERMELHA APLICADA EM PÃES

Mariana Girão Rabelo Amorim

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8416-4402>

Maryana Melo Frota

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4103-6195>

Juliana Maria Maia Freire

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6639605878751894>

Antonio Lucas Aguiar Lobo

Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – Ceará
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7974539442320599>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

24/06/2022

Aceito em:

28/06/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Hylocereus

costaricensis

Cactácea

Panificação

Fibras

Coproducto

RESUMO

O consumo de pitáia vermelha (*H. costaricensis*), no Brasil, é uma tendência crescente. O excedente das safras e o nível de consumo baixo do produto, que possui alto valor agregado, provocam elevados índices de desperdício, os quais podem acarretar problemas ambientais, essencialmente no que se refere às cascas que são descartadas durante o seu processamento. Desse modo, objetivou-se com a pesquisa elaborar e caracterizar as propriedades físico-químicas da farinha da casca de pitáia e de pães formulados com a mesma, visando o aproveitamento total do fruto, onde surge como uma alternativa de uso de coproduto agroindustrial. A metodologia compreendeu no desenvolvimento de três formulações de pães, adicionados com farinha da casca de pitáia (FCP) foi adicionada em diferentes proporções: 5%, 10% e 20%, e foram submetidas às análises físico-químicas de pH, acidez, proteína, gordura, fibras e umidade. Em seguida, os pães foram avaliados com relação aos seus parâmetros físicos de qualidade, como: análise do peso, volume, e análise de volume específico. Ainda verificou-se, através do Google Forms: a aceitação, a intenção de compra do produto e a sugestão de aplicação da FCP, em demais produtos, através de um formulário. A pesquisa contou com a participação de 206 residentes da cidade de Fortaleza, Ceará. Os pães, com exceção do 5% FCP, atenderam aos parâmetros legais vigentes. Os pães com 10% e 20% tiveram seu volume intrinsecamente afetado pela adição gradual de FCP. A FCP apresentou-se como uma potencial fonte de fibras (24,4 g/100g). A FCP apresenta-se como uma alternativa interessante para melhorar a qualidade nutricional de produtos alimentícios. Através do formulário, pode-se inferir que a incorporação da FCP em produtos da panificação possui boas perspectivas. Porém, os pães

com o coproduto devem ser elaborados em concentrações inferiores a 5%, visando à melhor aceitação do produto, seguido de uma futura análise sensorial.

OBTAINING AND USING FLOUR FROM RED PITAIA PEEL APPLIED IN BREADS

ABSTRACT

The consumption of red pitaya (*H. costaricensis*) in Brazil is a growing trend. The surplus of the harvests and the low consumption level of the product, which has high added value, cause high levels of waste, which can lead to environmental problems, especially with regard to the shells that are discarded during their processing. Thus, the objective of this research was to elaborate and characterize the physical-chemical properties of pitaya bark flour and breads formulated with it, aiming at the full use of the fruit, where it emerges as an alternative for the use of agro-industrial co-product. The methodology included in the development of three formulations of breads, added with pitaya peel flour (FCP) was added in different proportions: 5%, 10% and 20%, and were submitted to physicochemical analyses of pH, acidity, protein, fat, fibers, and moisture. Then, the breads were evaluated in relation to their physical parameters of quality: such as: weight analysis, volume, and specific volume analysis. It was also verified, through *Google Forms*: the acceptance, the intention to purchase the product and the suggestion of application of FCP, in other products, through a form. The research had the participation of 206 residents of the city of Fortaleza, Ceará. The breads, except for 5% FCP, met the current legal parameters. Breads with 10% and 20% had their volume intrinsically affected by the gradual addition of FCP. FCP was a potential source of fibers (24.4 g/100g). FCP presents itself as an interesting alternative to improve the nutritional quality of food products. Through the form, it can be inferred that the incorporation of FCP in bakery products has good prospects. However, the breads with the co-product should be prepared in concentrations below 5%, aiming at better acceptance of the product, followed by a future sensory analysis.

Keywords:

*Hylocereus
costaricensis*
Cactaceae
Bakery
Fiber
Co-product

1 INTRODUÇÃO

A pitia é um fruto oriundo da América Central, pertencente à família Cactaceae. Possui duas variedades comerciais: *Hylocereus costaricensis*, de polpa e casca vermelha e a *Selenicereus megalanthus*, de casca amarela. No Brasil, o principal polo produtor é a região Sudeste, tendo, em média 14 toneladas de frutos produzidos por hectare (MIZRAHI, 2014).

A pitia é reportada como um alimento que possui benefícios à saúde humana, entre eles, apresenta capacidade antioxidante, estando essa atividade associada principalmente a captina, que funciona como um cardioprotetor, diminuindo os riscos de doenças como a hipertensão (PERWEEN; MANDAL; HASAN, 2018).

Com o aumento no consumo desse fruto, surgem novas técnicas para o seu processamento, bem como aumento de vida de prateleira e incorporação da pitia em produtos como: sucos, chás e bolo. Assim, considerando todo o processamento agroindustrial, um dos maiores desafios das indústrias alimentícias é o destino dos resíduos sólidos gerados em linhas de produção, os quais são destinados incorretamente para lixões e aterros sanitários, quando, se adotadas medidas sustentáveis, poderiam originar um coproduto.

No Brasil, o pão é o alimento essencial na mesa de seus habitantes, sendo o seu consumo diário. Novas tecnologias aplicadas à panificação tornaram-se tendência e têm boa aceitação, uma vez que o público-alvo tem buscado, cada vez mais, propriedades funcionais nos alimentos (SANTOS et al., 2018).

Portanto, o estudo visa avaliar a aceitação visual e o potencial funcional da farinha da casca de pitia aplicada na panificação. O estudo busca identificar, através de análises quantitativas, uma alternativa viável de aplicação na panificação, onde os resíduos tornaram-se fonte de nutrientes em um coproduto: o pão, o que pode ser uma alternativa para driblar essa carência socioeconômica.

2 METODOLOGIA

As cascas das pitaias foram doadas pelo Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC). A etapa experimental foi realizada no Laboratório de Biomateriais Alimentícios (LBMA), do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará (UFC), situado em Fortaleza, Ceará.

No laboratório, as cascas foram selecionadas de acordo com o estágio de maturação do fruto, polpa densa e volumosa, e pela ausência de parasitas, em seguida foram higienizadas com solução aquosa de hipoclorito a 100 ppm por 15 min. As cascas foram cortadas em pedaços retangulares e armazenadas em freezer (Consul CHA319B) a -19 °C.

2.1 Obtenção da Farinha da Casca de Pitaia

Para a secagem, as cascas congeladas foram previamente descongeladas sob refrigeração por 24h. A secagem foi realizada de acordo com a metodologia de circulação de ar forçada descrita por Menezes et al. (2018), em estufa (7lab, 40L), com temperatura de 70 °C durante 360 minutos. Para a sua moagem, foi utilizado um multiprocessador industrial (Metvisa, LQL-15/19).

Foram utilizadas peneiras de 35 Mesh (ASTM 35 MESH) para a peneiragem da farinha a fim de conferir uniformidade adequada ao produto. A preparação da farinha da casca de pitaia (FCP), deu-se exclusivamente da casca da fruta, não tendo a adição de aditivos alimentares.

2.2 Formulações dos Pães Adicionados com Farinha da Casca de Pitaia

No preparo do pão, em relação a adição da farinha da casca de pitaia vermelha foram adotadas as proporções de 5, 10 e 20% , respectivamente, em relação à uma quantidade padrão (100g) de farinha de trigo presente na formulação de um pão convencional. Assim, as quantidades para o seu preparo constam na Tabela 1:

Tabela 1 - Formulação dos pães adicionados com farinha da casca de pitaia.

INGREDIENTES	FORMULAÇÕES			
	P	5% FCP	10% FCP	20% FCP
Farinhas	100g	300g	300g	300g
Açúcar	15g	15g	15g	15g
Gordura Vegetal Hidrogenada	15g	15g	15g	15g
Sal	6g	6g	6g	6g
Água	100g	100g	100g	100g
Fermento biológico seco	10g	10g	10g	10g
Farinha da casca de pitaia	-	15g	30g	60g

Legenda: P: Pão Padrão; 5% FCP: Pão com adição de 5% da farinha da casca de pitaia; 10% FCP: Pão com adição de 10% da farinha da casca de pitaia; 20%FCP: Pão com adição de 20% da farinha da casca de pitaia.

Fonte: Autores, 2022.

Após as etapas de sova e modelagem, a massa do pão foi submetida ao processo de fermentação durante 120 minutos, em uma estufa fechada. Dessa forma, após fermentada e crescida, seguiu para forneamento em forno (Forno Elétrico Bfe10v, Britânia) à 200 °C, por 30 minutos. Posteriormente, os pães foram resfriados em temperatura ambiente (T = 30° C) durante 02 (duas) horas.

2.3 Indicadores da caracterização físico-química da farinha da casca de Pitaia e dos pães

Para a análise de peso e volume, os pães foram pesados em uma balança analítica após o forneamento e o volume foi medido através do método do deslocamento da semente de painço (AACC, 1998), dessa forma foi determinado o volume específico em ml.g^{-1} . O pH, acidez total titulável, proteínas e umidade foram baseados pelo Instituto Adolf Lutz - IAL (2009). Os lipídios presentes foram quantificados pelo método de Soxhlet (AOAC, 1985). A análise de fibras totais seguiu a metodologia descrita por Henneberg (1864). Os dados foram conduzidos em triplicata, descritos em média \pm desvio padrão e analisados utilizando-se testes de normalidade, e, uma vez constatada a normalidade dos dados, procedeu-se com a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de médias de Tukey, com nível de confiança de 95% através da comparação das médias utilizando-se o software Origin (versão 2019).

2.4 Aceitação Visual Via Google Forms

A avaliação de aceitação visual via *Google Forms* consistiu em uma alternativa de continuação do estudo, em virtude da pandemia de COVID-19, de modo a ser avaliado pelo menos uma dimensão sensorial e mercadológica do produto. Sendo assim, foi elaborado um questionário simplificado, visando mensurar o conhecimento acerca do assunto abordado, por parte dos habitantes da cidade de Fortaleza.

O questionário contou com cinco tópicos que abordam, respectivamente: identificação de gênero, idade, renda, escolaridade, conhecimento e consumo da fruta, abordagem sobre demais farinhas obtidas de resíduos, intenção de compra do pão adicionado com FCP e sugestão de uso em demais produtos da FCP. Após a consolidação dos resultados, o site permitiu o acesso para os dados estatísticos a serem abordados posteriormente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Centesimal e Características Físico-Químicas da Fcp e Dos Pães Processados

Na Tabela 2 encontram-se os valores das análises de composição centesimal e físico-químicas da farinha da casca de pitaia (FCP) e dos pães processados com a adição da mesma.

Tabela 2 - Valores dos parâmetros físico-químicos e centesimais da FCP e das formulações de pães

	pH	Acidez Total Titulável (%)	Umidade (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Fibra Total (%)
FCP	4,50 ± 0,12 ^a	3,66 ± 0,01 ^a	10,72 ± 0,20 ^a	0,79 ± 0,00 ^a	4,46 ± 0,01 ^a	24,19 ± 0,14 ^a
5% FCP	5,53 ± 0,01 ^b	2,63 ± 0,02 ^a	41,90 ± 0,17 ^b	1,38 ± 0,01 ^b	4,85 ± 0,02 ^b	0,70 ± 0,09 ^b
10% FCP	5,13 ± 0,03 ^c	9,20 ± 0,01 ^b	36,32 ± 0,19 ^c	6,52 ± 0,01 ^c	5,07 ± 0,02 ^c	1,59 ± 0,02 ^c
20% FCP	4,83 ± 0,03 ^a	10,87 ± 0,01 ^c	31,36 ± 0,16 ^d	9,77 ± 0,01 ^d	7,32 ± 0,02 ^d	2,60 ± 0,01 ^d

Legenda: 5% FCP : Pão com adição de 5% da farinha da casca de pitaia; 10% FCP: Pão com adição de 10% da farinha da casca de pitaia; 20% FCP: Pão com adição de 20% da farinha da casca de pitaia; FCP: Farinha da Casca de Pitaia.

Valores médios ± desvio padrão. Letras iguais sobrescritas na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autores (2021).

Para a análise de pH, pode ser concluído que para todas as amostras houve diferenças significativas ($p < 0,05$), exceto para a farinha da casca de pitaia (FCP) e para o tratamento que possui a mais adição da mesma, o 20% FCP. O que comprova que a farinha da casca do fruto contribui fortemente no pH dos pães estudados. O pH dos tratamentos são considerados ácidos, devido à origem da farinha, uma vez que a pitaia é uma *cactácea*, no entanto, decresceram conforme houve aumento da porcentagem de FCP. Silva (2019), obteve para a farinha de xiquexique (*Pilosocereus gounellei*), em sua aplicação em bolos, um pH 4,79, próximo ao pH da FCP, uma vez que seus solos possuem um pH mais ácido e, conseqüentemente, devido a fatores intrínsecos aos dos biomas que se encontram, corroboram para essa condição. O estudo de Feitosa et al. (2013) descreve que os intervalos de pH de 5,4 a 6,1, são adequados para pães, uma vez que um pH demasiadamente básico ou ácido pode comprometer a solubilidade das proteínas formadoras do glúten e prejudicar as características deste produto. Para a acidez, foi verificado comportamento que corrobora as informações acima. Isso porque quanto maior adição da FCP, mais teor de ácidos foi identificado nos pães. A acidez da FCP apresentou um valor de 3,66%. Franco (2015), em seu estudo, obteve um valor de 22,96% para a farinha de batata doce, considerada com uma acidez elevada, o autor atribui o resultado ao pré-tratamento da batata-doce com ácido cítrico para evitar o seu escurecimento enzimático, durante o processo. A farinha de xiquexique

descrita anteriormente obteve acidez de 1,87%, resultado inferior, diferindo, também, da FCP.

O teor de umidade na farinha obedeceu à legislação brasileira, como consta na Portaria nº 263 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária relata um máximo de 15% de umidade para as farinhas integrais. A FCP apresentou 10,72% de umidade, estando dentro dos limites previstos por legislação (BRASIL, 2005).

Também como nas demais análises de composição centesimal dos pães, houve diferença estatística significativa, ($p < 0,05$) nos teores de umidade. Desse modo, apenas o pão com 5% FCP, apresentou umidade acima do permitido por legislação (41,9%), estando mais propício ao desenvolvimento de microrganismos, o que poderá influenciar na redução de sua vida de prateleira, além de trazer danos à saúde do consumidor. Em contrapartida, os pães com maior adição de FCP, apresentaram umidade decrescente, devido a maior adição de um ingrediente seco, que, por sua vez, possui a capacidade de absorver a umidade interna do produto. Contudo, a umidade dos produtos pode ser ajustada através da otimização do binômio tempo e temperatura na etapa de forneamento dos pães. As demais formulações se encontraram dentro dos parâmetros legais.

É desejável que os pães atendam aos critérios estabelecidos pela legislação vigente, a fim de cumpri-las, evitando reações indesejáveis e demais alterações sensoriais como textura e aroma. O teor proteico da farinha quando comparada com farinhas da casca de outros frutos, apresentou resultados inferiores. Castilho et al. (2014), obtiveram um teor proteico de 9,97% e 7,10%, em farinhas da casca de banana prata e da casca de banana maçã, respectivamente. Em sua aplicação máxima, o tratamento com 20% de FCP obteve um percentual proteico de 9,77%. O estudo obtido por Bowles et al. (2006), resultou, também, um aumento na concentração de proteína nos pães adicionados com farinha de soja (*okara*), o qual obteve, em sua concentração máxima de aplicação (15%) um percentual proteico de 23,1%.

A FCP apresentou um teor consideravelmente elevado de lipídios 4,46%, quando comparado com o teor analisado nos demais tratamentos e, conseqüentemente, influenciou o alto teor de gordura no tratamento com 20% FCP. Segundo Mayer (2015), alimentos que apresentam elevado teor de lipídios, têm maior chance de propiciar reações oxidativas, as quais alteram sensorialmente as características naturais desses produtos. No entanto, segundo Utpott et al. (2020), que também utilizou farinha da casca de pitaia vermelha, o seu alto teor de lipídeos exerceu uma grande influência na textura dos pães,

mantendo-os macios por um período prolongado. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2012), a FCP se define como alimento com alto teor de fibra, pois apresenta teor superior a 6%. Logo, pode ser considerada benéfica ao sistema gastrointestinal, prevenindo doenças do sistema cardiovascular e do cólon, diarreia e câncer de colorretal (SILVA *et al.*, 2012).

Desta forma, os pães em que a FCP foi aplicada, apresentaram potencial nutritivo, para um público-alvo o qual visa tais propriedades. Contudo, os produtos necessitam de reajuste em suas formulações para serem considerados funcionais, uma vez que a legislação vigente indica 5g/100g para o teor de fibras.

3.2 Análise de Peso e Volume dos Pães

Tabela 3 - Valores de peso e volume dos pães formulados com farinha de casca de pitaia

Tratamentos	Peso (g)	Volume (mL)	Volume específico (g/mL)
5% FCP	185 ± 0,82 ^a	507 ± 0,94 ^a	2,73 ± 0,02 ^a
10% FCP	174 ± 0,94 ^b	314 ± 0,82 ^b	1,84 ± 0,00 ^b
20% FCP	195 ± 0,47 ^c	260 ± 0,94 ^c	1,33 ± 0,01 ^c

Legenda: 5% FCP : Pão com adição de 5% da farinha da casca de pitaia; 10% FCP: Pão com adição de 10% da farinha da casca de pitaia; 20% FCP: Pão com adição de 20% da farinha da casca de pitaia; FCP: Farinha da Casca de Pitaia. Valores médios ± desvio padrão. Letras iguais sobrescritas na mesma coluna indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autores (2021).

Os parâmetros peso, volume e volume específico entre cada tratamento diferiram entre si ($p < 0,05$). Na análise de volume (Tabela 3), o pão com 20% de FCP apresentou menor resultado, comparado aos de 5% e 10% de FCP. Nota-se que a adição da FCP resultou no comprometimento do volume dos pães, provavelmente devido à redução da concentração do glúten do trigo na massa, além disso, é sabido que a presença de fibras e minerais possuem a capacidade de promover cortes e fissuras na rede de glúten, o que permite a menor capacidade de retenção do gás carbônico produzido durante a fermentação, comprometendo o volume do pão. Segundo Johann (2018), o volume é identificado como um parâmetro imprescindível nas análises de qualidade.

Segundo os valores obtidos, o volume específico decresceu com a adição de maiores proporções de farinha nas formulações, havendo diferenças estatísticas entre as formulações ($p < 0,05$). Essa observação é importante, uma vez que comercialmente pães com menores volumes específicos não são viáveis, pois deseja-se um pão macio e com volume, requisitos

sensoriais imprescindíveis nos parâmetros de qualidade, como indicado nos estudos desenvolvidos por Lynch *et al.* (2016). Além disso, a fibra resultante da adição de FCP impede uma formação adequada da rede de glúten, uma vez que entra em competição com a água disponível no meio, e isso causa irregularidades na formação da estrutura dos pães, que retém o dióxido de carbono formado e a capacidade viscoelástica dos pães, resultando em uma textura mais áspera, o que pode resultar em dureza do produto acabado.

3.3 Análise Visual da FCP Via Google Forms

O perfil dos participantes deste estudo mostrou que a maioria eram jovens adultos entre 18-25 anos (78,1%), onde (69%) afirmaram ter o ingresso no ensino superior. Na avaliação de renda dos participantes, 40,2% foi predominante a renda entre 1 e 4 salários mínimos.

Posteriormente, a pesquisa contou com perguntas relacionadas ao conhecimento prévio da pitaita de polpa vermelha, bem como: a frequência de consumo, acessibilidade da fruta e a indicação de qual característica da pitaita o participante acredita ser a que mais se destaca. Assim, também foi avaliado se já houve algum consumo prévio da fruta associada a outro produto, e também, se o entrevistado conhecia algum benefício da fruta. Na frequência de consumo, a maioria (48,3%) indicou ter consumido a fruta apenas uma vez. Em relação à acessibilidade, 95,4% dos entrevistados afirmaram que a pitaita vermelha é uma fruta de difícil acesso. No quesito conhecimento prévio acerca da existência da fruta, o mesmo percentual se manteve. No que diz respeito aos benefícios da fruta, 70% afirmaram acreditar que a pitaita é um fruto rico em antioxidantes e apenas 8,9% a consideraram um cardioprotetor.

Segundo Silva *et al.* (2019), além de bons teores de ácido ascórbico, podem ser destacados os pigmentos presentes na pitaita, como as betalaínas, pigmentos presente na sua casca e na sua polpa, sendo solúvel em água, contendo ácido betalâmico em sua composição, o qual pode ser classificado como um agente antioxidante e anti-inflamatório. Desse modo, os participantes indicam conhecer propriedades fundamentais e intrínsecas do fruto, corroborando com o objetivo do estudo.

Quando questionados sobre a característica mais marcante da pitaita, 47,1% apontam a coloração, e 42,5% a sua aparência. Apenas 2,3% indicaram que seria o seu sabor.

No questionamento sobre a associação da pitaita a outro determinado alimento, 28,7% indicam ter consumido essa fruta em uma bebida (chá, suco ou néctar), em seguida,

17,2% em gelados comestíveis e, por fim, indicaram um menor consumo em massas (2,3%), reiterando, assim, o potencial tecnológico inovador desse estudo para possíveis aplicações na indústria alimentícia. No quesito preço, 93,1% dos entrevistados consideram-na um fruto caro.

Em seguida, foi abordado com os participantes acerca do seu consumo de coprodutos farináceos, ou seja, produtos aqueles os quais também contivessem farinhas originárias de casca de frutos ou de sementes. Do total de participantes, 66,7% afirmaram nunca ter consumido farinhas de casca de frutos e 33,3% alegaram já ter consumido, dentre elas foram-se citadas a da casca de banana e da casca do maracujá.

Desse modo, também, foi avaliado o motivo o qual levaria o participante a consumir o pão com adição de FCP (exemplo: nutrição, estética, fibras, disposição, imunidade) e conseqüentemente, a sua intenção de compra. O fator nutrição foi o principal, sendo considerado por 71,2% dos entrevistados. O fator fibra foi apontado por 55,2%, seguido do fator antioxidantes, com 52,9%. O quesito menos considerado foi a disposição, com 16,1% do total das respostas.

Em sua finalização, a pesquisa solicitou ao participante a escolha de produtos, os quais a FCP pudesse ser aplicada, bem como a sua intenção de compra. Segundo os colaboradores da pesquisa, bolos (66,7%), Pães (49,4%), Iogurtes e Massas, ambos com (43,7%) são os produtos em que a FCP poderia ser comumente aplicada.

Em contrapartida, néctar (9,2%) e bebida alcoólica gaseificada (6,9%), de acordo com os participantes, seriam os produtos com uma aplicação menos convencional, resultando talvez em uma menor aceitabilidade. Na avaliação da intenção de compra, a maioria (67,8%) indicou positivamente a compra de pães formulados com farinha de casca de pitaia (Figura 1) e 31,10% a possibilidade da compra.

Assim, na visão dos participantes da pesquisa, o pão adicionado com FCP, presente nesse estudo, seria um produto em potencial, com valor de mercado agregado, além de benefícios essenciais à saúde humana, como a adição de fibra nas dietas dos consumidores e redução dos teores de gordura, presente neste alimento.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A farinha de casca de pitaia é um coproduto benéfico ao meio-ambiente e às cadeias de agroindústria, uma vez que no reaproveitamento e gerenciamento de resíduos sólidos, anteriormente descartados, surge uma nova fonte e cadeia de processamento e de tecnologia alimentar a ser explorada. Com parâmetros de umidade em concordância com a legislação brasileira, rico em fibras e propício para aplicação em demais alimentos.

Os pães formulados com adição de farinha de casca de pitaia apresentaram excelentes resultados para proteínas, lipídios e fibras. Além disso, de acordo com o questionário, observou-se ser um produto com potencial intenção de compra por parte dos participantes. No entanto, a adição do co-produto afetou os volumes dos pães de forma negativa. Dessa forma, necessita-se de adequações em suas formulações as quais envolvam a panificação, além de estudos futuros que comprovem a sua aplicação tecnológica em demais produtos.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Agência Portaria RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 105, p. 91, 3 jun. 2005. Seção 1.

BOWLES, S.; DEMIATE, I. M. Caracterização físico-química de okara e aplicação em pães do tipo francês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 39, n. 3, p. 652-659, 2006.

CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da Farinha da casca, da casca in natura e da polpa de Banana verde das cultivares maçã e prata. **E-xacta, Belo Horizonte**, v. 7, n. 2, p. 107-114. 2014.

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Definitional framework of food loss. Working Paper. FAO/Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. Roma: **FAO**, pág. 18. 2014.

FRANCO, V. A. Desenvolvimento de pão sem glúten com farinha de arroz e de batata-doce. Dissertação. **Universidade Federal de Goiás**, 119f. 2015.

FETTOSA, Larissa Raphaela Gonçalves de Farias; MACIEL, Janeeyre Ferreira; BARRETO, Tainá Amaral; MOREIRA, Ricardo Targino. Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 693–704, 2013.

IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: IAL, 2009. 1018p.

JOHANN, V.C. O PADRÃO DE QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS NA VISÃO DOS CONSUMIDORES DO RIO GRANDE DO SUL. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 52 f. 2018.

LIMA, C. C. Aplicação das Farinhas de Linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e Maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no Processamento de Pães com Propriedades Funcionais. 2007. 157 f. (Dissertação) Mestrado em tecnologia em alimentos. **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2007.

LYNCH, K. M.; STEFFEN, E. J.; ARENDT, E. K. Brewers' Spent Grain: A Review with an Emphasis on Food and Health. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 4, p. 553–568, 2016.

MAYER, R. Caracterização físico química das sementes de araçá e potencial antioxidante do óleo das sementes em óleo de girassol induzido à oxidação. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - **Universidade Estadual de Ponta Grossa**, Ponta Grossa, 2015.

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124–138, 2014.

NUNES, E.N.; SOUSA, A.S.B.; LUCENA, C.M.; SILVA, S.M.; LUCENA, R.F.P.; ALVES, C.A.B.; ALVES, R.E. Pitaia (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil. **Gaia Scientia**, Paraíba, v.8, n.1, p.90–98, Jan. 2014.

PERWEEN, T.; MANDAL, K.; HASAN, M.; Dragon fruit: An exotic super future fruit of India. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. v.7, n.2, p. 1022–1026, 2018.

SILVA, Anna Carolina Turman; PIVA, Camila Fernanda. Determinação de parâmetros físico-químicos e análise antioxidante da polpa de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*). Trabalho de Conclusão de Curso - **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Londrina. 29 f. 2019.

SILVA, C. E. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de bolo a partir da farinha de xiquexique (*Pilosocereus gounellei*). Relatório de Estágio (Tecnologia em Alimentos) - **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano**, Campus Salgueiro, Salgueiro, PE, 64f, 2019.

UTPOTT, M., Assis, R.Q., PAGNO, C.H. *et al.* Evaluation of the Use of Industrial Wastes on the Encapsulation of Betalains Extracted from Red Pitaya Pulp (*Hylocereus polyrhizus*) by Spray Drying: Powder Stability and Application. ***Food Bioprocess Technol*** 13, 1940–1953 (2020).

OLIVEIRA,B.A; SCHUCH,M.W. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE POLPA E CASCA DE PITAYA ‘GOLDEN’. **Revista da Jornada de Pós-graduação e Pesquisa.** Congrega Urcamp, vol. 16, nº16, ano 2020.



ADAPTAÇÃO DE PROTOCOLO DE RT-PCR PARA ANÁLISES DE VÍRUS DO GÊNERO *POTEXVIRUS*

Martha Maria Passador

Instituto Agronômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade, Núcleo Quarentenário. Campinas, SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9807913612777889>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4389-7394>

Roberta Pierry Uzzo

Instituto Agronômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade, Núcleo Quarentenário. Campinas, SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3603973594786709>

Julio Massaharu Marubayashi

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA-UNESP), Departamento de Produção Vegetal. Botucatu, SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0895278347562028>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0793-344X>

Valdir Atsushi Yuki

Instituto Agronômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade, Núcleo Quarentenário. Campinas, SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2892083859587059>

Christina Dudienas

Instituto Agronômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade, Núcleo Quarentenário. Campinas, SP

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2292931708243754>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

28/07/2022

Aceito em:

30/07/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Fitopatologia

Metodologia

Biologia molecular

RESUMO

Para complementar a eficiência das análises fitopatológicas em Quarentenário, é imprescindível o uso de protocolos adequados que apresentem precisão e especificidade. Dentro deste contexto, o presente estudo teve como objetivo, adaptar um protocolo de PCR precedida pela transcrição reversa (RT-PCR) de modo a estabelecer um método padrão em uma única etapa, para diagnose de virus pertencentes ao gênero *Potexvirus*. A detecção do produto de PCR foi realizada em eletroforese em gel de agarose, e foi possível verificar a amplificação do fragmento alvo, porém com anelamentos inespecíficos. Portanto, para aprimorar a técnica, amostras foram submetidas à reação de RT-PCR com gradiente de temperatura de anelamento, o que possibilitou estabelecer as condições apropriadas para o ciclo da reação. Os produtos purificados da reação de RT-PCR foram submetidos a sequenciamento para confirmação dos isolados analisados. A metodologia proposta no presente estudo, permitiu confirmar as duas espécies do gênero *Potexvirus*, em reação de RT-PCR em uma única etapa.

ADAPTATION OF RT-PCR PROTOCOL FOR ANALYSIS OF VIRUS OF THE GENUS POTEXVIRUS

ABSTRACT

In order to complement the efficiency of phytopathological analysis in Quarantine, is essential the use of appropriate methodologies that present precision and specificity. Within this context, this is study aimed to adapt a PCR protocol preceded by a reverse transcription (RT-PCR), to establish a standard one-step method for the diagnosis of viruses belonging to the genus *Potexvirus*. The detection of PCR product was performed using agarose gel electrophoresis and was possible to verify the amplification of the target fragment, but with non-specific amplification. Therefore, to improve the technique, samples were submitted to RT-PCR reaction with annealing temperature gradient, which made it possible to establish the appropriate conditions for reaction cycle. Purified products of RT-PCR reaction were subjected to sequencing for the purpose of confirm the isolates analyzed in this study. The proposed methodology allowed to confirm the presence of two species of *Potexvirus*, in a *one-step* RT-PCR.

Keywords:

Phytopathology

Methodology

Molecular biology

1 INTRODUÇÃO

Para a eficiência dos diagnósticos de fitopatógenos, alguns pontos importantes devem ser considerados, tais como, a interação entre plantas e pragas, a adequação de avanços científicos e tecnológicos aos procedimentos quarentenários, e as melhorias estruturais necessárias (Marques et al., 2016). Em alguns casos os diagnósticos podem ser simples, e baseados em análise visual, quando há presença de sintomas, e ocasionalmente, alguns sinais. Porém, muitas vezes certos métodos necessitam ser complementados por ferramentas que proporcionam resultados mais acurados e pontuais.

Muitas técnicas para detecção podem ser desenvolvidas, aplicadas e adaptadas, de acordo com a ocasião e necessidade. Dentre as técnicas utilizadas, o método de RT-PCR (Reverse transcription-polymerase chain reaction) apresenta resultados eficazes e de alta sensibilidade (Gambino e Gribaudo, 2006). É uma técnica muito eficiente para identificação de vírus em plantas. Baseia-se na amplificação e detecção do material genético dos vírus de RNA, em amostras vegetais infectadas (Fajardo e Nickel, 2015). Há variações da técnica, uma destas variações é a RT-PCR *one-step* (realizada em uma única etapa e em tubo único).

Muitas metodologias que descrevem primers universais e genéricos são muito importantes para aplicações em diagnósticos para grupos de patógenos, como por exemplo os vírus. Para o gênero *Potexvirus*, Van der Vlugt e Berendsen (2002) desenvolveram e descreveram um eficiente método que permite identificar infecções causadas por esse gênero de vírus utilizando um conjunto de primers combinado com um primer para cDNA, sendo a RT e PCR realizadas em etapas distintas. Com relação aos vírus do gênero *Potexvirus*, são transmitidos naturalmente por contato, material propagativo infectado e não apresentam vetores.

Os sintomas comuns para esse grupo são manchas anelares. Podem causar diversos danos econômicos, ademais, há espécies consideradas de importância quarentenária para o Brasil. O presente estudo teve como objetivo adaptar o método de RT-PCR desenvolvido por Van der Vlugt e Berendsen (2002) para uma única etapa, mantendo a sensibilidade e especificidade para a detecção de vírus do gênero *Potexvirus*.

2 METODOLOGIA

Para o presente estudo, foram utilizados isolados do gênero *Potexvirus*, das espécies *Hydrangea ringspot virus* (HdRSV) e *Cymbidium mosaic virus* (CymMV), mantidos em plantas de *Hydrangea* sp. e *Oncidium* sp., respectivamente, em casa de vegetação do setor de Virologia Vegetal do Instituto Agronômico (Campinas, SP). As extrações do RNA viral para HdRSV foram realizadas no mês de março de 2019, e para CymMV foram realizadas no mês de janeiro de 2020, a partir de fragmentos provenientes de folhas das referidas plantas exibindo sintomas típicos. Para essa etapa foi utilizado o kit comercial Total RNA Purification Kit (Norgen Biotek Corp.®).

Os produtos das extrações foram armazenados em microtubos de 1,5 mL (DNAse e RNAse free), em ultrafreezer a -80 °C, até sua utilização. A integridade foi confirmada por eletroforese em gel de agarose na concentração 1,2%, contendo 4µL de corante fluorescente de ácidos nucleicos (Brilliant Green®). O gel com as amostras foi submetido à eletroforese com tampão TAE (Tris-acetato-EDTA), por 45 minutos, 100V e 80 mA. A concentração e qualidade do ácido nucleico foi determinada em equipamento QIAxpert® System (Qiagen).

Para a reação de RT-PCR realizada em uma só etapa, foram utilizados os primers Potex-5 (5'-CAYCARCARGCMAARGAYGA-3'), Potex-2RC (5'-AGCATRGCNSCRTCYTG-3') e também Potex-1RC (5'-TCAGTRTTDGCRTCRAARGT-3') para a transcrição reversa, descritos por Van der Vlugt e Berendsen (2002). Para um volume de 25 µl de reação, foi utilizado 12,5 µl do mix para

PCR GoTaq® Green Master Mix (Promega®), 0,25 µl de cada primer e 1 unidade da enzima AMV (Avian myeloblastosis virus, Promega®), e água livre de nucleases (Promega®) para completar o volume de 25 µl.

Os microtubos contendo o mix e amostra foram levados ao termociclador (TProfessional, Biometra®), programado para os oligonucleotídeos utilizados (Van der Vlugt e Berendsen, 2002; Q-bank Plant Viruses and Viroids, 2014). Para adaptação da metodologia para RT-PCR em única etapa, ao ciclo da PCR foi acrescentada a condição para a transcrição reversa (60°C por 37 minutos), pois no mix já foram adicionados o primer para RT e a enzima AMV. Esta etapa foi seguida pelas fases de desnaturação inicial (94°C por 4 min); desnaturação, anelamento e extensão (35x: 94°C por 30 s; 52°C por 30 s; 72°C por 45 s) e extensão final (72°C por 10 min). Os resultados da amplificação por reação de RT-PCR foram submetidos a eletroforese em gel de agarose (1,2%), seguindo as condições já mencionadas no texto. Com a finalidade de padronizar a metodologia para uso em análises de rotina, e evitar anelamentos inespecíficos, foi aplicada a estratégia de RT-PCR com temperaturas de anelamento em gradiente. Foram avaliadas cinco temperaturas de anelamento, a partir da temperatura estabelecida pelos autores (52°C), acrescentando e diminuindo 2°C: 48°C; 50°C; 54°C; 56°C; 58°C. Para confirmação dos resultados das reações de RT-PCR, os produtos das reações foram purificados com o kit comercial QIAquick Purification Kit (Qiagen®) e enviados para sequenciamento. As sequências obtidas foram analisadas e confirmadas por meio da ferramenta BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome) disponível para consulta on-line no website do NCBI/GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>).

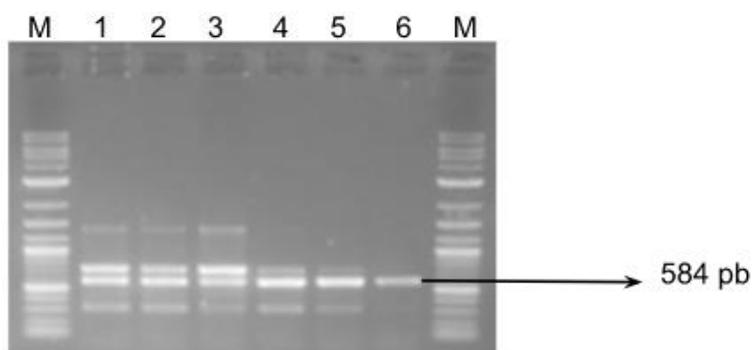
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A integridade das amostras foi confirmada por eletroforese em gel de agarose. A concentração e qualidade do ácido nucleico determinadas em equipamento QIAxpert® System (Qiagen®), demonstraram-se satisfatórias (razão 260/280: 1,7 - 2,15).

A RT-PCR foi realizada em uma única etapa. Fragmentos com aproximadamente 584pb foram verificados para *Potexvirus* após eletroforese em gel de agarose, confirmando a quantidade de pares de bases descrita pelos autores dos oligonucleotídeos.

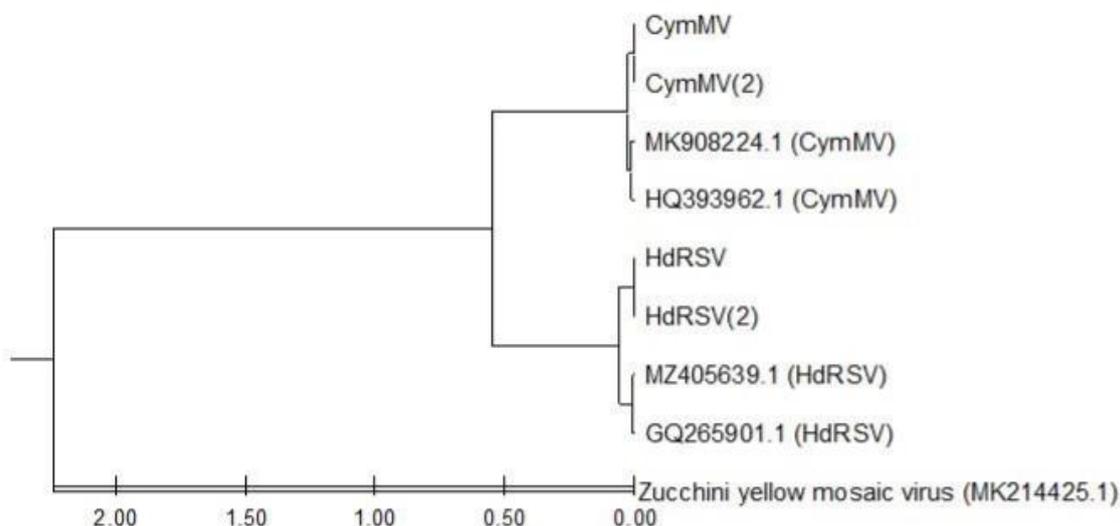
Além das ampliações por RT-PCR, também foi possível verificar ampliações múltiplas de produtos inespecíficos, e após a reação de RT-PCR com gradiente de temperatura de anelamento, foi verificado somente o gene de interesse. Dentre as temperaturas avaliadas, a temperatura de 58°C permitiu amplificar somente o fragmento com aproximadamente 584pb. Na Figura 1 estão apresentados os produtos das reações de RT-PCR de uma das amostras de *Potexvirus* para demonstrar a eficiência da metodologia proposta, bem como a temperatura de anelamento adequada para a situação, e esta condição foi eficiente para as duas espécies de *Potexvirus* avaliadas.

Figura 1 - Resultados da RT-PCR em uma única etapa para *Potexvirus* com gradiente de temperatura de anelamento. Linhas 1 a 6: 48°C; 50°C; 52°C; 54°C; 56°C; 58°C



As sequências foram alinhadas e comparadas com outras sequências das espécies de *Potexvirus* analisadas que estão depositadas no GenBank, utilizando o programa Blast-n. Como resultado, foi possível confirmar a presença dos vírus HdRSV e CymMV nas amostras avaliadas no presente estudo. A partir dos resultados obtidos, foi realizada a análise filogenética, com a sequência do vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (MK214425.1), incluída como grupo taxonômico externo (Figura 2).

Figura 2 - Representação de relações filogenéticas entre as sequências dos fragmentos de RT-PCR obtidos com o gênero *Potexvirus*, comparadas com sequências depositadas no GenBank. Árvore Filogenética construída pelo método UPGMA



Certas metodologias proporcionam resultados satisfatórios, mas mesmo assim, é possível estudar maneiras de adaptá-las para cada rotina de trabalho e objetivos. No presente estudo, uma metodologia eficiente para identificação de espécies do gênero *Potexvirus*, foi adaptada visando a otimização do tempo, bem como economia de recursos.

O método e os primers descritos por Van der Vlugt e Berendsen (2002) para detecção destes fitovírus demonstra muita sensibilidade e confiabilidade. Possivelmente, como muitas metodologias, não seja viável para todas as espécies, porém demonstrou eficiência para muitas espécies de importância econômica (Van der Vlugt e Berendsen, 2002; Silva, 2011; Mejías et al., 2015; Monger e Eden., 2019; Evallo et al., 2021).

A transcrição reversa, para a produção do cDNA a partir da molécula de RNA, pode ser realizada em duas ou em apenas uma única etapa, por meio da enzima transcriptase reversa, utilizando kits comerciais, primers específicos para esta finalidade, bem como a adaptação de protocolos disponíveis na literatura. Quando há possibilidade de aplicar a RT-PCR em uma única etapa, os resultados são obtidos com celeridade, mantendo a qualidade das análises.

As condições de temperatura do ciclo da RT-PCR foram aprimoradas após o ajuste da temperatura de anelamento, e foi possível detectar a temperatura mais adequada para evitar anelamentos inespecíficos. Tais produtos inespecíficos são observados no gel de agarose como bandas coradas pelo intercalante de DNA, que tem menor ou maior peso

molecular que o produto esperado (Persing, 1993; Rebouças, 2001), e assim comprometendo a clareza e confiabilidade dos resultados.

4 CONCLUSÕES

Adaptações de metodologias para determinadas rotinas de trabalho e ocasiões permitem o uso de técnicas recentes, ou que foram desenvolvidas há algum tempo, mas ainda são confiáveis e muito importantes para o estudo de patógenos, como os fitovírus. O conjunto de primers descritos por Van der Vlugt e Berendsen (2002) apresenta sensibilidade notável na detecção para este gênero de vírus, portanto está claro que podem ser usados para um número considerável de espécies.

A metodologia proposta no presente estudo será aplicada em outras espécies para prosseguir com a confirmação de sua eficiência, porém, até o momento, permitiu a utilização de primers universais e genéricos para a análise dos materiais utilizados, confirmando a presença de duas espécies o gênero *Potexvirus* em reação de RT-PCR em uma única etapa.

REFERÊNCIAS

- IVALLO, E.; TAGUIAM, J. D.; BALENDRES, M. A. A brief review of plant diseases caused by *Cactus virus X*. **Crop Protection**, v. 143, 2021.
- FAJARDO, T. V. M.; NICKEL, O. **Técnicas de detecção e estudo de vírus em plantas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2015. 8 p.
- GAMBINO, G.; GRIBAUDO, I. Simultaneous detection of nine grapevine viruses by multiplex reverse transcription polymerase chain reaction with co-amplification of a plant RNA as internal control. **Phytopathology**, v. 96, n. 11, p. 1223-1229, 2006.
- MARQUES, A. S. DOS A.; LOPES-DA-SILVA, M.; GONZAGA, V.; FERNANDES, F. R.; BENITO, N. P.; VEIGA, R. F. DE A. Fundamentos biológicos, ferramentas operacionais e inovação em quarentena vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 483-493, 2016.
- MEJÍAS, A.; RODRÍGUEZ-ROMÁN, E.; ROMANO, M.; ZAMBRANO, K.; MARYS, E. New Record of *Cassava common mosaic virus* infecting Chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaug) in Venezuela. **Plant Disease**, v. 99, n. 8, p. 1190, 2015.
- MONGER, W. A.; EDEN, R. J. First report of *Nerine latent virus* in *Haemanthus albiflos* in the UK. **New Disease Reports**, v. 39, n. 1, p. 3, 2019.
- PERSING, D. Target selection and optimization of amplification reactions. In: PERSING, D.H.; SMITH, T.F.; TENOVER, F.C.; WHITE, T.J. **Diagnostic molecular microbiology – principles and applications**. Washington: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1993. p. 88-104.

Q-BANK PLANT VIRUSES AND VIROIDS (2014). **Protocol for RT-PCR for Potexvirus (generic)**. URL: <http://www.q-bank.eu>.

REBOUÇAS, N.A. **Biologia molecular aplicada à medicina: fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. 66 p.

SILVA, J.M. DA. Detecção sorológica e molecular do *Cassava common mosaic virus* em mandioca na região noroeste do Paraná. **Dissertação** apresentada à Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração: Genética e Melhoramento. Linha de Pesquisa: Virologia Vegetal. Orientador: Prof. Dr. Eliezer Rodrigues de Souto. Maringá – PR. 2011.

VAN DER VLUGT, R. A. A.; BERENDSEN, M. Development of a general Potexvirus cDNA and PCR primer set. **European Journal of Plant Pathology**, v.108, p. 367–371, 2002.



ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO DE CAVALOS ATLETAS

Ana Thays dos Santos da Silva

Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária –CE

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7096-0080>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8525934011612252>

Ana Beatriz dos Santos Mendes

Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária –CE

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3647-4465>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3799328282486199>

Lohane Leonel de Castro

Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária –CE

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6454-5742>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7935887936044232>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

28/07/2022

Aceito em:

30/07/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Alimentação

Nutrição

Cavalo

Atleta

RESUMO

Para que os equinos exerçam suas funções eles devem ter alimento a disposição respeitando suas características e propriedades fisiológicas. São animais herbívoros não ruminantes que conseguem extrair nutrientes de alimentos fibrosos através do mecanismo de fermentação realizado pela microbiota do ceco e do cólon, sendo a base da sua alimentação composta de alimentos volumosos. Considerando esses aspectos, os cavalos são atletas exímios que precisam ser manejados levando em conta suas particularidades para obterem êxito nas diversas modalidades que participam, sendo necessário estabelecer protocolos nutricionais que respeitem desde sua nutrição básica até a proporção de nutrientes adequadas para cada modalidade esportiva. Além disso, para o melhor desempenho do cavalo em dias de competição é necessário meses de preparação, através de um bom programa de treinamento e nutricional, uma alimentação adequada apenas dias antes não será suficiente. Nesses dias, existem algumas dicas de manejo alimentar para evitar problemas na competição e melhorar o desempenho do animal.

FOOD AND NUTRITION OF ATHLETIC HORSES

ABSTRACT

For horses to exercise their functions they must have food available respecting their physiological characteristics and properties. They are non-ruminant herbivorous animals that are able to extract nutrients from fibrous foods through the fermentation mechanism carried out by the microbiota of the cecum and colon, being the basis of their diet composed of bulky foods. Considering these aspects, horses are excellent athletes that need to be handled taking into account their particularities to be successful in the various modalities they participate, and it is necessary to establish

Keywords:
Food. Nutrition
Horse
Athlete

nutritional protocols that respect from their basic nutrition to the proportion of adequate nutrients for each sport modality. In addition, for the best performance of the horse on competition days, months of preparation are necessary, through a good training and nutritional program, an adequate diet just days before will not be enough. On these days, there are some food management tips to avoid competition problems and improve the animal's performance.

1 INTRODUÇÃO

A partir do processo de domesticação, os equinos tornaram-se parte imprescindível da humanidade sendo utilizados para locomoção, como auxílio na agricultura ou como companhia. Desse modo, a população de equinos sofreu alterações a partir das transformações da sociedade ao longo do século XX culminando em um aumento populacional que perdura aos dias atuais em que o equino possui papel vital na economia e no esporte (HINTZ e CYMBALUK, 1994; WILTON, 2008).

Para esses animais exercerem suas funções enquadrando-se no bem-estar animal, eles devem ter alimento a disposição respeitando suas características e propriedades fisiológicas. Dessa forma, conhecer a anatomia e fisiologia do sistema digestório dos equinos é de extrema importância para formular uma alimentação segura e eficaz que atenda às necessidades nutricionais dessa espécie de modo a potencializar a produção assim e o bem-estar (CINTRA, 2016).

Os equinos são animais herbívoros não ruminantes que conseguem extrair nutrientes de alimentos fibrosos através do mecanismo de fermentação realizado pela microbiota do ceco e do cólon. Devido ao seu intestino grosso ser adaptado para tal realização, a base da alimentação desses animais deve ser composta de alimentos volumosos e quando na ocorrência de mudança na dieta, deve se concretizar de forma gradativa permitindo a adaptação da população bacteriana presente no trato intestinal de modo a não prejudicar a absorção de nutrientes (NOVAK e SHOVELLER, 2008).

Em relação a apreensão de alimentos, sendo o alimento oferecido no cocho, a seleção e captura se dá pelos lábios passando para a boca com o auxílio da língua. Por outro lado, no pastejo, a apreensão ocorre com a ajuda dos dentes incisivos. Quanto ao consumo de água, ela acontece pelo posicionamento da língua para trás que nessa posição funciona como uma bomba de sucção. Após captura, na cavidade bucal o alimento é prensado em

pequenas partículas e há a ejeção de saliva para a lubrificação e conseqüente passagem pela faringe e esôfago. Uma particularidade importante de ressaltar é que a cárdia do equino é bastante forte fazendo com que o animal não tenha a capacidade de vomitar pois o alimento não consegue retornar por esse esfíncter podendo esse distúrbio resultar em outros mais graves como a cólica (PARKER, 2007; NOVAK e SHOVELLER, 2008).

Em comparação a outras espécies, a proporção do estômago em cavalos adultos é pequena representando apenas 10% do trato gastrointestinal. Além disso, a passagem do alimento pelo estômago e pelo intestino delgado é rápida e é influenciada pelo tamanho da partícula ingerida, o alimento cortado passa mais rapidamente por esses órgãos diminuindo a absorção de nutrientes nessas porções. Essa ocorrência aliada ao pequeno volume do estômago justifica a necessidade da distribuição de várias refeições em pequenas porções durante o dia (PARKER, 2007).

Considerando esses aspectos, os cavalos são atletas exímios que precisam ser manejados levando em conta suas particularidades para obterem êxito nas diversas modalidades que participam, sejam as de alta intensidade como corrida ou enduro ou as de menor intensidade como salto e passeio. Essas distinções são relevantes à medida que é possível estabelecer protocolos nutricionais diferentes baseados nas perdas e desgastes advindos de cada modalidade a fim de garantir a melhor performance aliada a saúde do animal (WARREN, 2005). Desse modo, este trabalho tem como objetivo revisar os principais aspectos relacionados à alimentação e a nutrição de equinos de esporte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Nutrição Básica

Para atender as expectativas nutricionais de cavalos é necessário se ater a pontos relevantes que influenciam na alimentação desses animais. Ter conhecimento sobre sua fisiologia, seus hábitos e suas características é um dos centros da elaboração de uma dieta balanceada assim como manter em evidência que tanto o equilíbrio físico e mental do animal como o equilíbrio nutricional são fatores cruciais pois, por exemplo, deficiências ou excessos de nutrientes são prejudiciais para o funcionamento adequado do organismo. Outro aspecto de importância é o manejo com esses animais, deve-se sempre utilizar alimentos de qualidade idônea sendo ofertados a partir de uma rotina geralmente constante para evitar submeter esses equinos a situações de estresse (CINTRA, 2016).

Partindo desse pressuposto, a nutrição básica dos equinos é atingida através da ingestão de alimentos volumosos, água e sal mineral. O volumoso é o alimento que possui o mínimo de 18% de fibra bruta na sua composição e pode ser administrado sob a forma de capim fresco, feno ou silagem. Deve compor o mínimo de 50% da dieta do cavalo em matéria seca (MS) tendo que ser fornecido um mínimo de 1% do peso vivo (PV) do animal em MS de volumoso de modo a permitir o correto desenvolvimento fisiológico digestivo (RIBEIRO, 2019).

Em relação a ingestão de água, é imprescindível estar limpa e ser ofertada irrestritamente. Águas sujas podem carrear ao animal patógenos e, portanto, acarretar infecções ou distúrbios digestivos e a oferta de água gelada deve ser evitada pela possibilidade de gerar um quadro de cólica. Considerando um cavalo que se alimenta do pasto e pesa 500 quilogramas, a ingestão de água é de 15 a 35 litros diários sendo essa quantidade influenciada pelas condições climáticas e ambientais e pela intensidade de trabalho quando realizado (SENAR, 2018). O sal mineral também é importante para completar as necessidades nutricionais do equino provendo minerais importantes a sua saúde. Assim como a água, o sal mineral possui uma variação na ingestão diária a depender das condições ambientais e da intensidade de trabalho variando de 80 a 150 gramas por dia (RIBEIRO, 2019).

Diante disso, a partir das exigências de manutenção, dependendo da categoria do equino (potro em crescimento, égua gestante, cavalo de esporte ou trabalho) pode haver uma necessidade de complementação e suplementação nutricional dada a exigência maior de determinados nutrientes. Assim, essa complementação da dieta pode ser feita através da administração de concentrado e ainda não atingindo as demandas pode-se recorrer a suplementação proteica, vitamínica, energética, dentre outras (SENAR, 2018).

2.2 Necessidades de Matéria Seca

Cavalos de esporte precisam apresentar uma melhor performance necessitando de um aporte maior de nutrientes para realizar com êxito a sua função. Sendo assim, a depender da intensidade da modalidade, há uma variação na necessidade diária de MS conforme apresentado na tabela 1 cuja ingestão está sob a forma de percentual em PV de acordo com o National Research Council (NRC).

Tabela 1 - Necessidades diárias de matéria seca para equinos de esporte de acordo com a intensidade de trabalho em porcentagem do peso vivo

Intensidade de trabalho	NRC (%)
Leve	2
Médio	2,25
Intenso	2,5
Muito intenso	2,5

Fonte: Autores, 2022.

Necessidades diárias de matéria seca para equinos de esporte de acordo com a intensidade de trabalho em porcentagem do peso vivo. Fonte: Adaptado de NCR (2007).

Nesse contexto, conforme a intensidade de trabalho aumenta e, por consequência, a quantidade de matéria seca, a participação do volumoso na dieta diminui progressivamente, sendo substituído por concentrado considerando o maior teor de matéria seca por unidade de peso presente nesse alimento. Seguindo esse raciocínio, cavalos de esportes cuja intensidade do esporte é elevada, a dieta seria composta majoritariamente por concentrado mesmo o volumoso sendo de uma qualidade alta. Porém, deve-se ressaltar o risco de distúrbios digestivos ocasionados por uma baixa ingestão de volumoso, dessa forma, a dieta deve ser ajustada para que a ingestão de volumoso continue sendo a base da alimentação de modo a manter a homeostase do organismo (HODGSON; MCKEEVER; MCGOWAN, 2014).

2.3 Necessidades Energéticas

A atividade física desempenhada pelo equino apresenta um importante efeito nutricional, que se reflete em maiores exigências de energia em relação aos animais que não praticam esportes, sendo necessárias para o desempenho adequado do animal (GEOR, 2013). Considera-se que os custos energéticos dispendidos para uma boa performance atlética e para a realização do trabalho muscular pode ser cerca de três vezes maior que os custos relativos apenas à manutenção (CINTRA, 2016).

A energia é fornecida por meio dos alimentos, entretanto não é um nutriente, pois a energia química ou bruta advinda dos alimentos deve ser convertida em uma fonte de energia que possa ser aproveitada pelas células. Ademais, os diferentes tipos de alimentos contêm quantidades variadas das principais fontes energéticas para os equinos, que são os carboidratos hidrolisáveis, como açúcares simples e amido, as fibras fermentáveis, os óleos e

gorduras, que fornecem o dobro de energia dos carboidratos, e as proteínas, as quais, entretanto, são utilizadas em situações emergenciais e não devem ser incluídas na ração como fonte de energia (PRIMIANO, 2010; HARRIS e GEOR, 2014).

As necessidades de energia variam de acordo com a intensidade do trabalho ao qual o equino está submetido, apresentando uma correlação positiva, de modo que atividades mais intensas demandam mais energia, sendo, assim, um valor variável. Caso esse suprimento não seja suficiente, o animal irá perder peso, portanto, prioriza-se rações energéticas (extrato etéreo acima de 4%), pois são fornecidas em menores quantidades, ocupando menos espaço nos órgãos digestivos, o que permite maior volume para comportar o volumoso, e evita a sobrecarga gástrica e intestinal (NOVAK e SHOVELLER, 2008; CINTRA, 2016).

Nesse sentido, para atividades de resistência recomenda-se uma alimentação à base de fibras e volumosos, a qual irá provocar o aumento do consumo de água, eletrólitos e nutrientes, que irão garantir a disponibilidade de energia durante o exercício. Este manejo alimentar, contudo, não é indicado para exercícios de alta intensidade e curta duração, uma vez que provocam o excesso de preenchimento intestinal. Ademais, dietas muito ricas em energia aumentam as necessidades vitamínicas do animal, reduzem a absorção de magnésio, necessários para o relaxamento muscular, e podem predispor a afecções, como o timpanismo (HARRIS e GEOR, 2014; CINTRA, 2016).

2.4 Carboidratos

A absorção dos carboidratos ocorre, em grande parte, no intestino, e caso a glicose esteja em excesso, será armazenada na forma de glicogênio, no fígado e nos músculos, sendo mobilizados em exercícios intensos, contudo, considerando que a reserva de carboidratos do organismo é pequena, deve ser repostada diariamente pela dieta. Podem ser classificados em estruturais, que compõem a fibra, a qual será convertida em ácidos graxos voláteis (AGV) pela microbiota do intestino grosso, e em não estruturais ou solúveis, como açúcares e amido (CINTRA, 2016).

A fermentação das fibras, advindas em sua maioria, das forragens, pelos microrganismos do ceco e cólon é responsável pela produção dos AGV, como o ácido acético, butírico e propiônico, suprimindo cerca de 30 a 70% das necessidades energéticas totais (MENEZES et al., 2014). O propionato é um importante precursor na gliconeogênese, o acetato para o armazenamento de ácidos graxos de cadeia curta, e o butirato é uma fonte

primária de energia para a mucosa intestinal, assim a contínua produção e absorção de AGV, essencialmente, propionato e acetato garante suprimento de energia durante o exercício prolongado (HARRIS e GEOR, 2014).

O amido é o principal carboidrato hidrolisável presente nos grãos de cereais, como aveia, milho e cevada, os quais apresentam baixa teor de fibras. A digestão do amido no intestino delgado produz glicose utilizada como substrato para a síntese de glicogênio, que é uma fonte de energia primária no exercício. Desse modo, o fornecimento de carboidratos hidrolisáveis é importante para a reposição das reservas de glicogênio nos equinos de esporte. Entretanto, a digestão e absorção de glicose no intestino delgado é limitada, de modo que quando a ingestão de amido se eleva, maior quantidade não digerida passará para o intestino grosso, onde apresenta alto potencial fermentativo, com maior produção de AGV, como propionato, e acúmulo de lactato, provocando acidose no ceco e cólon e aumentando o risco de distúrbios digestivos. Assim sendo, a fermentação do amido produz menos ATP que a digestão no intestino delgado (PAGAN et al., 1998; GEOR, 2013; PRATT-PHILLIPS e LAWRENCE; 2014).

Em atividades prolongadas, pode ocorrer o desequilíbrio hídrico adequado do animal, de modo que as fibras solúveis se configuram como uma alternativa viável para a absorção de água no intestino, devido sua natureza hidrofílica, atrelado ao aumento do tempo do trânsito intestinal e redução do tempo de esvaziamento gástrico (MENEZES et al., 2014; MATOS et al., 2017). Fontes de fibra facilmente digestíveis, como polpa de beterraba e casca de soja, podem ser incorporadas aos concentrados por serem altamente fermentáveis, configurando boas fontes de energia, e menos prejudiciais à microbiota intestinal, além de aumentarem a ingestão hídrica, e no caso da polpa de beterraba, provavelmente apresenta efeito poupador de glicogênio e redutor do lactato plasmático, situações muito vantajosas para equinos de esporte (LAWRENCE, 2008; RICHARDSON e MURRAY, 2016).

Sabe-se que durante o exercício, tanto a via aeróbica quanto anaeróbica está atuando, assim, a predominância de uma sobre outra irá depender da intensidade e duração do exercício, e nesse sentido, a taxa de depleção do glicogênio será maior em atividades de alta velocidade a curta distância, devido ao predomínio do metabolismo anaeróbio, tendo a dieta um efeito importante sobre a depleção do glicogênio (RICHARDSON e MURRAY, 2016). Desse modo, equinos submetidos a exercícios leve ou moderado podem ter seus requisitos de energia digestível supridos por forragem de boa qualidade e pequena quantidade de concentrados à base de grãos, podendo ser em maior quantidade caso a forragem não seja de boa qualidade ou quantidade adequada. Essa situação também é válida para exercícios

intensos, nos quais o animal deve ter sua dieta à base de volumoso de boa qualidade e maior quantidade de concentrado (LAWRENCE, 2008).

2.5 Proteínas

A proteína dietética tem um importante papel no crescimento e manutenção da musculatura, ossos e cascos, sendo relevante para a performance atlética do animal, embora seja uma fonte de energia menos eficiente em relação a carboidratos e lipídeos (PRATT-PHILLIPS e LAWRENCE, 2014). O organismo não armazena proteínas, de forma que em casos de deficiência protéica ou energética, inicia-se o catabolismo de proteínas estruturais, que irão disponibilizar aminoácidos e energia, embora encontrem-se alguns aminoácidos livre no plasma, e certas proteínas lábeis, no fígado, que podem ser utilizados como fonte energética. Ademais, as necessidades de proteínas em equinos de esporte, que são adultos e não estão em reprodução, são menores em relação às de éguas em lactação, devendo, assim, adequar a quantidade ideal para o animal, a fim de evitar prejuízos no desempenho (PRATT-PHILLIPS e LAWRENCE, 2014; CINTRA, 2016).

Tabela 2 - Teores de proteína bruta (PB) por dia para equinos de esporte. Fonte: Adaptado de NCR (2007)

Intensidade	PB/dia
Leve	769 g
Moderado	845 g
Intenso	948 g
Muito intenso	1105g

Fonte: Autores, 2022.

Os requerimentos proteicos de cavalos de esporte ainda é um assunto de bastante divergência na literatura. Considera-se que uma correlação positiva entre a intensidade do exercício e a exigência proteica, que é embasada na maior rotatividade de proteínas musculares durante a atividade física, havendo oxidação de aminoácidos, síntese protéica para a hipertrofia muscular e necessidade de reparação tecidual após o exercício, associado às perdas de nitrogênio pelo suor (GEOR, 2013). Desse modo, a ingestão da quantidade ideal de aminoácidos em animais com alto requerimento energético irá auxiliar a manutenção da massa magra do animal (PRATT-PHILLIPS e LAWRENCE, 2014).

Desse modo, o National Research Council (NRC) (2007) propõe níveis de proteína bruta (PB) nas dietas para equinos com 550 Kg com fontes de proteína altamente digestíveis baseadas na intensidade do exercício, conforme descrito na tabela 1. Acresça-se a isso, o fato de não ser vantajoso oferecer um excesso de PB na dieta, já que se sugeriu um efeito acidogênico, que pode provocar desequilíbrio ácido básico em equinos de esporte, além do excesso de amônia nos órgãos digestivos ser tóxica e ocasionar disbiose, podendo predispor problemas, como enteroxemia, cólicas, e má recuperação após o exercício, assim como afecções hepáticas e renais (PRATT-PHILLIPS e LAWRENCE, 2014; CINTRA, 2016).

A dieta balanceada deve ser o objetivo do manejo alimentar, na qual a suplementação extra de aminoácidos poderá ocorrer apenas eventualmente nos casos de exercício intenso, que apresentam altas exigências, pois, em geral, um volumoso de forrageira de boa qualidade e concentrado específico para o animal, com níveis adequados de proteínas, e que sejam facilmente assimilados pelo organismo, são suficientes para atender às necessidades (CINTRA, 2016). Essa suplementação normalmente é feita à base de grãos de soja, farinha de canola e linhaça (NOVAK e SHOVELLER, 2008). A alfafa é rica em proteínas, e compondo de 10-20% do volumoso total pode reduzir os quadros de úlceras ocasionadas pelo estresse, comuns em equinos de esporte, sendo indicado associá-la com Tifton ou Coast Cross, a fim de facilitar a absorção do volumoso (PRIMIANO, 2010; CINTRA, 2016)

2.6 Minerais

Os minerais são geralmente classificados como macrominerais (por exemplo, cálcio, fósforo, sódio, potássio e cloreto) ou microminerais (por exemplo, selênio, ferro, zinco, cobre). Estes são importantes para diversas funções corporais, assim diante de alterações em suas concentrações acaba influenciando diretamente nesses processos metabólicos. São importantes para o aproveitamento da energia e do alimento, para saúde dos tendões, cascos, articulações, musculatura, circulação e respiração (PRIMIANO, 2010; GEOR, 2013).

O mecanismo de dissipação de calor dos equinos é o suor, nele apresenta uma considerável concentração de macrominerais, sendo uma concentração maior perdida de sódio, cloreto e potássio e uma concentração menor de cálcio e magnésio (RIBEIRO, 2019). A extensão dessas perdas depende da intensidade e duração do exercício, do treinamento e do estado de aclimação ao calor do cavalo e das condições ambientais (GEOR, 2013). Por causa dessas perdas, mesmo fornecendo a ração há necessidade de suplementar os animais em treinamentos e provas equestres (PRIMIANO, 2010).

Em relação aos macrominerais, os requisitos de cálcio (Ca) e fósforo (P) na dieta são maiores em cavalos atletas em comparação com os cavalos em manutenção. Dietas que contêm níveis inadequados desses nutrientes ou uma relação Ca: P desequilibrada na dieta alimentar pode comprometer a integridade óssea e predispor a lesões durante o treinamento e a competição. Ademais, Ca e P são necessários para a deposição de osso durante a modelagem e remodelação, processos que são regulados positivamente pela carga imposta aos ossos dos membros durante o exercício. As perdas de cálcio no suor aumentam os requisitos deste macromineral na dieta. Então, as necessidades de cálcio de cavalos jovens em treinamento (<2 anos) podem ser maiores em comparação com cavalos atletas maduros por causa de maior concentração de Ca para renovação óssea (GEOR, 2013). Foi relatado que o aumento na densidade óssea associado ao treinamento em Cavalos Quarto de Milha jovens foi aumentado pelo consumo de dietas que forneciam 150-170% das recomendações do NRC (1989) para Ca. Em consonância com esses achados, foi recentemente sugerido que dietas para cavalos jovens em treinamento devem conter pelo menos 0,4-0,45% de Ca (recomendação do NRC de 0,34% de Ca) (GEOR, 2013).

Ferro (Fe), cobre (Cr), zinco (Zn) e manganês (Mn) participam do metabolismo oxidativo e destruição dos peróxidos, tendo uma relação estreita na capacidade de oxigenação dos pulmões, no trabalho cardiovascular e no desempenho físico dos animais (YUR et al., 2008). Em um estudo de cavalos de resistência, as concentrações de magnésio sérico permaneceram inalteradas após uma corrida de 80 km. Magnésio muscular (intracelular) permaneceu inalterado em cavalos após trote intenso sobre 2600 m. No entanto, cavalos atletas podem ter um ligeiro aumento dos requisitos de magnésio na dieta para cobrir as perdas pelo suor (o suor equino contém 100-120 mg de magnésio por litro). Como o teor de magnésio dos alimentos comumente consumidos por cavalos é de 0,1–0,3%, a ingestão diária por cavalos atletas serão maiores do que 7,5-9 g/dia e devem cobrir perdas diárias associadas à sudorese (GEOR, 2013).

O selênio (Se) é um componente funcional do sistema intracelular da enzima glutathiona peroxidase, responsável direto pela destruição de hidroperóxidos antes que ocorra agressão à integridade das membranas, e em conjunto com a vitamina E, é importante na defesa das células contra o estresse oxidativo, assim previne que os radicais livres causem lesões musculares e fadiga, através de diversos mecanismos deletérios e peroxidação de membranas lipídicas. Ainda não se sabe se as necessidades de Selênio aumentam com a

atividade física regular. No entanto, em sessões únicas de exercício foram relatadas aumento na atividade da enzima glutathiona peroxidase eritrocitária.

Este aumento na atividade enzimática pode ser um reflexo de um aumento na demanda por este sistema antioxidante e, talvez, uma indicação de que esses animais de trabalho têm maior necessidade de Se em relação aos cavalos de manutenção (PRIMIANO, 2010; GEOR, 2013)

Nos últimos anos, trabalhos científicos têm mostrado a importância do Cromo (Cr) para equinos, quando há estresse emocional, físico e metabólico, resultante da intensificação das práticas esportivas, que propicia uma maior susceptibilidade às doenças e alterações metabólicas. O Cr funciona como componente integral e biologicamente ativo do fator de tolerância à glicose (em inglês GTF) que potencializa a ação da insulina na célula. A insulina é um hormônio dependente do GTF, desse modo por causa do seu papel no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas e na liberação da glicose sanguínea, é interessante suplementar esse mineral em cavalos atletas. Em condições de estresse, como em exercícios intensos, há aumento dos níveis sanguíneos de glicose e, simultaneamente, do hormônio cortisol, provocando mobilização das reservas de Cr nos tecidos que atuam reduzindo os níveis dessa substância. O cortisol é antagônico à insulina, assim quando o Cr é insuficiente, acaba prejudicando a ação desta, e conseqüentemente há alteração nos metabolismos dos carboidratos, aminoácidos e lipídeos (BURTON, 1995), somado ao efeito supressor do sistema imunológico mediado pelo cortisol (MERTZ, 1992). Apesar das exigências de Cr não serem conhecidas, a suplementação de Cr é recomendada em situação de estresse, em dieta com baixo teor de proteína, em dietas com teores baixos em fibras e no pré e pós-parto (MOWAT, 1997; PRIMIANO, 2010).

Tabela 3 - Necessidades minerais diárias estimadas de um cavalo de 500 kg em manutenção e em treinamento de exercício moderado a intenso. Fonte: Adaptado de NRC (1989), Meyer (1987). As necessidades de sódio, potássio e cloreto de cavalos de trabalho são, em parte, dependentes da extensão das perdas de fluido pelo suor). O valor superior é recomendado para cavalos em treinamento intenso em climas quentes e durante os meses de verão

Mineral	Manutenção	Exercício
Sódio (g)	10	30-50
Potássio (g)	25	40-75
Cloreto (g)	15	50-150
Cálcio (g)	20	35-40
Fósforo (g)	15	25-27
Magnésio (g)	7,5-9	10-15
Ferro (mg)	320	460
Cobre (mg)	80	115
Manganês (mg)	320	460
Zinco (mg)	400	115
Selênio (mg)	0,8-1	460
Iodo (mg)	0,8	575
Cobalto (mg)	0,8	2.3-3,0

Fonte: Autores, 2022.

2.7 Vitaminas

As vitaminas são classificadas de acordo com sua solubilidade, em lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (B e C). A maioria das vitaminas participa de processos relacionados à contração muscular e gasto de energia. Vitaminas do grupo do complexo B (por exemplo, tiamina, riboflavina, vitamina B6, niacina, biotina e ácido pantotênico) atuam como cofatores para enzimas que regulam a glicólise, o ciclo do ácido cítrico, fosforilação oxidativa, oxidação de ácidos graxos e catabolismo de aminoácidos. O ácido fólico e a vitamina B12 são necessários para a síntese do heme. As vitaminas antioxidantes (principalmente vitaminas C e E) participam de um sistema tampão contra radicais (LAWRENCE, 2008; GEOR, 2013).

Existe pouca pesquisa sobre o efeito do exercício sobre as necessidades de em relação a vitamina A, vitamina D, vitamina K ou as vitaminas B. Entretanto, há estudos sobre o dano oxidativo durante o exercício e o papel das vitaminas C e E (e outros antioxidantes nutrientes como β -caroteno e ácido lipóico) na diminuição de estresse oxidativo e peroxidação lipídica em cavalos durante esforço. As vitaminas E e C, junto com a glutatona, são antioxidantes não enzimáticos importantes, assim, o aumento do consumo de oxigênio

durante o exercício aumenta o potencial de dano oxidativo às membranas celulares nos músculos, pulmões e outros tecidos, conseqüentemente aumenta a necessidade de vitamina E e possivelmente vitamina C (LAWRENCE, 2008; GEOR, 2013).

Contudo, aumentar os níveis destas vitaminas na dieta ainda não está claro se isso traz uma vantagem para o desempenho do cavalo (NRC, 2007). A vitamina E é um nutriente relativamente não tóxico e níveis de alimentação acima das recomendações atuais não irão resultar em efeitos negativos (SICILIANO; PARKER; LAWRENCE, 1997; LAWRENCE, 2008). Assim, é recomendado que cavalos atletas sejam alimentados com uma dieta que forneça pelo menos 100 UI de vitamina E por kg. Cavalos que trabalham intensamente podem se beneficiar de níveis mais elevados de vitamina E (200–250 IU/kg de dieta). A maioria dos alimentos para equinos contém menos de 50 UI/kg, portanto, para esses animais atender as necessidades de Vitamina E, esta deve ser adicionada às rações (GEOR, 2013).

Como os cavalos têm L-gluconolactona oxidase, a enzima necessária para a síntese de vitamina C (ácido ascórbico) através da glicose, não há necessidade de suplementar esse nutriente. Embora existam vários estudos sobre os efeitos do ácido ascórbico no metabolismo e suplementação em cavalos atléticos, nenhum consenso surgiu em relação às necessidades dietéticas para cavalos sob estresse. Ademais, a suplementação de ácido ascórbico em altos níveis pode resultar em supressão da síntese endógena (GEOR, 2013).

2.8 Lipídios

Os lipídios são considerados partículas de gorduras, insolúveis em água, muito calóricos e energéticos (DUREN e CRANDELL, 1998). Estes contêm 2,25 vezes mais energia que os carboidratos, contudo possuem menor versatilidade de utilização pois só podem ser oxidados por via aeróbia ou serem armazenados nos tecidos (RIBEIRO, 2019). Os ácidos graxos essenciais não são sintetizados pelo animal, então precisam ser obtidos através da dieta. De forma geral as gorduras são compostas em sua grande maioria por ácidos graxos saturados e ácidos graxos insaturados que apresentam em sua cadeia duas ou mais ligações duplas. Assim, os ácidos graxos insaturados estão presentes nos principais óleos utilizados nas dietas, como os óleos de soja e milho, com a finalidade de aumentar o desempenho de cavalos atletas (MACHADO, 2016). A inclusão de gordura na dieta de equinos atletas começou a ser estudada com o objetivo de reduzir a fadiga muscular, essa redução pode significar a manutenção da velocidade de exercício por períodos mais longos ou o aumento da velocidade do exercício (MEYER et al., 1989).

Os lipídios possuem importância nutricional no organismo dos animais, pois fornecem incremento calórico, atuam como transportador de vitaminas lipossolúveis e suprem demanda nutricional específica através de ácidos graxos (MACHADO, 2016). O aumento do desempenho de cavalos atletas suplementados com dietas contendo óleos estão associadas a melhoria da relação energia e o peso do animal, gerada pela redução no consumo de matéria seca e o peso do intestino grosso; pela diminuição do calor metabólico que está diretamente associado à digestão e ao esforço físico; à capacidade de se manter mais tempo em exercício devido à economia do glicogênio muscular; e ao incremento e à otimização da energia proveniente da glicólise aeróbica oriundo de componentes gliconeogênicos (MATTO et al., 2006; NRC, 2007).

A presença de óleos vegetais na alimentação, principalmente, de animais estabulados, se mostra como um ótimo incremento energético, maior do que os cereais utilizados na dieta de equinos. Os cavalos que participam de provas de resistência necessitam de mais energia oriunda de lipídios, contudo a inserção destes deve ser gradativa para que o animal se adapte à nova dieta e evite problemas digestivos. Ademais, é recomendado para estes atletas porque o seu metabolismo não gera quantidade significativa de calor (MACHADO, 2016).

Alimentos com gordura possuem capacidade de reduzir, parcialmente, o declínio glicêmico associado ao exercício, pois aumentam a concentração da enzima glicose-6-fosfato no músculo, economizando a glicose sanguínea. A glicose-6-fosfato inibe a hexoquinase, que fosforila a glicose, conseqüentemente isto reduz consumo da glicose resultando em economia de energia. Outro aspecto da inclusão deste componente é na redução da fadiga, pois a oxidação lipídica reflete em diminuição do coeficiente respiratório e menor frequência cardíaca, desse modo essa diminuição na pressão de CO₂ pode contribuir para amenizar a queda de pH e assim conseqüentemente reduzir a fadiga muscular (FRAPE, 2004).

O incremento na dieta de 250 e 500g de óleo na dieta de equinos destinados a exercícios de intensidade média resultou em efeitos positivos no desempenho hematófisiológico do animal, podendo resultar em uma maior eficiência do desempenho atlético. Animais submetidos a dietas com óleo na porção diária de 500 g apresentaram uma melhor recuperação pós-prova, demonstrado através da frequência cardíaca e do hematócrito (MATTO et al., 2006)

Brandi et al. (2010) observaram uma menor atividade plasmática das enzimas aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase devido a adição de óleo

de soja na dieta de cavalos atletas, o que validou o direcionamento do metabolismo energético para oxidação lipídica e concluíram que a presença destas isoenzimas, que atuam amplamente no metabolismo energético, propiciaram a reposição constante de ATP no decorrer do exercício, bem como a utilização de lactato (catabólico) intermediado pela lactatodesidrogenase. Além disso, relataram uma menor atividade plasmática das enzimas aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase devido a adição de óleo de soja na dieta de cavalos atletas, o que demonstrou o direcionamento do metabolismo energético para oxidação lipídica, concluindo que a presença destas isoenzimas, que atuam amplamente no metabolismo energético, propiciaram a reposição constante de ATP no decorrer do exercício e a utilização de lactato (catabólico) intermediado pela lactato desidrogenase.

Ainda não está definido quanto tempo antes da competição deve ser iniciada a alimentação com uma dieta contendo gordura, nem por quanto tempo essa suplementação deve ser mantida, contudo para que haja adaptação enzimática e metabólica é recomendado que a gordura seja consumida pelo menos 6 a 11 semanas antes de qualquer evento (FRAPE, 1994). Alguns autores, (MEYER et al., 1989; OLDHAM et al., 1990; SCOTT et al., 1992) adotaram o período de 21 dias. Em relação à porcentagem que deve ser adicionada de gordura na dieta, a adição acima de 20% não tem apresentado efeito negativo sobre o consumo ou a digestibilidade de matéria seca e energia em cavalos. Apesar de ainda não ser exatamente estabelecido, são relatados níveis de inclusão de 10 a 12% do total da dieta, 10 a 12% do concentrado e 12 a 20% da energia digestível da dieta (HINEY e POTTER, 1996).

2.9 Alimentação e Nutrição em dias de Competição

Para o melhor desempenho do cavalo na competição é necessário meses de preparação, uma alimentação adequada dias antes não será suficiente. Assim, não há benefício em administrar determinados alimentos somente no dia da competição se não for realizado nos dias de treinamento, pois os treinos costumam ser mais pesados, mais intensos e desgastantes, que o próprio dia da competição. Por exemplo, uma competição que dura 25 segundos, como no trabalho de explosão, os animais treinam normalmente durante uma hora. Assim, os recursos nutricionais a serem utilizados devem ser constantes durante o treinamento e a competição. Existem exceções algumas situações pontuais, em que os cavalos tenham algum tipo de necessidade específica, porém devem ser analisadas com rigor

e técnica. O mais recomendado é realizar um bom programa de treinamento e nutricional, que será posto à prova e potencializado no dia de competição (CINTRA, 2016).

Desse modo, existem algumas dicas de manejo alimentar para evitar problemas na competição e melhorar o desempenho do animal. Primeiro, evitar alterações bruscas na dieta nas três semanas antes da competição, pois é o tempo mínimo para o organismo animal se habituar a um novo tipo de alimento sem prejudicar no seu desempenho. Segundo, não oferecer alimentos à base de grãos nas 2 a 3 horas que antecedem uma competição, pois estes elevam a concentração de insulina sanguínea, diminuindo a utilização de gorduras e levando o animal a uma hipoglicemia no início da competição, quando seria necessário maior disponibilidade energética. Isto diminuirá a resistência e a velocidade, com conseqüente queda no desempenho. Além disso, a alimentação leva a um aumento da irrigação do mesentério, com aumento do fluxo sanguíneo no trato gastrintestinal para aumentar a eficácia da digestão. O mesmo ocorre no trabalho muscular, em que há aumento de fluxo sanguíneo para os músculos com o exercício. Assim, são duas atividades que requerem grande quantidade de fluxo sanguíneo, necessitando um aumento do débito e da frequência cardíaca em animais alimentados momentos antes do exercício, para que o organismo possa efetivamente realizar as duas atividades. Assim, o mais adequado é que ele não seja alimentado com esses alimentos para não prejudicar o animal e seu desempenho (CINTRA, 2016).

Se a competição for de longa distância, de resistência, é necessário oferecer uma maior quantidade de forragem, de seis a oito kg/dia para a dilatação do intestino grosso, assim, aumentando a reserva de água e de eletrólitos, conseqüentemente aumentando a disponibilidade durante o exercício e contribuindo para o melhor desempenho do animal, sendo necessário ter água e volumoso à vontade. Contudo, as forrageiras devem ser de excelente qualidade, pois as inferiores possuem maior concentração de lactato pós exercícios podendo causar também hipoglicemia. Além disso, na noite anterior ao dia da competição de resistência é fornecido alimentos ricos em fibras, e devem ser alimentados pelo menos cinco horas antes da competição (FRAPE, 2004; CINTRA, 2016)

Contudo, se a competição for de curta distância, deve-se oferecer ao animal somente com água à vontade. A diminuição da disponibilidade do volumoso, nesse caso, diminui o preenchimento intestinal, diminuindo a quantidade de peso que o animal sustenta e auxiliando no desempenho do animal. Caso a competição dure o dia todo, deve-se manter

volumoso disponível para o animal, mas com bastante cuidado, para diminuir o estresse (PRIMIANO, 2010, CINTRA, 2016).

O eletrólito deve ser oferecido para reposição, não tem função prática antes do início da competição, apenas quando o animal tem perda eletrolítica. O mais certo é administrá-lo após a competição, como auxiliar no retorno do animal ao estado de repouso. Se o animal não tiver o hábito de beber água nos locais de competição, é preferível não administrar o suplemento eletrolítico. Desse modo, a alimentação antes da competição visa o bem estar do animal, manter o funcionamento digestivo e reposição de eletrólitos, e não à tentativa de aproveitamento dos nutrientes. Então, é mais benéfico disponibilizar volumosos de boa qualidade, tenros e altamente palatáveis, se possível gramíneas frescas. Substâncias que tendem a amenizar as consequências decorrentes do estresse e do desgaste excessivo, por meio de manutenção da integridade da microflora digestiva, como os probióticos e prebióticos, podendo ser uma técnica bastante interessante (CINTRA, 2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, conclui-se que a alimentação e nutrição adequadas dos equinos é fundamental para a performance atlética do animal. Embora alguns aspectos ainda necessitem de um melhor esclarecimento por meio de novos estudos, diversas técnicas de manejo são comprovadamente eficazes na melhora do desempenho de cavalos de esporte. Ademais, diversas patologias podem ser ocasionadas por uma alimentação e nutrição inadequadas, que podem inclusive levar o animal ao óbito, sendo necessário, portanto, uma avaliação minuciosa das necessidades específicas de cada animal para que sejam supridas satisfatoriamente.

REFERÊNCIAS

BRANDI, R. A. et al. Parâmetros bioquímicos de equinos submetidos à simulação de prova de enduro recebendo dietas com adição de óleo de soja. **R. Bras. Zootec**, v. 39, n. 2, p. 313-319, 2010.

BURTON, J. L. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system. **Animal Feed Science and Technology**, v. 53, n. 3, p. 117- 133, 1995.

CINTRA, A. G. **Alimentação equina: nutrição, saúde e bem-estar** (pp. 354). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Roca, 2016. 354 p.

DUREN, S. e CRANDELL, K. M. Feeding the endurance horse. **World Equine Veterinary Review**, v. 3, n. 2, p. 28-35, 1998.

FRAPE, D. L. Diet and exercise performance in the horse. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, p. 189-206, 1994

FRAPE, D. **Equine Nutrition and Feeding**. 3º ed, Nova Jersey: Wiley-Blackwell, 2004. 649 p.

Geor, R. J. *Nutritional management of the equine athlete*. In: GEOR, R. J.; HARRIS, P. A.; COENE, M. **Equine Applied and Clinical Nutrition: health, welfare and performance**. Londres: W.B. Saunders Company, 2013. p. 816-835.

HARRIS, P.A. e GEOR, R.J. Nutrition for the equine athlete: Nutrient requirements and key principles in ration design. In: KANEPS, A. J.; KENNETH, H. W., GEOR, R.J. **Equine Sports Medicine and Surgery**, 2ª ed. Edinburgh: Saunders Ltd, 2014. Cap. 36, p. 797-817.

HINEY, K. M., e POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutrition Research Reviews**, v. 9, p. 149-173, 1996.

HINTZ, H. F. e CYMBALUK, N. F. Nutrition of the horse. **Annual Review of Nutrition**, v. 14, p. 243-267, 1994.

HODGSON, D. R.; MCKEEVER, K. H.; MCGOWAN, C. M. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**, 2ª ed. Missouri: Saunders, 1994. 379 p.

LAWRENCE, L. Nutrient needs of performance horses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 206-210, 2008.

MACHADO, M. S. *Importância do uso de óleo na alimentação de cavalos destinados às provas de resistência*. 2016. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2016.

MATOS, F. et al. *Uso de óleo na dieta de equinos submetidos ao exercício*. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 4, p. 1373-1380, 2006.

MATOS, I.E. et al. A fibra na nutrição de cavalos. **In Anais da X Amostra Científica FAMEZ/UFMG**, Campo Grande, MS. 2017.

MENEZES, M.L. et al. Effects of diets with increasing levels of citrus pulp on the blood parameters linked to energy metabolism in horses. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 6, p. 589-597, 2014.

MERTZ, W. (1992). *Chromium: history and nutritional importance*. Biological Trace Elements Research, v. 32, n. 2, p. 3-8, 1992.

MEYER, H. Nutrition of the equine athlete. **ICEEP Publications**, p. 644-673, 1987.

MEYER, M. C. et al. Physiologic and metabolic response of exercising horse fed added dietary fat. **Journal Equine Veterinary Science**, v. 9, n. 4, p. 218- 223, 1989.

MOWAT, D. N. *Supplemental organic chromium for beef and dairy cattle*. In: Proceeding in Ruminant Nutrition. University of Guelph, Canada, 1997. Disponível em: <https://animal.ifas.ufl.edu/apps/dairymedia/rns/1997/chromiub.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

NOVAK, S. e SHOVELLER, A. K. (2008). *Nutrition and feeding management for horse owners* (pp. 116). Edmonton Alberta: Alberta Agriculture and Rural Development, 2008. 116 p.

NRC. *The Nutrient Requirements of Horses*, 5^o ed. Washington DC, EUA: National Academy Press, 1989. 100 p.

NRC. *The Nutrient Requirements of Horses*, 6^a ed. Washington DC: National Academy Press, 2007. 360 p.

OLDHAM, S. L. et al. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horse fed a fat supplemented diet. **Journal Equine Veterinary Science**, v. 10, n. 5, p. 353-359, 1990.

PAGAN, J.D. et al. Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbred horses. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 12, p. 2704-2707, 1998.

PARKER, R. **Equine Science**, 3^a ed. Nova Iorque: Delmar Learning, 2008. 552 p.

PRATT-PHILLIPS, S.E. e LAWRENCE, L.M. Nutrition of the performance horse. In: HODGSON, D.R.; MCKEEVER, K.H.; MCGOWAN, C.M. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**, 2^a ed., St. Louis: Elsevier Saunders, 2014. Cap. 4, p. 34-55.

PRIMIANO, F.M. Manejo e Nutrição do Cavalo Atleta. **Pet Food Brasil**, v.11, p.16-18, 2010.

RICHARDSON, K. e MURRAY, J.M.D. Fibre for performance horses: A review. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 46, p. 31-39, 2016.

RIBEIRO, A. C. B. **Tópicos em nutrição do cavalo atleta**. 2019. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Instituto Federal Goiano, Rio Verde, GO, 2019.

SCOTT, B. D. et al. Efficacy of a fat supplemented diet on muscle glycogen concentration in exercising thoroughbred horses maintained in varying body condition. **Journal Equine Veterinary Science**, v. 12, n. 2, p. 109- 111. 1992.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Equideocultura: manejo e alimentação**. Brasília: Revisa, 2018. 120 p.

SICILIANO, P. D.; PARKER, A.L.; LAWRENCE, L.M. Effect of dietary vitamin E supplementation on the integrity of skeletal muscle in exercised horses. **J. Anim Sci**, v. 75, n. 6, p. 1553-1560, 1997.

WARREN, L. K. Feeding Working and Performance Horses In: Agri-Facts, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. Edmonton, Canadá: Les Burwash, 2005. Disponível em: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex9622/\\$FILE/feeding-working-and-performance-horses.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex9622/$FILE/feeding-working-and-performance-horses.pdf). Acesso em: 20 dez. 2021.

WILTON, B.L. **A Unique Rurality: Exploring the Role of the Horse Farm in the Post-Productivist Rural Landscape**. 2008. 169f. Tese de doutorado, Universidade de Guelph, 2008.

YUR, F. et al. Effects of vitamin E and selenium on serum trace and major elements in horses. **Biol. Trace Elem. Res.**, v, 125, n. 3, p. 223-228, 2008.



USO DA TERRA NAS ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO CEARÁ

Cecília Barreto Rodrigues

Universidade Federal do Ceará – CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6226524203681456>

Julianna Costa Bernardo

Universidade Federal do Ceará – CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3035575241051298>

Leonardo Nogueira Cantudo

Universidade Federal do Ceará – CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0978656006064649>

Marcio Regys Rabelo de Oliveira

Universidade Federal do Ceará – CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5311139689364283>

Daiane Felix Santiago Mesquita

Universidade Federal do Ceará – CE
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6889923681561091>

**Informações sobre o
artigo:**

Recebido em:

28/07/2022

Aceito em:

30/07/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Recursos Naturais

Sustentabilidade

Áreas Rurais

RESUMO

A desertificação é um problema que afeta quase a totalidade dos municípios do Ceará. O problema ganha maiores proporções nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs), especialmente nas zonas rurais. Nessas áreas o uso da terra é apontado como um dos principais aceleradores do fenômeno. O objetivo do projeto foi realizar o diagnóstico do uso da terra nas Áreas Susceptíveis à Desertificação do Estado do Ceará. A área de estudo foi os 14 municípios localizados nas três ASDs cearenses: Irauçuba/Centro Norte, Inhamuns e Jaguaribe. Os dados analisados foram de origem secundária obtidos nos Censos Agropecuários 2006 e 2017, publicados pelo IBGE. Além disso, foram consultados documentos técnicos e científicos. Foram adotados diferentes procedimentos metodológicos tais como análise bibliométrica, pesquisa bibliográfica e cálculo de taxas de crescimento. Os principais resultados mostraram que houve maiores avanços no número de hectares destinados a pastagens naturais, Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais. Por outro lado, houve maior redução no uso do solo destinado à Matas ou florestas - florestas plantadas e lavouras. Nota-se que as atividades da pecuária ganharam espaço em detrimento das lavouras. Essa tendência deve ser monitorada dado que a pecuária, especialmente a ovinocaprino-cultura, é uma das causas da desertificação nas ASDs. De um modo geral, os resultados obtidos na pesquisa são úteis no acompanhamento das mudanças ocorridas após elaboração do plano estadual de combate à desertificação e na verificação do avanço ou não das condições de uso de solo que favorecem a

susceptibilidade à desertificação nessas áreas, o que poderá subsidiar a realização de ajustes nas estratégias estaduais de combate ao fenômeno no Ceará

LAND USE IN AREAS SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION IN CEARÁ

ABSTRACT

Desertification is a problem that affects almost all municipalities in Ceará. The problem gains greater proportions in Areas Susceptible to Desertification (ASDs), especially in rural areas. In these areas, land use is seen as one of the main accelerators of the phenomenon. The objective of the project was to carry out a diagnosis of land use in Areas Susceptible to Desertification in the State of Ceará. The study area was the 14 municipalities located in the three ASDs of Ceará: Irauçuba/Centro Norte, Inhamuns and Jaguaribe. The analyzed data were of secondary origin obtained from the 2006 and 2017 Agricultural Censuses, published by the IBGE. In addition, technical and scientific documents were consulted. Different methodological procedures were adopted, such as bibliometric analysis, bibliographic research and calculation of growth rates. The main results showed that there were greater advances in the number of hectares destined for natural pastures, Agroforestry systems - cultivated area with forest species also used for crops and grazing by animals. On the other hand, there was a greater reduction in the use of land destined for woods or forests - planted forests and crops. It is noted that livestock activities gained space to the detriment of crops. This trend should be monitored as livestock, especially sheep and goat farming, is one of the causes of desertification in ASDs. In general, the results obtained in the research are useful in monitoring the changes that occurred after the elaboration of the state plan to combat desertification and in the verification of the advance or not of the conditions of land use that favor the susceptibility to desertification in these areas, which could subsidize the realization of adjustments in state strategies to combat the phenomenon in Ceará.

Keywords:

Natural resources

Sustainability

Rural Areas.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um problema que avança em todo o planeta. Estimativas apontam que mais de 2 bilhões de hectares estão degradados. A conversão de áreas degradadas para áreas desertificadas e/ou impactadas pelas secas tem ocorrido intensamente:

uma taxa média de aproximadamente 12 milhões de hectares ao ano no mundo (ONU, 2021), aumentando a vulnerabilidade socioeconômica de mais de 3 bilhões de pessoas que vivem em terras áridas, semiáridas e subúmidas secas (IPCC, 2019).

As formas de uso e ocupação da terra vêm contribuindo de forma significativa para o agravamento dos processos de degradação ambiental e perda de produtividade das lavouras nas áreas rurais do Semiárido Brasileiro (SAB), fato este abordado de forma contundente nos Planos Estaduais de Combate à Desertificação em todos os estados do Nordeste. De fato, em diversos sistemas ambientais da região constata-se que os impactos produzidos ao longo do processo histórico pelo uso e ocupação do solo degradaram de modo gradativo e contínuo a base dos recursos naturais e a qualidade ambiental.

Nas Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASDs) é comum encontrar atividades agropecuárias cujo manejo contribui para o agravamento das condições desérticas. De um modo amplo, os principais usos da terra nas áreas rurais brasileiras são: Lavouras permanentes e temporárias; Pastagens naturais, pastagens - plantadas degradadas, pastagens - plantadas em boas condições; Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal; Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aqüicultura; Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas etc.), terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.); Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras etc.); Terras destinadas à agropecuária. Como se observa, são múltiplos usos que obedecem a características e condições específicas de cada de cada solo. Estudos mostram que as áreas mais intensamente ocupadas pela agricultura e pecuária são aquelas onde se observam os mais avançados estágios de desertificação (MATALLO Jr, 2001).

Além disso, o desmatamento desordenado e a retirada de matas ciliares têm levado ao assoreamento dos rios. Ao mesmo tempo, as práticas exercidas no cultivo de lavouras temporárias e permanentes (retirada da vegetação, queimadas, manejo do solo) têm reduzido a produção gradativamente, provocado a salinização do solo, processos erosivos e contaminação do lençol freático.

Segundo Torres et al (2015), o uso da terra pode ser visto como uma força motriz que implicitamente reflete a orientação da agropecuária no sentido da implementação de práticas agrícolas bem como, a capacidade do solo em apoiar tais práticas. De forma a exemplificar, elevada proporção de terra destinada a pastagens naturais pode demonstrar, de acordo com Sampaio et al. (2003), uma pecuária extensiva e o manejo inadequado dos rebanhos levando à compactação da superfície do solo através do pisoteio do gado. O

manuseio correto do solo deve ter uma atenção maior quando se trata da pecuária em si, pois esta quando praticada de forma extensiva, degrada esta terra, retirando o extrato herbáceo resultando na escassez de espécies de valor forrageiro, fato este que pode ser agravado quando da substituição de bovinos por caprinos em áreas de caatinga degradada, acarretando na perda da biodiversidade do estrato lenhoso por conta dos hábitos alimentares desses animais (RODRIGUES, 2016).

Diante dessa problemática, Pereira et al (2010) chamam a atenção para a necessidade de redução dos impactos do uso da terra com vistas à redução dos impactos ambientais verificados em áreas rurais. Matallo Junior (2001) acrescenta que a insistência em manter práticas de utilização das terras nocivas ao bioma, só agravam processos de degradação ambiental e desertificação.

O interesse mundial pela desertificação foi claramente explicitado durante a Rio +20 no ano de 2012 e reforçada na definição dos ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mais especificamente no objetivo 17: “ proteger, restaurar e promover o uso sustentável de ecossistemas, manejar florestas de maneira sustentável, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade ” (UNITED NATIONS, 2015).

As preocupações com o fenômeno são pertinentes dado que a desertificação expõe os sistemas terrestres às mais diferentes ameaças: perda de produtividade da terra, aumento da pobreza, insegurança alimentar, riscos à saúde, escassez de água (BRIASSOULIS, 2019; BOWYER ET AL., 2009; LOW, 2013; GEIST, 2017; IMESON, 2011; D’ ODORICO ET AL., 2013; REYNOLDS e STAFFORD-SMITH, 2002).

Da mesma forma - considerando-se que a terra é um recurso que interage com o meio ambiente, a sociedade e a economia - também é pertinente a associação entre a existência de desertificação e a forma como se dá o uso da terra (MEA, 2005; FAO, 2011; KAOSHAN et al., 2015). Essa associação é especialmente relevante no contexto do Semiárido Brasileiro (SAB), onde as áreas degradadas estão avançando de forma rápida, tornando grandes extensões de área inaptas às atividades produtivas e impactando diretamente a população rural já castigada por secas recorrentes e elevados níveis de pobreza.

Embora o SAB apresente-se do ponto de vista político como uma região com problemas comuns, sabe-se que na prática a análise da desertificação requer um recorte espacial relativamente pequeno dado que o fenômeno envolve interações complexas

manifestadas muitas vezes em um contexto mais restrito do ponto de vista geográfico. Essa visão, inclusive, incentivou a criação de Programas de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, os PAEs, voltados para a redução da desertificação por meio de estratégias capazes de enfrentar as vulnerabilidades de cada estado. Nessa perspectiva a presente proposta terá como foco de estudo as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs) no Estado do Ceará.

Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs) são aquelas que apresentam características que favorecem a ocorrência do problema tais como elevado índice de aridez, fatores antrópicos como práticas agrícolas intensivas e pouco sustentáveis. As ASDs são as que por suas características possuem a facilidade de desenvolver o problema, enquanto os núcleos de desertificação são áreas já degradadas e desertificadas podendo ter espaços sem nenhuma cobertura vegetal e com indícios fortes de erosão (PEREZ-MARIN *et al.*, 2012).

No Ceará existem três ASDs: Irauçuba/Centro Norte, Inhamuns e Jaguaribe, distribuídas em 14 municípios. As comunidades rurais dessas áreas são as que apresentam maior vulnerabilidade à seca, devido ao nível de degradação dos recursos naturais disponíveis. Ainda sobre a área, vale salientar que esses municípios totalizam 19,44% (28.928,4 Km²) da área total do Estado, número elevado de pobres, deficiência em serviços de esgotamento sanitário, renda *per capita* baixa.

Acredita-se que o uso da terra nas ASDs se apresenta como um fator de aceleração da desertificação pois, em sua maioria, os produtores rurais aí residentes são descapitalizados e adotam técnicas agrícolas agressivas ao meio ambiente o que pode agravar o quadro de desertificação. Essa visão é compartilhada no PAE - Ceará quando propõe como um dos seus objetivos específicos: “Diminuir a perda da biodiversidade por meio da difusão de práticas de preservação e conservação dos recursos naturais existentes nas ASDs. Promover a recuperação de áreas degradadas pelo antropismo, identificando os agentes responsáveis pela degradação.” (CEARÁ, 2010, p. 256).

Para alcançar suas propostas o PAE-Ceará propôs estratégias elaboradas com base em dados referentes ao uso da terra ano de 2006 (Censo Agropecuário publicado pelo IBGE). Entretanto, após 10 anos da elaboração do documento, é factível assumir a possibilidade de mudança no quadro base e, conseqüentemente, a necessidade de revisão dessas estratégias. Com a disponibilização de dados mais recentes publicados no Censo Agropecuário de 2017 é possível realizar um novo diagnóstico do uso da terra nas ASDs cearenses. Tal diagnóstico será útil, dentre outros aspectos, para: i) acompanhamento das mudanças ocorridas pós elaboração do PAE, ii) verificação do avanço ou retenção de

condições de uso de solo que favorecem a susceptibilidade à desertificação nessas áreas, iii) realização de ajustes nas estratégias de combate ao fenômeno.

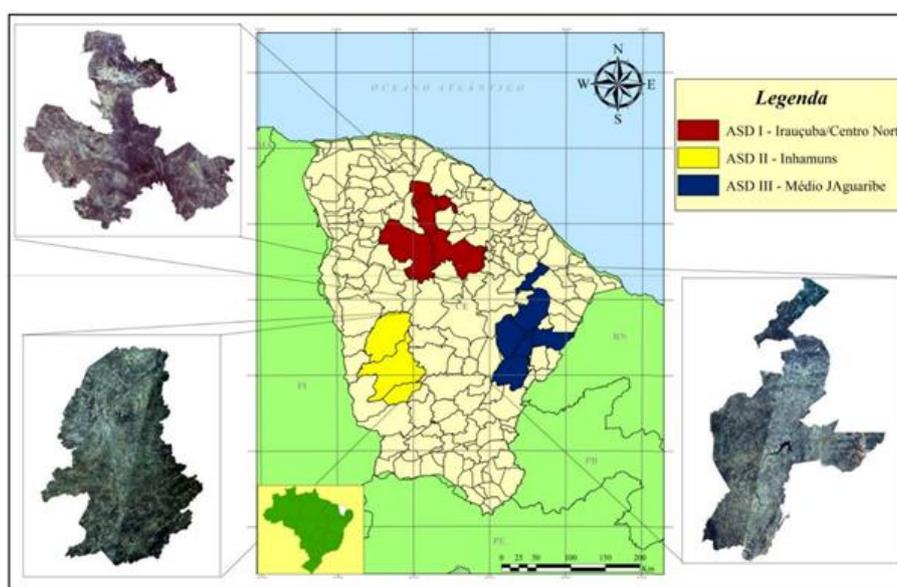
Considerando-se a problemática descrita, este estudo buscou realizar o diagnóstico do uso da terra nas Áreas Susceptíveis à Desertificação do Estado do Ceará, no período 2006 a 2017.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Dentre os estados com áreas no Semiárido Brasileiro o Ceará é classificado como o detentor de maior parcela do seu território com áreas susceptíveis à desertificação. A presente pesquisa adotará como recorte ou área geográfica de estudo as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASDs) no Estado do Ceará – Irauçuba/Centro Norte, Inhamuns e Jaguaribe, distribuídas em 14 municípios: Alto Santo, Arneiroz, Canindé, Independência, Irauçuba, Itapajé, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Miraíma, Morada Nova, Santa Quitéria, Sobral e Tauá. A localização dessas áreas pode ser visualizada a partir da Figura 1.

Figura 1 - Disposição dos municípios cearenses que compõem as Áreas Susceptíveis ao fenômeno da Desertificação no estado do Ceará



Fonte: Oliveira, Almeida e Teixeira (2017).

2.2 Método de Análise

A identificação das mudanças ocorridas no uso da terra nas ASDs cearenses entre 2006 e 2017 foi realizada por meio da análise de indicadores de uso da terra extraídos dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 disponíveis no site do IBGE. Os tipos de uso do solo considerados foram selecionados tendo como critério os usos levantados nos respectivos censos. São eles:

- A. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com lavouras temporárias,
- B. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com lavouras permanentes,
- C. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com cultivo de flores,
- D. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com pastagens naturais,
- E. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com pastagens em boas condições,
- F. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com pastagens em más condições,
- G. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município ocupada com matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanentemente ou reserva legal,
- H. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município com Matas ou florestas - matas e/ou florestas naturais,
- I. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município com Matas ou florestas plantadas,
- J. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município com Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais,
- K. proporção da área dos estabelecimentos agropecuários do município com lâmina d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, de terras degradadas e de terras inaproveitáveis.

As proporções foram calculadas a partir da razão:

$\frac{\text{Área dos estabelecimentos agropecuários do município com determinado tipo de uso da terra}}{\text{área total dos estabelecimentos agropecuários do município}}$.

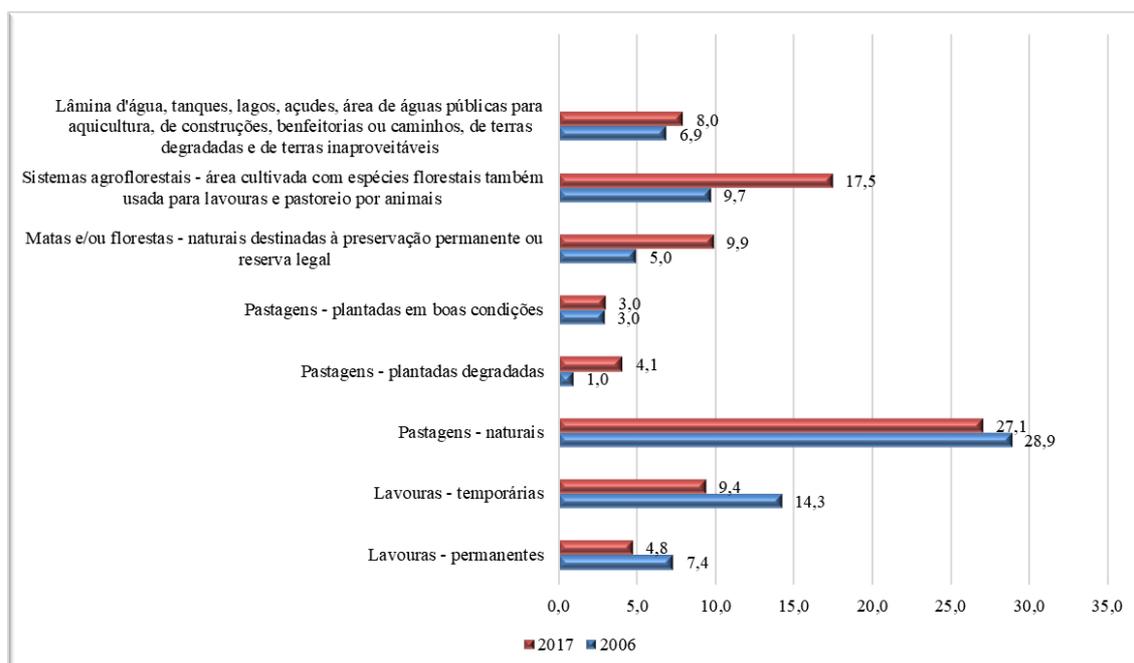
A verificação da ocorrência de mudanças no tipo de uso da terra nos estabelecimentos agropecuários localizados nos municípios das ASDs no período 2006 a 2017 será feita pela comparação dos indicadores de uso da terra nos anos de 2006 e 2017. Além disso, foi estimada a taxa de crescimento média anual para cada indicador.

Adicionalmente ao cálculo das mudanças de uso da terra foi realizada uma sistematização das principais estratégias propostas no Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE, que podem favorecer mudanças positivas no padrão de uso da terra no Ceará. Tal foi feita a partir do que está definido no documento que apresenta o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE. Disponível em: <https://mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/programas-estaduais.html>. Além disso foram consultados os órgãos do governo responsáveis pelas estratégias de combate à desertificação no Ceará.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ceará é um dos estados com economia mais diversificada do Nordeste. Em 2006: O principal uso da terra era com pastagens naturais, seguido de lavouras temporárias. Como principais produtos destacavam-se a produção de Cana-de-açúcar, Mandioca, Milho, Feijão, Melão, Tomate e Arroz. As lavouras permanentes que se sobressaiam eram Banana, Coco-da-baía, Castanha de Caju, Mamão, Maracujá e Manga. Em 2017 os principais usos da terra foram pastagens naturais seguido de sistemas agroflorestais (Figura 2). Essas atividades utilizam áreas cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais. Contudo, as formas de usos da terra no Ceará têm mudado e gerado grandes problemas ambientais.

Figura 2 – Proporção média da área dos estabelecimentos agropecuários destinados aos diferentes usos da terra nos municípios das ASDs do Ceará. Anos 2006 e 2017



Fonte: Elaboração própria a partir de dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 (IBGE).

O estado do Ceará possui o domínio da caatinga, com período chuvoso restrito a cerca de quatro meses do ano e alta biodiversidade adaptada. O estado é, ainda, o único a estar completamente inserido na sub-região do sertão. Isso se reflete na sazonalidade característica desse bioma que acaba causando um impacto na uma fauna e flora integradas às condições semiáridas. No setor da Agricultura, destacam-se a produção agrícola de: feijão, milho, arroz, algodão-arbóreo, castanha-de-caju, cana-de-açúcar, mandioca, mamona, tomate, banana, laranja, coco e, mais recentemente, a uva. Além disso, algumas culturas vem crescendo no estado, um polo de agricultura irrigada dirigida principalmente à exportação, em áreas próximas à Chapada do Apodi, tem cultivado frutas como melão e abacaxi. E outro que tem ganhado destaque é o cultivo de flores, na Cuesta da Ibiapaba. No setor da pecuária, a maior representatividade dos rebanhos são: bovinos, suínos, caprinos, eqüinos, aves, asininos, carcinicultura e ovinos.

A falta de planejamento adequado para o manejo do solo traz consigo problemas ambientais referentes ao uso e cobertura das terras que se agravam na região semiárida do Ceará, pois esta apresenta solos rasos e pedregosos, uma estação seca bem definida e terras em relevos acidentados, inadequadas às práticas de agricultura e pecuária (GUIMARÃES, 2013).

A região semiárida do estado do Ceará tem sofrido fortes degradações causadas de forma geral, por possuir solos rasos e pedregosos e uma estação seca bem marcada que dificulta o uso da terra para o manejo agrícola e causa lentidão e retardo na regeneração da vegetação natural. Além disso, algumas práticas na agricultura estabelecidas na região cearense incluem o desmatamento total e as queimadas que além de destruir a cobertura vegetal, prejudicam a manutenção das populações da fauna silvestre, a qualidade da água e o equilíbrio do clima e do solo e comprometem o próprio sistema produtivo montanhoso onde não são adequadas práticas de agricultura.

No que se refere às ASDs cearenses, os principais resultados mostraram que houve maiores avanços no número de hectares destinados a pastagens naturais, Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais. Por outro lado, houve redução no uso do solo destinado à Matas ou florestas - florestas plantadas e lavouras (Tabela 2). Nota-se que as atividades da pecuária ganharam espaço em detrimento das lavouras. Essa tendência deve ser monitorada dado que a pecuária, especialmente a ovinocaprinopecuária, é uma das causas da desertificação nas ASDs (SCHALDACH et al., 2013). De um modo geral, os resultados obtidos na pesquisa são úteis no acompanhamento das mudanças ocorridas após elaboração do plano estadual de combate à desertificação e na verificação do avanço ou não das condições de uso de solo que favorecem a susceptibilidade à desertificação nessas áreas, o que poderá subsidiar a realização de ajustes nas estratégias estaduais de combate ao fenômeno no Ceará.

Tabela 2 - Comportamento da área dos estabelecimentos agropecuários por tipo de uso do solo nas ASDs do Ceará no período 2006 a 2017

Tipo de Uso do Solo	Taxa de Crescimento Médio Anual
Lavouras - permanentes	-8,7
Lavouras - temporárias	-4,9
Lavouras - área para cultivo de flores	-41,8
Pastagens - naturais	156,8
Pastagens - plantadas em boas condições	-24,5
Pastagens - pastagens plantadas em más condições	19,8
Matas ou florestas - matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	16,2
Matas ou florestas - matas e/ou florestas naturais	13,6
Matas ou florestas - florestas plantadas	-53,1
Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastoreio por animais	51,5

Lâmina d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, de terras degradadas e de terras inaproveitáveis	-7,3
--	------

Fonte: Elaboração própria a partir de dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017 (IBGE).

Nota-se que as atividades da pecuária ganharam espaço em detrimento das lavouras. Essa tendência deve ser monitorada dado que a pecuária, especialmente a ovinocaprinocultura, é uma das causas da desertificação nas ASDs. De um modo geral, os resultados obtidos na pesquisa são úteis no acompanhamento das mudanças ocorridas após elaboração do plano estadual de combate à desertificação e na verificação do avanço ou não das condições de uso de solo que favorecem a susceptibilidade à desertificação nessas áreas, o que poderá subsidiar a realização de ajustes nas estratégias estaduais de combate ao fenômeno no Ceará.

O comportamento dos tipos de uso varia de município para município nas ASDs. Por exemplo:

a) Lavouras permanentes: maior aumento na área utilizada foi em Arneiroz e maior queda em Irauçuba;

b) Pastagens naturais: maior aumento na área utilizada foi em Jaguaretama e maior queda em Irauçuba;

c) Pastagens plantadas degradadas: maior aumento na área utilizada foi em Irauçuba e maior queda em Miraíma;

d) Matas ou florestas matas e/ou florestas naturais: maior aumento na área utilizada foi em Santa Quitéria e maior queda em Arneiroz;

e) Matas ou florestas matas ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal: maior aumento na área utilizada foi em Tauá e maior queda em Canindé;

f) Lâmina d'água, tanques, lagos, açudes, área de águas públicas para aquicultura, de construções, benfeitorias ou caminhos, de terras degradadas e de terras inaproveitáveis: maior aumento na área utilizada foi em Sobral e maior queda em Miraíma.

Como mencionado anteriormente, a sistematização das estratégias de combate à desertificação no Ceará foi feita a partir do que está definido no documento que apresenta o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE. Além disso foram consultados os sites órgãos do governo responsáveis pelas estratégias de combate à desertificação no Ceará. O resultado da pesquisa mostrou que as

estratégias propostas no PAE são, na verdade, ações que já existem e são coordenadas no âmbito dos governos federal, estadual e municipal. (Quadro 1).

Quadro 1 - Alguns resultados exitosos de Políticas, Programas e Projetos

PROGRAMA	ESFERA DO GOVERNO / ÓRGÃO GESTOR	RESULTADOS OBTIDOS
Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura familiar – PAA	Federal / Ministério do Desenvolvimento social e Combate à Fome	Uma ação do Fome Zero. Ao adquirir alimentos da agricultura familiar e os destinar às populações em situação de insegurança alimentar o programa favorece dois segmentos de pobres: os agricultores familiares com dificuldade de inserção no mercado e aqueles que não têm renda suficiente para garantir a alimentação nos padrões nutricionais desejáveis. Em 2006 o Ceará tinha 4.113 agricultores no programa e 939.021 beneficiários. No estado os produtores inseridos no PAA Leite obtiveram um aumento de 15,1% na renda de acordo com dados de 2005.
Programa Nacional de produção e Uso do Biodiesel – PNPB	Federal / Programa interministerial do Governo Federal	Para Ferreira (2008) uma grande parte dos objetivos deste Programa, como a geração de ocupação e renda para a agricultura familiar, está sendo alcançada. No entanto, nem todos os agricultores têm acesso à assistência técnica, que é uma das obrigações dos produtores de biodiesel. A opinião dos agricultores revela que o Programa é uma boa política pública para si e para a agricultura familiar de um modo geral.
Projeto Dom Helder Câmara – PDHC	Federal / Ministério do Desenvolvimento Agrário	Um dos grandes méritos deste projeto é a diversidade de ações envolvidas e os diferentes setores que pode atingir: segurança hídrica e alimentar, educação, formação, organização/beneficiamento e comercialização, serviços financeiros e crédito, ações afirmativas com a juventude, as mulheres e os quilombolas. Esta dinâmica favorece a articulação entre instituições da sociedade civil, representações dos trabalhadores rurais, instituições governamentais.
Bolsa Família / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome	Estadual / Secretaria do Desenvolvimento Agrário	Trata-se de um projeto com potencial impacto sobre o combate à desertificação pois desenvolve ações junto aos agricultores familiares de modo a capacitá-los a adotar tecnologias adequadas e menos agressivas ao meio ambiente contribuindo para a sustentabilidade das atividades econômicas praticadas.
Projeto Mandalla Ceará	Estadual / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	O Projeto Mandalla tem ajudado a resgatar a dignidade humana a partir da geração de oportunidades locais de geração de renda. As ações inseridas no projeto são diversificadas e envolvem cursos de capacitação, desenvolvimento de sistemas de irrigação, estímulo à criação de pequenos e piscicultura entre outras.

Programa 1 Milhão de Cisternas – P1MC	Articulação do Semiárido (ASA)	De acordo com a Articulação do Semiárido – ASA, dados de 2007, “o Programa Um Milhão de Cisternas tem promovido a descentralização das estruturas de abastecimento de água e, conseqüentemente, a democratização desse elemento essencial à vida. Desenvolvido, atualmente, em 1.031 municípios, o P1MC já mobilizou e capacitou mais de 220 mil famílias, provocando mudanças sociais, políticas e econômicas significativas na região semi-árida.” Outros resultados do Programa foi o maior acesso à água e conseqüentemente aumento na qualidade de vida das famílias, redução de doenças veiculadas pela água, preservação do meio ambiente, uma vez que as cisternas não produzem resíduos tóxicos, preservam os lençóis freáticos e reduzem o escoamento superficial, contribuindo assim para evitar a erosão.
P1+2 - Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – Uma Terra e Duas Águas	Articulação do Semiárido (ASA)	Trata-se de um Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido Brasileiro que utiliza tecnologias distintas para a produção de alimentos. Segundo Gnadlinger(2005) a sua relevância ocorre porque busca “assegurar à população rural do Semiárido Brasileiro o acesso à terra e à água, mostrando-a como cuidar da terra de maneira sustentável e produzir sua alimentação”.
Projeto São José	Estadual / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	Segundo Khan et al (2007) o Projeto São José, grosso modo, tem proporcionado melhorias na qualidade de vida da população beneficiada no setor rural, contudo, como se sabe, os recursos do projeto são destinados a famílias muito carentes não só em termos econômicos mas social e cultural. Assim, para que os ganhos deste projeto sejam mais substanciais é necessário o apoio de assistência técnica, extensão rural e políticas concomitantes em outros setores como saúde e educação.
Programa Biodiesel do Ceará	Estadual / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	O programa foi concebido como uma alternativa de emprego e renda para o pequeno produtor. No entanto, alguns problemas como dificuldades de comercialização do produto, preços baixos repassados pelas usinas de biodiesel aos agricultores, baixa aceitação do programa por parte dos agricultores estão dificultando o alcance das metas definidas.
Seguro Safra	Estadual / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	Este programa contribui para minimizar os efeitos das secas na renda dos agricultores, pois oferece uma renda mínima aos agricultores de base familiar, que porventura venham a ter prejuízos de 50% ou mais de suas lavouras prejudicadas pela estiagem. Aspectos burocráticos como a exigência do Número de Identificação Social (NIS) e falta de repasse por algumas prefeituras prejudicaram o alcance do programa entre os pobres.

EIXO DE ATUAÇÃO	AÇÃO / ÓRGÃO GESTOR	ENTRAVES
Educação	Programa de Educação ambiental do Ceará - PEACE / CONPAM – Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente	Baixa qualidade no ensino; Carência de mecanismos de diálogos entre as instituições da área de educação e as demais instituições de outras áreas; Poucos investimentos em educação básica; Infraestrutura deficiente (professores pouco capacitados, condições físicas das escolas públicas, número de escolas).
Geração de Emprego e renda	Inserção Produtiva APLS / Secretaria das Cidades	Baixa cobertura dos programas; Dificuldade de acesso ao crédito; Baixa qualificação da população pobre; Falta de assistência técnica. Tamanho do corpo técnico das instituições oficiais de assistência técnica.
	Projeto Mandalla / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
	Programa Nacional de Geração de Emprego e Renda – PRONAGER / Ministério da Ação nacional e ONU	
	Economia Solidária	
	Microcrédito / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
Agricultura Familiar Sustentável	Distribuição de Sementes Fiscalizadas / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	Padronização de projetos (muitas vezes são implementados projetos prontos elaborados para outras áreas e não adequados para a realidade local); Falta de acompanhamento dos projetos implementados; Dificuldade de gerenciamento dos recursos do crédito; Dificuldade de pagamento do crédito; Má focalização das despesas públicas; Investimentos insuficientes em tecnologia; Atraso e descontinuidade na liberação de recursos; Baixo alcance entre os pobres; Falta de informações referentes aos programas; Deficiências na integração entre mercados e na estrutura de comercialização.
	Programa de Desenvolvimento de Leite Caprino / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
	Práticas Agrícolas de Convivência com o Semiárido Cearense / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
	Programa Biodiesel do Ceará	
	Seguro Safra / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
	Projeto São José / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	
	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF / Ministério do desenvolvimento agrário	
Programa Nacional de produção e Uso do Biodiesel – PNPB / Programa interministerial do Governo Federal		
Segurança Alimentar	Aquisição e Distribuição de leite / Secretaria de Desenvolvimento Agrário	Não enfrentam de forma definitiva as causas da pobreza e da desigualdade; A instabilidade nos preços dos alimentos (pode por em risco a redução nas taxas de pobreza); Falta de instrumentos para avaliação dos programas e monitoramento da aplicação dos recursos; Problemas de focalização (apenas os realmente pobres deveriam ter acesso aos programas); Atraso e descontinuidade na liberação de recursos; Falta de informações referentes aos programas; Atrasos no pagamento aos agricultores.
	Bolsa Família / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome	
	Consórcio de Segurança Alimentar e Desenvolvimento Local / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome e Secretaria de Ação Social	
	Programa de Aquisição de Alimentos – PAA / Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome	

Especificamente as medidas para reduzir os impactos do uso da terra sobre a desertificação ainda são restritas. No entanto, algumas políticas apresentam potencial para minimizar ou conter o avanço do problema. É o caso da Pró-Água Semiárido – Ceará, Programa Estadual de Prevenção, Monitoramento, Controle de Queimadas e Combate aos Incêndios Florestais – PREVINA, Projeto Caatinga Mata Branca, Projeto de Estudos de Áreas Degradadas Suscetíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará entre outros.

Como principais entraves para a implementação de ações para reduzir os impactos do uso da terra destacam-se: Articulação deficiente entre órgãos governamentais na gestão do ordenamento territorial; Ordenamento territorial mal estruturado e com extrema decência nas articulações Inter setoriais e de infraestrutura; Regulação deficiente do uso e ocupação

do solo em face dos modelos de estrutura fundiária preponderantes nas áreas susceptíveis à desertificação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O período 2006-2017 apresentou uma mudança de uso da terra nas ASDs cearenses. Tal mudança aponta uma tendência de substituição de lavouras agrícolas por áreas destinadas a pastagens denotando um aumento da pecuária na região. Considerando-se os impactos ambientais provocados pelo sobrepastejo decorrente da ovinocaprinocultura há que se atentar para o aumento da vulnerabilidade à desertificação decorrente da ação antrópica. Nesse contexto as estratégias de combate ao fenômeno e, conseqüentemente, as propostas elencadas no PAE precisam se ajustar às demandas locais e priorizar ações voltadas para o manejo pecuária.

REFERÊNCIAS

BOWYER, C.; WITHANA, S.; FENN, I.; BASSI, S.; LEWIS, M.; COOPER, T.; BENITO, P.; MUDGAL, S. Land Degradation and Desertification; European Parliament; Policy Department A, Economic and Scientific Policy: Brussels, Belgium, 2009.

BRIASSOULIS, Helen. Combating land degradation and desertification: The land-use planning quandary. *Land*, v. 8, n. 2, p. 27, 2019.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

D' ODORICO, P.; BATTACHAN, A.; DAVIS, K.F.; RAVI, S.; RUNYAN, C.W. Global desertification: Drivers and feedbacks. *Adv. Water Res.* 51, 326–344. 2013.

FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW)—Managing Systems at Risk; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy; Earthscan: London, UK, 2011.

GEIST, H. The Causes and Progression of Desertification; Routledge: London, UK, 2017.

GUIMARÃES, Clécia Cristina Barbosa. Paisagens sertanejas: Uso e cobertura das terras e adequabilidade no sertão central do Ceará. 2013.

IMESON, A. Desertification, Land Degradation and Sustainability; Wiley: London, UK, 2011.

IPCC. **Mudança Climática e Terra**: um relatório especial do IPCC sobre mudança climática, desertificação, degradação da terra, gestão sustentável da terra, segurança alimentar

e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres. 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/>. Acesso em: 30 out. 2021.

KAOSHAN, D.; BERGOT, A.; LIANG, C.; XIANG, W.-N.; HUANG, Z. Environmental issues associated with wind energy—A review. *Renew. Energy*, 75, 911–921. 2015.

LOW, P.S. (Ed.) *Economic and Social Impacts of Desertification, Land Degradation and Drought*. White Paper I. UNCCD 2nd Scientific Conference; Prepared with the Contributions of an International Group of Scientists. 2013.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: Histórico e Perspectivas**. Brasília, UNESCO, 2001.

MEA. *Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis; Millennium Ecosystem Assessment*; World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2005.

OLIVEIRA, M. R. R.; ALMEIDA, E. L.; TEIXEIRA, A. S. Uso do ndvi como subsídio a análise supervisionada na comparação entre paisagens nas asd's cearenses. **3º Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido**, Fortaleza, 2017. Disponível em: <<https://sbrns2017.blogspot.com.br/p/anais-do-iii-sbrns-2017.html>> Acesso em: 18 Março 2020.

ONU, Diálogo de alto nível sobre desertificação, degradação do solo e seca. **Convenção de Combate à Desertificação**. 2021. Disponível em: <https://www.unccd.int/high-level-dialogue-desertification-land-degradation-and-drought>. Acesso em: 23 nov. 2021.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÓCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica. *Parc. Estrat., Brasília-DF*, v.17, n.34, p.87-106, 2012.

REYNOLDS, J.F.; STAFFORD-SMITH, M. *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Dahlem University Press: Berlin, Germany, 2002.

RODRIGUES, Cecília Barreto. Propensão socioeconômica à desertificação e gestão ambiental nos municípios do semiárido brasileiro. Monografia submetida ao curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Ceará. 2016.

SAMPAIO, E. V. S. B. et al. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

SCHALDACH, Rüdiger et al. Model-based analysis of the environmental impacts of grazing management on Eastern Mediterranean ecosystems in Jordan. **Journal of environmental management**, v. 127, p. S84-S95, 2013.

UNITED NATIONS. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*; Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015; A/RES/70/1; 4th Plenary Meeting; United Nations: New York, NY, USA, 2015.



INDICADORES DA VULNERABILIDADE ÀS SECAS NOS MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Marcio Regys Rabelo de Oliveira

Universidade Federal do Ceará – CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5311139689364283>

Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

Universidade Federal do Ceará – CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7172491133426747>

Francisco Casimiro Filho

Universidade Federal do Ceará – CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0056442134381836>

Daiane Felix Santiago Mesquita

Universidade Federal do Ceará – CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6889923681561091>

Everton Nogueira Silva

Universidade Estadual do Ceará – CE

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1111762467064798>

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

28/07/2022

Aceito em:

30/07/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Semiárido

Vulnerabilidade

Indicadores

Secas

RESUMO

Este estudo analisa a vulnerabilidade às secas no Semiárido Brasileiro (SAB) a partir das seguintes reflexões: a pobreza, no sentido de restrição de renda, é um fator chave na definição da vulnerabilidade local? A vulnerabilidade se distribui de forma homogênea na região? Crescimento econômico e participação popular em processos decisórios contribuem para reduzir o problema? A análise de componentes principais mostrou que a falta de infraestrutura básica e a baixa qualificação da população explicam melhor a vulnerabilidade local que a pobreza. Usando um índice agregado como *proxy* de vulnerabilidade para cada município do SAB, foi possível identificar diferenças espaciais significativas nos níveis de vulnerabilidade.

INDICATORS OF VULNERABILITY TO DROUGHTS IN THE MUNICIPALITIES OF THE BRAZILIAN SEMI-ARID

ABSTRACT

This study analyzes the vulnerability to droughts in the Brazilian Semi-arid Region (SAB) from the following reflections: is poverty, in the sense of income restriction, a key factor in defining local vulnerability? Is vulnerability evenly distributed in the region? Do economic growth and popular participation in decision-making

Keywords:

Semi-arid

Vulnerability

Indicators

Droughts

contribute to reduce the problem? The principal components analysis showed that the lack of basic infrastructure and the low qualification of the population better explain local vulnerability than poverty. Using an aggregate index as a vulnerability proxy for each SAB municipality, it was possible to identify significant spatial differences in vulnerability levels.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de mudanças climáticas, as projeções para as áreas semiáridas são pessimistas. Estudos apontam que as secas irão se intensificar e se tornar mais frequentes levando à escassez de alimentos e pondo em risco a segurança alimentar de milhões de pessoas (IPCC, 2021). Durante a seca ocorrida entre 2012 e 2017, 48 milhões de pessoas sofreram os efeitos das secas, não apenas na Região Nordeste, mas também em áreas das regiões Sudeste e Centro Oeste, que não eram comumente afetadas por secas” (ANA, 2019).

O Semiárido Brasileiro (SAB), será uma das regiões mais afetadas, em especial a zona rural, com previsão de secas mais frequentes e duradouras e elevação da temperatura entre 2 a 5°C até o final do Século XXI. Espera-se, ainda, o empobrecimento dos solos, perda de biodiversidade, redução na recarga de aquíferos e regiões inabitáveis, além da queda na produção das culturas agrícolas (MARENGO *et al.*, 2020; PARSONS *et al.*, 2019). Os impactos da concretização de tais projeções são preocupantes, haja vista que o SAB é um dos mais populosos do mundo (AB’SABER, 1999; CIRILO *et al.*, 2010). Além disso, é a região com maior proporção de pobres do Brasil (BUAINAIN; GARCIA, 2013). A vulnerabilidade às secas há anos vem sendo tratada como um dos fatores mais demandantes de atenção por parte dos governantes que atuam no SAB.

Quanto às estratégias do governo federal para a redução da vulnerabilidade às secas no SAB é necessário destacar dois pontos. O primeiro deles, referente à adoção de uma delimitação geográfica para a região, com base em critérios estritamente climáticos: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; ii) índice de aridez de até 0,5 calculado, pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a

evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; iii) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. De acordo com a Resolução nº 150, de 13 de dezembro de 2021, o município que apresentar pelo menos um dos três critérios é inserido no SAB (BRASIL, 2021). Este é o caso de 1427 municípios, distribuídos em dez estados brasileiros, sendo oito deles inseridos na região nordeste. Ao adotar essa delimitação o governo tem como objetivo direcionar políticas específicas para a região. No entanto, o SAB apresenta uma vasta diversidade cultural, social e econômica não contemplada nos três critérios, ou seja, a delimitação adotada pode inibir a visão de subespaços regionais com demandas diferenciadas. O segundo, referente a uma postura reativa que inicialmente deu ênfase a ações de natureza hidrológica para garantir a oferta de água e, mais recentemente, a ações voltadas para o crescimento econômico e redução de pobreza, via programas de geração de emprego e renda.

As estratégias adotadas pelo governo têm foco em medidas de mitigação (OBERMAIER; ROSA, 2013). Em termos gerais, estão desvinculadas de um processo de desenvolvimento integrado e foram elaboradas a partir de premissas técnicas com pouco estímulo à participação da população em processos de tomada de decisão (CARVALHO, 2004). Uma análise dos indicadores econômicos e sociais entre 2000 e 2010 mostra, de forma incontestada, que os esforços governamentais provocaram mudanças positivas na região. Os impactos das secas foram atenuados (CAMPOS, 2015), embora a insegurança hídrica ainda persista (NASUTI et al., 2013). As estatísticas oficiais apontam que o PIB da região cresceu, cresceu o número de empregos e a pobreza foi reduzida (BUAINAIN GARCIA, 2013). Por outro lado, é possível observar que as intervenções criaram empregos para a população mais pobre, mas não promoveram oportunidades para inserção de mercado, aumento de competitividade ou qualificação. A renda marginal gerada atenuou o sofrimento mas não permitiu a inclusão social da população.

Os dois pontos colocados permitem algumas reflexões. Na perspectiva da vulnerabilidade às secas, pode-se assumir o SAB como uma região homogênea, com base em apenas características climáticas? Ao discutir tal questionamento, pretende-se mostrar como a vulnerabilidade se distribui espacialmente no SAB e chama-se a atenção para equívocos que podem ser cometidos na implementação de políticas públicas regionais que consideram a região como um sistema homogêneo, com características e demandas comuns.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Modelo conceitual da vulnerabilidade às secas no semiárido

Neste estudo adota-se o SAB como o sistema socioecológico a ser avaliado. O estressor é a seca crônica que afeta a região e o ano de referência é 2010, por ser o ano quando ocorreu o último censo demográfico. Dentre as escalas comumente adotadas em estudos dessa natureza optou-se pelo nível municipal por se tratar de uma esfera que permite uma melhor visualização da heterogeneidade regional decorrente da vulnerabilidade climática (DOWNING et al, 1997).

A avaliação da vulnerabilidade deve envolver um quadro conceitual consistente, a partir de indicadores capazes de captar a realidade do sistema em estudo. O uso de indicadores é um procedimento comum nas avaliações de vulnerabilidade, uma vez que permite a descrição das características biofísicas e sociais do sistema socioecológico, refletindo a sua condição quanto à exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (DOWNING; PATWMANDU, 2005). No entanto, os pesquisadores reconhecem a complexidade envolvida nas avaliações a partir dessa abordagem e as incertezas que envolvem tal processo: incertezas epistemológicas de compreensão contextual, incertezas epistemológicas na compreensão da estrutura do modelo e incertezas relacionadas à precisão dos dados (EL-ZEIN; TONMOY, 2015).

Não existe um conjunto universal de indicadores de vulnerabilidade pois trata-se de conceito complexo que varia no tempo e no espaço (ADGER, 2006; ANDERSEN et al. 2014).

No entanto, bons indicadores podem ser selecionados a partir de referenciais teóricos (ADGER et al., 2004) e da identificação de relações funcionais, ou de ambos (NIEMEIJER, 2002; CUTTER et al., 2003). Neste estudo buscou-se captar a capacidade do ambiente natural e da população para lidar com o estresse causado pelas secas recorrentes no SAB e as mudanças impostas pelo fenômeno (VINCENT, 2004). A ênfase foi dada à vulnerabilidade socioeconômica haja vista que as vulnerabilidades associadas às secas estão intrinsecamente associadas com o contexto social onde estas ocorrem (WILHELMI; WILHITE, 2002).

O ponto de partida foi a construção de uma matriz de vulnerabilidade com 1.133 linhas representando os municípios do SAB e 44 colunas representando um conjunto de indicadores pré-selecionados com base nos critérios: fundamentação teórica, cobertura de toda a área de estudo (disponibilidade de dados para os municípios selecionados), fonte de dados confiáveis, simplicidade, facilidade de interpretação e transparência. Além de indicadores com sólida base teórica é importante que análises de vulnerabilidade adotem uma abordagem contextualizada (HINCKEL, 2011; HOLAND;LUJALA, 2012). Assim, também fizeram parte da matriz, indicadores da agropecuária e estrutura fundiária dos municípios, haja vista que a vulnerabilidade no semiárido afeta principalmente os pobres das áreas rurais que têm neste setor a sua principal fonte de sobrevivência.

A matriz foi submetida à análise dos componentes principais (ACP) para seleção dos indicadores com maior grau de relacionamento com os demais e, portanto, mais eficazes em expressar aspectos centrais da vulnerabilidade (RYGEL et al., 2005). Esse procedimento permitiu a definição de um conjunto final de 23 indicadores de vulnerabilidade (Quadro 1).

Quadro 1 – Descrição dos indicadores adotados na composição do Índice de Vulnerabilidade

Medida de vulnerabilidade - (*)	Descrição	Justificativa Empírica - Empirical Justification	Relação funcional	Fundamentação teórica
Proporção da população rural - (1)	Razão entre a população rural e a população total do município (%)	A população rural é dependente das atividades econômicas mais sensíveis às mudanças climáticas (agricultura e pecuária) e, portanto, é mais vulnerável.	+	Cutter et al., (2003); Adger et al., (2004); Vincent (2004); Gbetibou et al., (2010).
Proporção dos domicílios com renda <i>per capita</i> de até 70 reais - (2)	Proporção dos domicílios com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a R\$ 70,00 mensais, em reais de agosto de 2010. Esse valor corresponde à medida de extrema pobreza familiar para o governo brasileiro.	As pessoas pobres são mais vulneráveis às mudanças climáticas porque têm dificuldade de acesso à educação, infraestrutura básica, tecnologia e melhores condições de moradia. Essas privações as tornam mais expostas e lhes conferem baixa capacidade física e financeira para resistir e se adaptar a choques.	+	Yohe e Tol (2002); Cutter et al., (2003); Fothergill e Peek (2004); Vincent (2004); Brooks et al., (2005); Rygel et al., (2005); Brouwer et al., (2007); Gbetibou et al., (2010); Ward e Shively (2012); Andersen e Cardona (2013); Andersen et al., (2014).
Renda <i>per capita</i> - (1)	Razão entre o somatório da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos. Valores em reais de 01/agosto de 2010.		-	
Proporção de pobres - (1)	Proporção dos indivíduos com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a R\$ 140,00 mensais, em reais de agosto de 2010 (%).		+	
Proporção da população sem rendimento (pessoas com 18 anos ou mais) - (1)	Razão entre o número de pessoas de 18 anos ou mais de idade ocupadas e sem rendimento do trabalho e o número total de pessoas ocupadas nessa faixa etária multiplicado por 100 (%).		+	
Taxa de alfabetização (pessoas acima de 5 anos alfabetizadas) - (2)	Razão entre a população de 5 anos ou mais de idade que sabe ler e escrever um bilhete simples, e o total de pessoas nesta faixa etária multiplicado por 100 (%).	Maiores níveis de instrução favorecem o acesso às informações e aumentam a capacidade de assimilar e criar estratégias para lidar com choques. Pessoas com baixa baixa escolaridade estão mais propensas à condição de pobreza e, geralmente, estão mais propensas a ter menor expressão junto aos tomadores de decisão.	-	Haan et al., (2001); Moss et al., (2001); Cutter et al., (2003); Adger et al., (2004); O'Brien et al., (2004); Brooks et al., (2005); Briguglio et al., (2009); Gbetibou et al., (2010); Bates et al., (2014); Angeon e Bates (2015).
Taxa de analfabetismo (pessoas com 15 anos ou mais) - (1)	Razão entre a população de 15 anos ou mais de idade que não sabe ler nem escrever um bilhete simples e o total de pessoas nesta faixa etária multiplicado por 100 (%).	+		
Razão de dependência - (1)	Razão entre o número de pessoas com 14 anos ou menos e de 65 anos ou mais de idade (população dependente) e o número de pessoas com idade de 15 a	Crianças e idosos estão entre os grupos mais vulneráveis da população, pois apresentam-se mais expostos ao perigo e com menor capacidade de enfrentamento. Uma elevada razão de dependência	+	Moss et al., (2001); Vincent (2004); Brooks et al., (2005); Hahn et al., (2009); Wiréhn et al., (2015).

	64 anos (população potencialmente ativa) multiplicado por 100.	se traduz em elevados custos sociais e maior número de pessoas vulneráveis.		
Índice de Gini - (1)	Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar <i>per capita</i> .	Menor desigualdade de renda está associada a ganhos educacionais, maior acesso à infraestrutura, melhores condições de saúde e, assim, menor vulnerabilidade.	+	Moss et al., (2001); Yohe e Tol 2002; Cutter et al., (2003); Adger et al., (2004); Tol et al., (2004); Brooks et al., (2005); Brouwer et al., (2007); Bates et al., (2014).
Esperança de vida ao nascer - (1)	Número médio de anos que as pessoas deverão viver a partir do nascimento, se permanecerem constantes ao longo da vida o nível e o padrão de mortalidade por idade prevalentes no ano de 2010 (anos).	A expectativa de vida ao nascer é uma <i>proxy</i> adequada dos aspectos de saúde de uma sociedade, pois encontra-se relacionada com boa estrutura de saúde, assistência médica, e qualidade de vida. Avanços nas condições de saúde reduzem a exposição às doenças decorrentes de choques externos e, conseqüentemente a vulnerabilidade.	-	Hahn et al., (2001); Moss et al., (2001); Adger et al., (2004); Brooks et al., (2005); Briguglio et al., (2009).
Taxa de Mortalidade Infantil - crianças até 5 anos de idade - (1)	Probabilidade de morrer entre o nascimento e a idade exata de 5 anos, por 1000 crianças nascidas vivas (%).	Elevadas taxas de mortalidade costumam ocorrer em regiões pobres onde há desnutrição infantil, condições de vida desfavoráveis e maior exposição a doenças, portanto, vulneráveis.	+	Ramachandran e Eastman (1997)
Proporção da população sem acesso à energia elétrica - (1)	1 – (Razão entre a população que vive em domicílios particulares permanentes com iluminação elétrica e a população total residente em domicílios particulares permanentes) multiplicado por 100 (%).	O acesso à infraestrutura básica melhora o bem-estar das famílias e facilita a preparação para desastres. O acesso à energia elétrica proporciona o uso de eletrodomésticos e equipamentos que contribuem para a geração de capital humano e para a execução de atividades geradoras de renda. Portanto, quanto maior a proporção de estabelecimentos sem acesso a esse recurso, maior a vulnerabilidade.	+	Atkins et al., (2000); Adrianto e Matsuda, (2004); Briguglio e Galea (2004); Brouwer et al., (2007); Briguglio et al., (2009).
Proporção da população sem acesso à água encanada - (1)	1 – (Razão entre a população que vive em domicílios particulares permanentes com água canalizada para um ou mais cômodos e a população total residente em domicílios particulares permanentes) multiplicado por 100. A água pode ser proveniente de rede geral, de poço, de nascente ou de reservatório abastecido por água das chuvas ou carro-pipa (%).	Pessoas sem acesso à água encanada apresentam maior risco de enfrentar problemas de falta de abastecimento e de água contaminada, estando, dessa forma, mais vulneráveis.	+	Hahn et al., (2001); Moss et al., (2001); Adger et al., (2004); Brooks et al., (2005); IPCC, (2007); Ward e Shively (2012).
Proporção da população sem acesso à coleta de lixo - (1)	1 – (Razão entre a população que vive em domicílios com coleta de lixo e a população total residente em domicílios particulares permanentes) multiplicado por 100 (%). São considerados apenas os domicílios particulares permanentes localizados em área urbana.	A ausência de coleta de lixo favorece a combinação de poluição das fontes de água com dejetos humanos e facilita a disseminação de doenças. A falta desse serviço em áreas urbanas é responsável por inundações e poluição ambiental.	+	Baud et al., (2001); Henry et al., (2006); Al-Khatib et al., (2007); Lwasa et al., (2009).

Proporção de domicílios sem tratamento de esgoto (2)	1 – (Razão entre os domicílios urbanos que possuem tratamento de esgoto e o total de domicílios urbanos) multiplicado por 100 (%).	A falta de infraestrutura de saneamento está associada à proliferação de doenças. Quanto maior o número de domicílios sem esgotamento sanitário, maior a vulnerabilidade.	+	Adger et al., (2004); Brouwer et al., (2007); Sullivan e Meigh (2005); Ward e Shively (2012).
Proporção da população ocupada no setor agropecuário - 18 anos ou mais - (1)	Razão entre o número de pessoas de 18 anos ou mais de idade ocupadas no setor agropecuário e o número total de pessoas ocupadas nessa faixa etária.	Elevado nível de emprego na agricultura demonstra maior número de pessoas dependentes das condições climáticas, especialmente das chuvas. Valores elevados deste indicador podem ser interpretados como ausência de atividades alternativas e baixa diversificação da economia.	+	Cutter et al., (2003); Adger et al., (2004); O'Brien et al., (2004); Andersen et al., (2014); Wiréhn et al., (2015).
Participação do valor adicionado bruto a preços correntes da agricultura e pecuária no valor adicionado bruto a preços correntes total - (2)	Razão entre o valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária e o valor adicionado bruto a preços correntes total (%).	Este indicador mostra a dependência econômica da região em relação às atividades agrícolas e pecuárias, as quais dependem de recursos naturais como terra e água mais susceptíveis às mudanças climáticas. Quanto maior essa dependência, maior a vulnerabilidade.	+	Cutter et al., (2003); Tol et al., (2004); Thornton et al., (2008); Simelton et al., (2009); Gbetibouo et al., (2010); Angeon e Bates (2015).
Proporção de estabelecimentos agropecuários nos quais o produtor não é o proprietário da terra - (3)	Razão entre o número de estabelecimentos agropecuários nos quais o produtor não é o proprietário da terra e o número de estabelecimentos agropecuários (%).	A posse da terra está associada à maior segurança e estabilidade da renda. Aqueles que não são proprietários do seu estabelecimento são mais vulneráveis à perda de emprego além de terem menor liberdade para adoção de medidas de mitigação das mudanças climáticas.	+	Liverman (1990); Brooks et al., (2005); Brouwer et al (2007); Gbetibouo et al., (2010).
Proporção da área dos estabelecimentos agropecuários ocupada por propriedades com 1000 ou mais ha - (3)	Razão entre a área dos estabelecimentos agropecuários ocupada por propriedades com 1000 ou mais ha e a área total de estabelecimentos agropecuários (%).	Grandes latifúndios contribuem para a concentração fundiária gerando o aumento da desigualdade no acesso à terra e a redução dos meios de sobrevivência dos agricultores pobres. A concentração de terras em grandes propriedades aumenta, assim, a vulnerabilidade.	+	Ravera et al., (2014).
Efetivo de caprinos / área estabelecimentos agropecuários - (3)	Razão entre o número total de caprinos e a área total de estabelecimentos agropecuários (caprinos/ha).	A pecuária em áreas pobres apresenta-se como uma alternativa de renda para famílias pobres, especialmente a criação de ovinos e caprinos. Nessa perspectiva pode-se pensar que a presença desses rebanhos reduzem a vulnerabilidade.	+/-	Ramachandran e Eastman (1997); Leichenko e O'Brien (2002); Fields (2005); Steinfeld et al., (2006); Thornton et al., (2008); Gill et al., (2010)
Efetivo de ovinos / área estabelecimentos agropecuários - (3)	Razão entre o número total de ovinos e a área total de estabelecimentos agropecuários (ovinos/ha).	Por outro lado, o manejo desses rebanhos costuma ocorrer de forma extensiva sem que a capacidade de suporte dos ecossistemas seja respeitada e resultando na sobre-exploração dos recursos naturais, degradação e compactação do solo e perda	+/-	

		da biodiversidade. Além disso, áreas antes plantadas com alimentos estão sendo substituídas por pastagens. Por fim, a pecuária contribui diretamente para emissões de gases que contribuem para aumentar o efeito estufa antropogénico global. Nesse contexto, há uma relação direta entre a criação de ovinos e caprinos e a vulnerabilidade.		
Proporção da área municipal destinada a lavouras permanentes e temporárias - (3)	Razão entre área municipal destinada a lavouras permanentes e temporárias e a área total do município (%).	Grande parcela da área municipal destinada às lavouras é um indicativo de dependência da agricultura e dos recursos naturais como terra e água, o que denota maior dependência das condições climáticas e, assim, maior vulnerabilidade. Além disso, é um indicador indireto da pressão antrópica sobre os recursos naturais.	+	Moss et al., (2001); Wiréhn et al., (2015).
Índice de aridez (4)	Razão entre precipitação média e evapotranspiração média.	Regiões áridas e semiáridas são as mais susceptíveis ao aumento da temperatura sendo, portanto, mais vulneráveis às mudanças climáticas.	+	IPCC (2007); Guillaumont e Simonet (2011).

Nota: (*) – Número correspondente à fonte do indicador. (1) - PNUD - Atlas do Desenvolvimento Humano dos Municípios - http://www.pnud.org.br/IDH/Default.aspx?indiceAccordion=1&li=li_AtlasMunicipios – Ano 2010; (2) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Censo Demográfico. <http://www.sidra.ibge.gov.br> – Ano 2010; (3) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística– Censo Agropecuário. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=CA&z=t&o=11> – Ano 2006; (4) - Os dados de precipitação referem-se ao período de 1971 a 2000 oriundos dos núcleos estaduais de meteorologia e recursos hídricos de cada estado inserido no semiárido. Os dados meteorológicos (temperatura, umidade, velocidade do vento, insolação e pressão atmosférica na superfície) para o cálculo da evapotranspiração potencial para o período de 1971 a 2000 foram oriundos das estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) dos estados do Nordeste e norte de Minas Gerais. A evapotranspiração potencial foi calculada usando método FAO Penman-Monteith (<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e06.htm#fao%20penman%20monteith%20equation>).



Após a definição dos indicadores procedeu-se a uma nova análise dos componentes principais, que permitiu a identificação dos principais fatores de vulnerabilidade no semiárido. O método varimax foi utilizado para garantir maior independência entre os componentes extraídos (CUTTER et al., 2003).

2.2 Índice de vulnerabilidade

Com o propósito de tornar possível a comparação dos níveis de vulnerabilidade entre os municípios estudados, optou-se pela construção de um índice agregado: Índice de Vulnerabilidade (IV). Índices agregados de vulnerabilidade se apresentam como ferramenta incontestavelmente útil na atribuição de prioridades de financiamentos e intervenções nos processos de tomada de decisão no âmbito municipal, pois são capazes de captar as multidimensões do conceito (TONMOY; EL-ZEIN, 2013) e gerar informações não visíveis (EYLES; FURGAL, 2002). No entanto, existem ressalvas quanto ao uso de índices de vulnerabilidade. Sabe-se que um índice será mais confiável se calculado com base em critérios como comparabilidade entre regiões, simplicidade, abrangência, parcimônia e transparência, métodos sólidos de ponderação e agregação, acurácia, utilidade em processos de decisão e facilidade de replicação (ANGEON; BATES, 2015). O procedimento adotado no cálculo do IV buscou adotar esses critérios.

Dentre as técnicas disponíveis, a construção do IV envolveu o método aditivo de agregação, sendo os pesos determinados a partir da análise de componentes principais - ACP (GUILLAUMONT; SIMONET, 2011). A equação adotada:

$$IV_j = \sum_{i=1}^n w_i f_{ij} \quad (1)$$

IV_j = Índice de Vulnerabilidade do j -ésimo município

w_i = peso atribuído ao i -ésimo componente principal (w_i = percentual da variância explicada pelo componente i / percentual da variância explicada por todos os fatores. Os componentes principais em questão são aqueles referidos no final da seção 3.1).

f_{ij} = escore fatorial do i -ésimo componente para j -ésimo município

$i = 1, \dots, n$ (componentes principais)

$j = 1, \dots, 1133$ (municípios do semiárido)

Os índices de vulnerabilidade dos municípios foram padronizados pelo método Min-Max, para expressar os valores obtidos em uma escala entre 0 (menor vulnerabilidade) e 1 (maior vulnerabilidade) (BRIGUGLIO et al., 2009):

$$IV_{sj} = \frac{IV_j - IV_{min}}{IV_{max} - IV_{min}} \quad (2)$$

Sendo IV_{sj} índice de vulnerabilidade padronizado para o município j , IV_j índice de vulnerabilidade no município j , IV_{min} índice de vulnerabilidade mínimo e IV_{max} índice de vulnerabilidade máximo.

O IV varia entre 0 e 1. Assim, quanto mais próximo de 1, maior a vulnerabilidade às secas no município. Ao contrário, municípios com IV próximos a 0, são menos vulneráveis. O IV é uma medida relativa. Nesse caso, não mede a intensidade ou gravidade da vulnerabilidade, mas possibilita ordenar os municípios segundo sua maior ou menor vulnerabilidade relativa. Assim, o fato de um município apresentar baixo índice não significa que tenha baixa vulnerabilidade, mas apenas que a sua vulnerabilidade é menor em relação a determinados municípios que compõem o semiárido. De forma análoga, elevado valor de IV, não deve ser interpretado como alta vulnerabilidade, embora essa situação não seja descartada.

Após a construção do IV, foi realizada análise de agrupamento hierárquica pelo método k-médias com o objetivo de agrupar os municípios em classes diferentes umas das outras. Optou-se por três classes: i) municípios menos vulneráveis, ii) municípios com níveis intermediários de vulnerabilidade e iii) municípios mais vulneráveis. A opção prévia por três classes, apesar de arbitrária, é aceita no contexto da pesquisa. No caso de confirmação de diferenças estatisticamente significativas entre as classes, admite-se que há evidências para aceitar que o SAB não é uma região homogênea quanto à vulnerabilidade às secas.

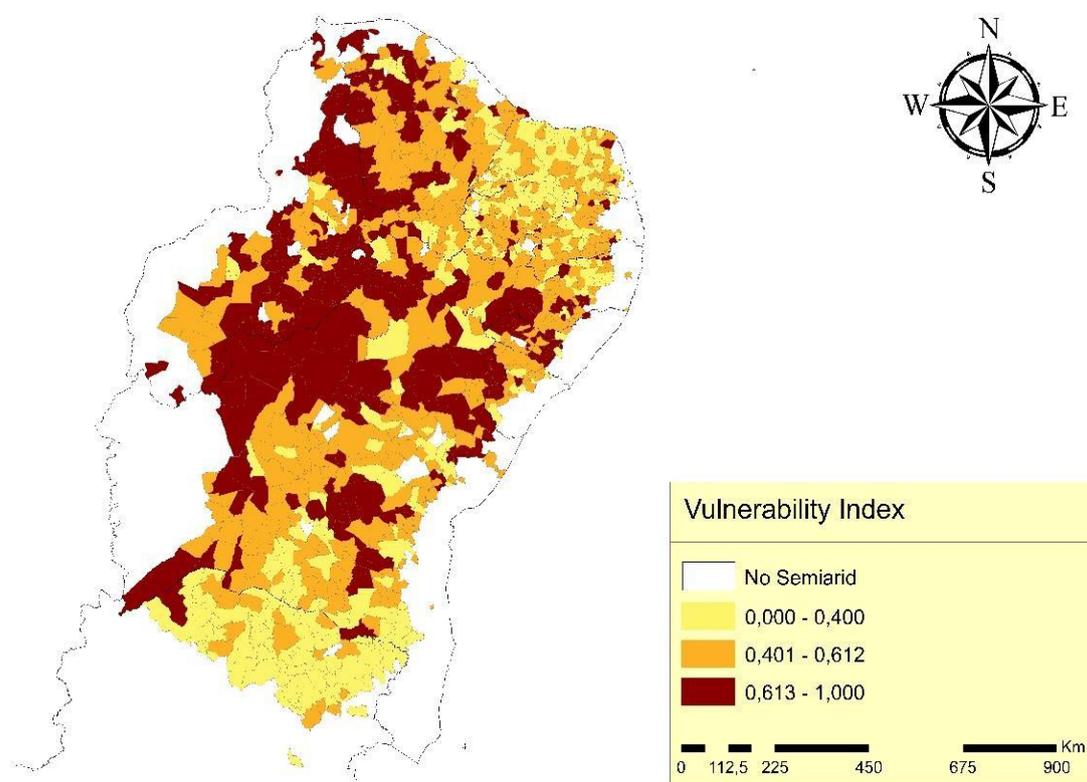
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em áreas consideradas vulneráveis existem grupos mais e menos vulneráveis (KASPERSON et al 2005; BARNETT et al., 2008; TONMOY; EL-ZEIN, 2013). Os resultados obtidos a partir da construção do índice permitiu percepções de que existem regiões e grupos de pessoas pobres, mas também são identificadas áreas em que há prosperidade, onde os períodos de seca não provocam perdas significativas na agricultura e

pecuária, por exemplo. O mapeamento dessas áreas permitirá avançar na avaliação da vulnerabilidade no SAB e será fundamental para a definição de alternativas de gestão (PRESTON et al., 2011).

A agregação dos fatores de vulnerabilidade no IV sintetiza o problema. Optou-se pela definição de três classes de vulnerabilidade, definidas pelos seguintes intervalos: i) municípios menos vulneráveis: $0,000 \leq IV \leq 0,400$ (IV médio = 0,300), ii) municípios com níveis intermediários de vulnerabilidade: $0,401 \leq IV \leq 0,612$ (IV médio = 0,504) e iii) municípios mais vulneráveis: $0,613 \leq IV \leq 1,000$ (IV médio = 0,722), conforme resultado da análise de agrupamento. A comparação dos valores médios do IV de cada classe, por meio da ANOVA seguida do teste de Scheffe (*post hoc*), mostrou diferenças estatisticamente significantes em todas elas, o que permite assumir a existência de sub-espacos onde a vulnerabilidade se manifesta de forma diferenciada (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da vulnerabilidade no semiárido brasileiro



A análise do valor médio dos indicadores de vulnerabilidade em cada classe, não traz elementos surpreendentes (Tabela 1). Os dados apontam a carência de acesso a serviços básicos, baixo capital humano, pobreza, concentração de terras. No entanto, cada indicador se manifesta de forma variada dependendo do lugar (BORUFF et al., 2005). Os municípios com níveis mais elevados de vulnerabilidade (classe $0,613 \leq IV \leq 1,000$), obviamente, estão em situação mais crítica e se diferenciam significativamente dos demais na maioria dos aspectos examinados. Dois fatores chamam maior atenção nessa classe: a população é predominantemente rural e a maior parte dos empregos encontra-se na agricultura. Essa combinação é consistente com os relatos de que a maior vulnerabilidade no SAB se encontra em áreas rurais, as quais são mais sensíveis às mudanças climáticas porque os pequenos produtores são pobres e cultivam, principalmente, as lavouras de subsistência milho, mandioca e feijão, produzidas em sistema de sequeiro, totalmente dependente da água das chuvas.

Tabela 1 - Análise comparativa dos valores médios dos indicadores de vulnerabilidade, por classe de município (2010).

Indicadores de Vulnerabilidade	Classes			Estatística F ANOVA
	$0,000 \leq VI \leq 0,400$	$0,401 \leq VI \leq 0,612$	$0,613 \leq VI \leq 1,000$	
Proporção da população rural	35,09 (a)	47,21 (b)	61,06 (c)	211,52*
Proporção da população sem acesso à energia elétrica	2,04 (a)	3,17 (b)	8,41 (c)	101,44*
Proporção da população sem acesso à água encanada	25,00 (a)	34,7 (b)	47,11 (c)	125,18*
Proporção da população sem acesso à coleta de lixo	30,69 (a)	42,4 (b)	56,57 (c)	223,07*
Proporção de domicílios sem tratamento de esgoto	6,86 (a)	12,77 (b)	23,99 (c)	291,91*
Taxa de alfabetização (pessoas acima de 5 anos alfabetizadas)	76,3 (a)	72,68 (b)	69,4 (c)	150,67*
Razão de dependência	52,73 (a)	56,52 (b)	59,84 (c)	142,43*
Taxa de analfabetismo (pessoas com 15 anos ou mais)	23,27 (a)	27,73 (b)	31,08 (c)	135,95*
Proporção da população ocupada no setor agropecuário - 18 anos ou mais	33,18 (a)	44,21 (b)	53,75 (c)	190,10*
Proporção dos domicílios com renda <i>per capita</i> de até 70 reais	13,31 (a)	19,47 (b)	27,17 (c)	409,45*
Renda <i>per capita</i>	196,47 (a)	160,87 (b)	132,11 (c)	266,61*
Proporção de pobres	32,17 (a)	41,05 (b)	50,89 (c)	204,29*
Proporção da população sem rendimento (pessoas com 18 anos ou mais)	4,67 (a)	5,32 (b)	7,28 (c)	70,09*
Esperança de vida ao nascer	71,58 (a)	70,37 (b)	69,56 (c)	126,57*
Taxa de Mortalidade Infantil - crianças até 5 anos de idade	24,64 (a)	28,42 (b)	31,42 (c)	126,82
Efetivo de caprinos / área estabelecimentos agropecuários	0,10 (a)	0,15 (b)	0,24 (c)	26,51*
Efetivo de ovinos / área estabelecimentos agropecuários	0,13 (a)	0,18 (b)	0,26 (c)	37,15*
Índice de aridez	0,36 (a)	0,48 (b)	0,5 (c)	50,00*
Proporção da área municipal destinada a lavouras permanentes e temporárias	7,74 (a)	12,3 (b)	12,98 (b)	16,00*
Participação do valor adicionado bruto a preços correntes da agricultura e pecuária no valor adicionado bruto a preços correntes total	10,29 (a)	13,5 (b)	16,6 (c)	46,07*
Proporção da área dos estabelecimentos agropecuários ocupada por propriedades com 1000 ou mais ha	8,46 (a)	7,82 (b)	11,41 (c)	5,02*
Índice de Gini	0,5 (a)	0,52 (b)	0,54 (c)	78,92*

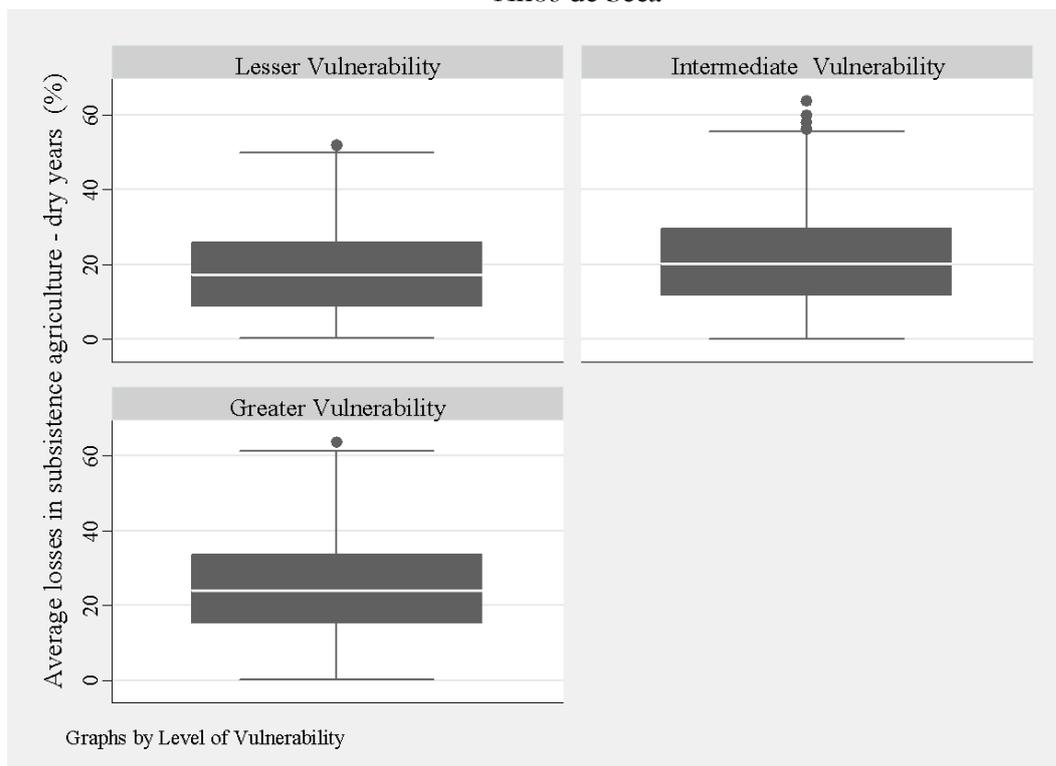
Proporção de estabelecimentos agropecuários nos quais o produtor não é o proprietário da terra	21,21(a)	27,65 (b)	30,68(b)	23,70*
Índice de Vulnerabilidade	0,300 (a)	0,504 (b)	0,722 (c)	2432,09*
Número de Municípios	327	522	284	

* Médias diferentes ao nível de significância de 1%. Letras (a),(b),(c): médias seguidas de letras iguais, são estatisticamente iguais, segundo teste de Scheffe (vível de significância de 5%).

Conforme o mapeamento, a vulnerabilidade tende a ser maior à medida que o município se afasta da costa em direção ao centro do SAB. No entanto, as maiores secas costumam ocorrer na porção norte do SAB (MARENGO et al., 2011). Essa distribuição sugere que as áreas mais vulneráveis não necessariamente apresentam as secas mais intensas, mas são as que sofrem maior impacto.

Essa é uma associação plausível, haja vista que existe uma relação positiva e significativa entre o nível de vulnerabilidade e a perda percentual média na agricultura de subsistência em decorrência da seca. As secas provocam perdas significativamente maiores na agricultura de subsistência nas áreas escuras do mapa, as mais vulneráveis (Figura 2). Isso pode ocorrer porque nessas áreas há uma maior dependência da agricultura e as condições socioeconômicas são relativamente piores, o que reduz a criação de mecanismos de proteção. Assim, pode-se inferir que a melhoria nos indicadores de vulnerabilidade pode agir como um “tampão” (buffer) capaz de absorver os impactos das secas (SIMELTON et al., 2009).

Figura 2 - Correlação: Vulnerabilidade x perdas médias na agricultura de subsistência—Anos de Seca



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os argumentos apresentados permitem assumir que o SAB não é uma região homogênea quanto à distribuição da vulnerabilidade às secas. A condição de semiaridez e a exposição às secas recorrentes não impedem, por exemplo, a existência de pólos irrigados com produção voltada para grandes mercados internacionais. Essa evidência auxilia na compreensão de que a redução da vulnerabilidade às secas no SAB perpassa pela necessidade de olhar a região a partir de subespaços que ultrapassam suas características climáticas e possuem demandas específicas.

É importante fazer referência às dificuldades metodológicas que enfrentadas na elaboração do artigo. Apesar do rigor pretendido na construção de um índice robusto de vulnerabilidade, duas limitações presentes no IV devem ser explicitadas. A primeira delas referente a não inclusão de indicadores tecnológicos, de capital social e de governança os quais são comprovadamente relevantes na mensuração da vulnerabilidade. Porém, tais indicadores não estão disponíveis em uma base municipal e, portanto, não foram incluídos no estudo. A segunda, quanto à pressuposição de que os municípios estão igualmente vulneráveis aos fatores identificados. Tal pressuposição leva a assumir, por exemplo, que uma determinada característica socioeconômico da região é o principal fator de vulnerabilidade em todos os municípios do semiárido o que, na prática, pode não ser real. É perfeitamente possível a existência de municípios onde a pobreza ainda seja a principal responsável pela vulnerabilidade local ou, ainda, municípios mais afetados pela baixa qualificação da população. Diante da falta de boas alternativas para remediar tais limitações e considerando-se que as mesmas não são suficientes para invalidar a análise acredita-se que os resultados apresentados auxiliam na compreensão da vulnerabilidade às secas no SAB.

Como desdobramentos a serem realizados a partir deste estudo, nós sugerimos o uso de séries temporais a fim de captar a dinâmica da vulnerabilidade na região e uma análise mais aprofundada das condições de cada componente principal em cada subespaço identificado.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. *Estudos avançados*, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
- ADGER, W. N. Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281. 2006
- ADGER, W. N., BROOKS, N., BENTHAM, G., AGNEW, M., ERIKSEN, S. *New indicators of vulnerability and adaptive capacity* (Vol. 122). Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research. 2004
- ADRIANTO, L., MATSUDA, Y. Study on assessing economic vulnerability of small island regions. *Environment, Development and Sustainability*, 6, 317–336. 2004.
- AL-KHATIB, I. A., ARAFAT, H. A., BASHEER, T., SHAWAHNEH, H., SALAHAT, A., EID, J., ALI, W. Trends and problems of solid waste management in developing countries: A case study in seven Palestinian districts. *Waste Management*, 27(12), 1910-1919. 2007.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil** ., 2019. p. 49. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>
- ANDERSEN, L. E.; M. CARDONA “Building Resilience against Adverse Shocks: What are the determinants of vulnerability and resilience?” Development Research Working Paper Series No. 02/2013, Institute for Advanced Development Studies, La Paz, Bolivia, June. 2013.
- ANDERSEN, L. E., VERNER, D., & WIEBELT, M. *Gender and Climate Change in Latin America: An analysis of vulnerability, adaptation and resilience based on household surveys* (No. 08/2014). Development Research Working Paper Series. 2014.
- ANGEON, V., BATES, S. Reviewing Composite Vulnerability and Resilience Indexes: A Sustainable Approach and Application. *World Development*, 72, 140-162. 2015.
- ATKINS, J. P., MAZZI, S. A., EASTER, C. D. Commonwealth vulnerability index for developing countries: The position of small states. Economic paper series 40. London: Commonwealth Secretariat. 2000.
- BARNETT, J., LAMBERT, S., FRY, I. The hazards of indicators: insights from the environmental vulnerability index. *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1), 102-119. 2008.
- BRASIL, Ministério de Integração Nacional; Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. 2005. *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Semi-Árido*. Versão para Discussão. Brasília. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=347a66e5-2e91-49b7-9bd5-5762d4ae3e02&groupId=24915. Acesso em 24 maio 2015.

- BRASIL. Resolução nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Aprova a proposição n. 151/2021, que trata do Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021. **Resolução Condel/Sudene nº 150, de 13 de dezembro de 2021.** 246. ed. Diário Oficial [da] União, BRASÍLIA, DF, 30 dez. 2021. v. 2, Seção 1, p. 52.
- BRASILEIRO, Robson S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. *Scientia Plena*, v. 5, n. 5, 2009.
- BRIGUGLIO, L., GALEA, W. Updating and augmenting the economic vulnerability index. *Occasional Reports on Islands and Small States*, (2004/4). 2003.
- BRIGUGLIO, L., CORDINA, G., FARRUGIA, N., VELLA, S. Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements. *Oxford Development Studies*, 37(3), 229-247. 2009.
- BROOKS, N., Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Working Paper 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK. 2003.
- BUAINAIN, Antônio Márcio;GARCIA, Junior Ruiz« Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas », *Confins* [Online], 19 | 2013, posto online no dia 12 Novembro 2013, consultado o 25 Janeiro 2015. URL : <http://confins.revues.org/8633> ; DOI : 10.4000/confins.8633. 2013.
- CAMPOS, J. N. B. Paradigms and Public Policies on Drought in Northeast Brazil: A Historical Perspective. *Environmental management*, 1-12. 2015.
- CARVALHO, L. D. A emergência da lógica da “convivência com o Semi-Árido” e a construção de uma Nova Territorialidade. *RESAB. Secretaria Executiva. Educação para a Convivência com o Semi-Árido: Reflexões teórico-práticas. Juazeiro: Secretaria Executiva da Rede de Educação do Semi-Árido Brasileiro.* 2004.
- CASTRO, Anna Maria de. **Fome, Um Tema Proibido.** São Paulo: Civilização Brasileira. 2003.
- CIRILO, José Almir et al A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. *Águas do Brasil: análises estratégicas. Instituto de Botânica, São Paulo.* 2010.
- CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W, Lynn, Social vulnerability to environmental hazards*, *Social science quarterly*, v, 84, n, 2, p, 242-261, 2003.
- DOWNING, T.; PATWARDHAN, A. “Assessing vulnerability for climate adaptation”. United Nations Development Programme, *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*, Cambridge University Press, New York, New York, [http://www.undp.org/gef/undpgef_publications/publications/apf_technical_paper03.pdf]. 2005.
- DOWNING, TE; RINGIUS, L; HULME, M, D WAUGHWAY. Adapting to climate change in Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 2* : 19-44. 1997.
- EL-ZEIN, Abbas; TONMOY, Fahim N. Assessment of vulnerability to climate change using a multi-criteria outranking approach with application to heat stress in Sydney. *Ecological Indicators*, v. 48, p. 207-217, 2015.

- EYLES, JOHN, CHRIS FURGAL. Indicators in environmental health: identifying and selecting common sets. *Canadian Journal of Public Health* 93 (S1):S62-67. 2002.
- FIELDS, S., Why Africa's climate change burden is greater. *Environmental Health Perspectives* 113, A534–A537. 2005.
- FOTHERGILL, A. PEEK, L.A.: 'Poverty and disasters in the United States: A review of recent sociological findings', *Natural Hazards* 32, 89–110. 2004.
- GBETIBOUO, G.A., RINGLER, C., HASSAN, R., Vulnerability of the South African farming sector to climate change and variability: an indicator approach. *Nat.Resour. Forum* 34 (3), 175-187. 2010.
- GILL, M., SMITH, P., WILKINSON, J. M. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. *animal*, 4(03), 323-333. 2010.
- GOMES, G, M, Velhas secas em novos sertões : continuidade e mudanças na economia do semi-árido e dos cerrados nordestinos, Brasília: Ipea, 2001.
- GUILLAUMONT, P., SIMONET, C. Designing an index of structural vulnerability to climate change. *FERDI-Fondation pour les études et recherches sur le Développement International, France*, 42. 2011.
- HAAN, N., FARMER, G., WHEELER, R., Chronic vulnerability to food insecurity in Kenya—2001 a WFP pilot study for improving vulnerability analysis. World Food Programme. http://www.wfp.org/operations/vam/country_experience/kenya_vam/index.asp, accessed 22 November 2004. 2001.
- HAHN, M. B., RIEDERER, A. M., FOSTER, S. O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74-88. 2009.
- HINKEI J. “Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change* 21:198–208. 2011.
- IPCC - Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021.
- IPCC, 2007. *Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge
- KASPERSON, R. E., ARCHER, E. R. Vulnerable Peoples and Places. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group*, 1, 143. 2005.
- LEICHENKO, R.M., O'BRIEN, K.L., The dynamics of rural vulnerability to global change: the case of Southern Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7: 1–18. 2002.

LEME, Taciana Neto. OS MUNICÍPIOS EA POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 2, n. 35, 25-52. 2011.

LIVERMAN, D.M., Vulnerability to global environmental change. In: *Environmental Risks and Hazards* [Cutter, S. (ed.)]. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, pp. 326–342. 1990.

LWASA, S., TENYWA, M., MWANJALOLO, G. M., SENGENDO, H., & PRAIN, G. Enhancing adaptation of poor urban dwellers to the effects of climate variability and change. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 6, No. 33, p. 332002). IOP Publishing. 2009.

MARENGO, Jose A. et al. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 C. **Natural Hazards**, v. 103, n. 2, p. 2589-2611, 2020.

MARENGO, José A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, 2011

MOSS, RH; BRENKERT, AL EL MALONE. *Vulnerability to climate change: a quantitative approach*. Report prepared by the Pacific Northwest National Laboratory, operated by the Battelle Memorial Institute, for the US Department of Energy. 70pp. 2011.

NASUTI, Stéphanie; EIRÓ, Flávio; LINDOSO, Diego. Os Desafios da Agricultura no Semiárido Brasileiro. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 2, p. 276-298, 2013.

O'BRIEN, K., LEICHENKO, R., KELKAR, U., VENEMA, H., AANDAHL, G., TOMPKINS, H., JAVED, A., BHADWAL, S., BARG, S., NYGAARD, L., WEST, J.. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environ. Change Part A* 14, 303–313. 2004.

OBERMAIER, M., ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estudos Avançados*, 27(78), 155-176. 2013.

PARSONS, David J. et al. Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of drought. **Agricultural systems**, v. 173, p. 119-129, 2019.

PRESTON, B., SMITH, T.F., BROOKE, C., GORDDARD, R., MEASHAM, T.G., WITHYCOMBE, G., BEVERIDGE, B., MORRISON, C., MCLNNE, K., ABBS, D., 2008. Mapping Climate Change Vulnerability in Sydney Coastal Council Group, Report available at <http://www.csiro.au/resources/SydneyClimateChangeCoastalVulnerability.html> 2008.

Ramachandran, M. and Eastman, J.R.: 1997, 'Applications of GIS to vulnerability mapping: A west African food security case study', in *Applications of Geographic Information Systems (GIS) Technology in Environmental Risk Assessment and Management*, UNEP and the Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis.

RAVERA, F., TARRASÓN, D., SICILIANO, G. Rural change and multidimensional analysis of farm's vulnerability: a case study in a protected area of semi-arid northern Nicaragua. *Environment, development and sustainability*, 16(4), 873-901. 2014.

RYGEL, L., O'SULLIVAN, D., YARNAL, B. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(3), 741-764. 2006.

SIMELTON, E., et al., Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socioeconomic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961–2001). *Environ. Sci. Policy*. 2009.

STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M., HAAN, C. D. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006.

SULLIVAN, C., MEIGH, J. Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index. *Water science & technology*, 51(5), 69-78. 2005.

THORNTON, P.K., JONES, P.G., OWIYO, T., KRUSKA, R.L., HERRERO, M., ORINDI, V., BHADWAL, S., KRISTJANSON, P., NOTENBAERT, A., BEKELE, N., OMOLO, A., Climate change and poverty in Africa: mapping hotspots of vulnerability. *Afr. J. Agric. Resour. Econ.* 2 (1), 21. 2008.

TOL, R. S., DOWNING, T. E., KUIK, O. J., SMITH, J. B. Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*, 14(3), 259-272. 2004.

TONMOY, F.N., EL-ZEIN, A., Assessment of vulnerability to climate change using indicators: methodological challenges. In: Dincer, I., Colpan, C.O. (Eds.), *Causes, Impacts, and Solutions to Global Warming*. Springer, New York, pp. 143–156. 2013.

VINCENT, Katharine. Creating an index of social vulnerability to climate change in Africa. Working Paper, 56, August 2004. Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research. 2004.

WILHELMI, O. V., WILHITE, D. A. Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25(1), 37-58. 2002.

WIRÉHN, L., DANIELSSON, Å., NESET, T. S. S. Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *Journal of environmental management*, 156, 70-80. 2015.

YOHE, G., TOL, R. S. Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12(1), 25-40. 2002.



“NÃO OLHE PARA CIMA”: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS AVANÇOS DA EDUCAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NOS ÚLTIMOS VINTE ANOS

Jefferson Antonio Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5340406400152972>.

Cintia Raianny Carneiro

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5041155864192209>.

Taynara Rabelo Costa

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9982-9094>.

Informações sobre o

artigo:

Recebido em:

28/07/2022

Aceito em:

30/07/2022

Data de publicação:

04/11/2022

Palavras-chave:

Educação ambiental

Educação para

Desenvolvimento

Sustentável

Sustentabilidade

RESUMO

Este artigo descreve os avanços sobre o tema da educação ambiental nas escolas nos últimos 20 anos, através de uma revisão sistemática da literatura que explora o papel da educação como um instrumento de transformação tanto para reduzir os efeitos antropogênicos do desenvolvimento moderno sobre o meio ambiente quanto para mitigar e reduzir os impactos das mudanças climáticas. A análise exploratória de 22 artigos mostra resultados relevantes da educação ambiental que avaliam desde aspectos ligados às atitudes e comportamentos dos indivíduos envolvidos em projetos de educação para o desenvolvimento sustentável, até os diferenciais de idade e gênero. Assim, este trabalho traz uma contribuição nesse sentido de viabilizar um melhor entendimento através da compilação de resultados que são viabilizados por meio da educação ambiental, que tem se mostrado útil no discurso da gestão de risco e amenização de impactos de desastres em diferentes partes do mundo.

“DON’T LOOK UP”: A SYSTEMATIC REVIEW ABOUT THE ADVANCES OF EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE LAST TWENTY YEARS

ABSTRACT

This article describes the advances on the subject of environmental education in schools in the last 20 years, through a systematic review of the literature that explores the role of education as an instrument of transformation both to reduce the anthropogenic effects of modern development on the environment environment

Keywords:

Environmental Education
Education for Sustainable
Development
Sustainability

and to mitigate and reduce the impacts of climate change. The exploratory analysis of 22 articles shows relevant results of environmental education that assess aspects related to attitudes and behaviors of individuals involved in education projects for sustainable development, to age and gender differences. Thus, this work makes a contribution towards enabling a better understanding through the compilation of results that are made possible through environmental education, which has been shown to be useful in the discourse of risk management and disaster impact mitigation in different parts of the world.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é uma questão alarmante no planeta. As principais razões por trás do problema são a revolução industrial, crescimento populacional e, principalmente, o modo como essa população utiliza e explora os recursos naturais que estão disponíveis, bem como os padrões de consumo e modos de vida. Atualmente, a falta de educação adequada, conscientização, conhecimento e abordagem das pessoas em relação ao meio ambiente degrada a natureza e seus recursos. Há uma necessidade imediata para desenvolver um forte sistema de educação ambiental que seja eficaz para fornecer uma capacidade de resposta humana em relação à forma como se utilizam os recursos naturais para a sustentabilidade e segurança ambiental.

A educação para a sustentabilidade emergiu e evoluiu de origens marginais para reivindicar a necessidade e indicar a possibilidade de uma mudança fundamental em nossa visão coletiva dos propósitos e da natureza da educação e da aprendizagem – uma mudança que, se efetivada, é fundamental para a qualidade de vida das gerações futuras. No entanto, é claro que uma mudança tão profunda não é de forma alguma garantida. É inegável que houve um progresso na educação ambiental e de sustentabilidade nas últimas três décadas, mas esse debate ainda é limitado por um certo grau de concentração entre cientistas e outros intelectuais em detrimento do restante da população.

O objetivo deste trabalho, desse modo, é analisar a produção científica sobre a educação ambiental nas escolas nos últimos vinte anos. A metodologia consiste em uma análise exploratória baseada em uma revisão sistemática da literatura feita nas bases de dados da Scielo, Scopus, Web of Science, Portal de Periódicos da CAPES e Google Scholar. O trabalho está subdividido em cinco seções, incluindo essa breve introdução. A segunda seção

faz uma revisão da literatura sobre o tema da educação para o desenvolvimento sustentável. A terceira seção detalha os procedimentos metodológicos da revisão sistemática e da análise de dados. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa e na quinta e última seção são feitas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A proteção e melhoria do ambiente humano é uma questão importante que afeta o bem-estar das pessoas e o desenvolvimento econômico em todo o mundo. É o desejo premente de todos os seres humanos do mundo inteiro e o dever de todos os governos. Nesse aspecto, insere-se a noção de desenvolvimento sustentável que, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), pode ser definido como fornecer todas as facilidades aos seres humanos para promover a sustentabilidade futura, bem como atender a todas as facilidades no futuro sem comprometer a necessidade do presente. Os desenvolvimentos socioeconômicos e ambientais são os principais setores a serem abordados no âmbito da sustentabilidade, conforme discutido na cúpula Rio +20 para atingir as metas do desenvolvimento sustentável (ONU, 2015).

Algumas atividades resultantes da ação humana incluem o mau uso e a sobreexploração de recursos naturais, sendo assim, responsáveis por um modelo de desenvolvimento e de atividades econômicas insustentáveis. Nesse sentido, diferentes instituições e organizações mundiais estão de acordo com as políticas de restrições para atividades econômicas, redução de emissão de gases poluentes e mudanças nos padrões de consumo da população para atingir os objetivos do desenvolvimento sustentável. As estratégias ambientais se concentram principalmente em fornecer alívio aos cidadãos contra problemas sociais e econômicos, contudo, dependem de um certo grau de conscientização da população que depende em grande medida de como as informações sobre os potenciais impactos da degradação ambiental podem influenciar nos ecossistemas e nas condições de saúde e no bem-estar das populações atuais e futuras (HART, 1997).

O desenvolvimento sustentável, necessariamente, implica na necessidade da educação ambiental para promover modelos de desenvolvimento (SAUVÉ, 1996). Essa necessidade se deve aos desafios à sobrevivência e prosperidade humana decorrentes da escassez e falta de recursos naturais necessários, da deterioração do estado ecológico do meio ambiente, das mudanças climáticas. A educação para a sustentabilidade é um conceito amplo

onde o paradigma socioeconômico ganha mais importância em relação ao paradigma ecológico de sustentabilidade (KOPNINA, 2014).

A educação ambiental é um instrumento que incentiva as pessoas por meio da conscientização e do desenvolvimento de habilidades, além de ensinar as pessoas a conviver com o meio ambiente rumo à sustentabilidade. Diversas modalidades como as formas tradicionais e não tradicionais de ensino estruturam pilares para a transmissão da educação ambiental e tais sistemas de ensino de técnicas objetivam direta e indiretamente estimular todos os seres humanos em relação às questões ambientais. Sob tais estudos, as pessoas obtêm mais informações sobre o meio ambiente, além de cuidarem de sua saúde ambiental (JACOBSON; McDUFF; MONROE, 2015).

A educação ambiental deve permitir que as pessoas compreendam e respondam aos processos ambientais. Portanto, as pessoas devem possuir conhecimento ambiental e sociopolítico, o que implica uma compreensão dos aspectos políticos, culturais e sociais do meio ambiente, uma compreensão dos problemas ambientais e a presença de habilidades cognitivas. Em outras palavras, a educação ambiental é a base para perceber a capacidade das pessoas de analisar, sintetizar e avaliar fatos e dados. Com base nisso, é possível formar o comportamento ambientalmente responsável das pessoas (VOLK; McBETH, 1998). Isso é consistente tanto com as perspectivas teóricas bem-sucedidas da educação (FREIRE, 2000) quanto da ecologia (VOLK; McBETH, 1998). Freire (2000, p. 58), nesse sentido, afirma que “a educação, não podendo jamais ser neutra, tanto pode estar a serviço da decisão, da transformação do mundo, da inserção crítica nele (...)”.

Nesse cenário, cabe ressaltar aspectos comuns da educação ambiental com a noção de educação democrática de Dewey (1916), que se traduz em uma prática com a necessidade constante de reformulação à medida que os indivíduos compartilham de espaços impregnados de privilégios que se reformulam e se reforçam continuamente. Por parte dos educadores, nesse sentido, exige-se que a natureza da liberdade na educação seja repensada, em um modelo de educação verdadeiramente progressiva que leva em conta a arte de pensar primeiro, onde a educação é capaz fornecer a base intelectual para o autocontrole e engajamento dos indivíduos para além do desejo e da reação pessoais, em vez de reagir impulsivamente aos estímulos sociais (DEWEY, 1938). Contudo, quando os indivíduos se mostram incapazes de ler tanto as palavras quanto o mundo e as coisas que os cercam, a educação democrática torna-se quase inalcançável (FREIRE; MACEDO, 1987).

Hoje, a educação ambiental na prática mundial é uma atividade pedagógica intencional e sistemática, cujo objetivo é o desenvolvimento da educação ambiental e da cultura ambiental de crianças e adultos. A educação ambiental é um processo que visa o desenvolvimento de uma população mundial consciente e preocupada com todo o meio ambiente e seus problemas associados e que tenha conhecimento, atitudes, motivação, comprometimento e habilidades para trabalhar individual e coletivamente em busca de soluções para os problemas atuais e a prevenção de novos (UNESCO, 1996). A educação ambiental, apoiada por Crohn e Birbaum (2010), existe há mais de 50 anos e tem contribuído para a sustentabilidade ambiental ao disseminar informações para a construção de habilidades. A avaliação da educação ambiental sugere que ela é bastante precária, apesar de várias décadas de atenção à sua importância e a disciplina de avaliação tem um curto histórico de educação ambiental (LIU; GUO, 2018).

Por outro lado, a educação ambiental é apenas um meio e não um fim. É claro, existe uma ligação muito forte entre a divulgação científica e a educação ambiental. Existem experiências internacionais isoladas de projetos abrangentes de formação de professores voltados para a educação ambiental e desenvolvimento sustentável que são considerados exitosos, como por exemplo, o México. Esses projetos podem incluir oficinas de capacitação, seminários, congressos, fóruns e educação a distância. Ao mesmo tempo, as iniciativas podem vir acompanhadas de novas unidades de ensino e livros didáticos incluindo tópicos sobre biodiversidade, poluição e desmatamento. As estratégias para aumentar a conscientização podem, ainda, incluir campanhas na mídia, mensagens por meio de programas de rádio para jovens, teatro e música, conferências, comemorações do dia do meio ambiente e outros eventos e programas dentro e fora da escola que podem complementar os currículos formais e fortalecer significativamente o aprendizado (PAREDES-CHI; ALVA, 2017; 2020).

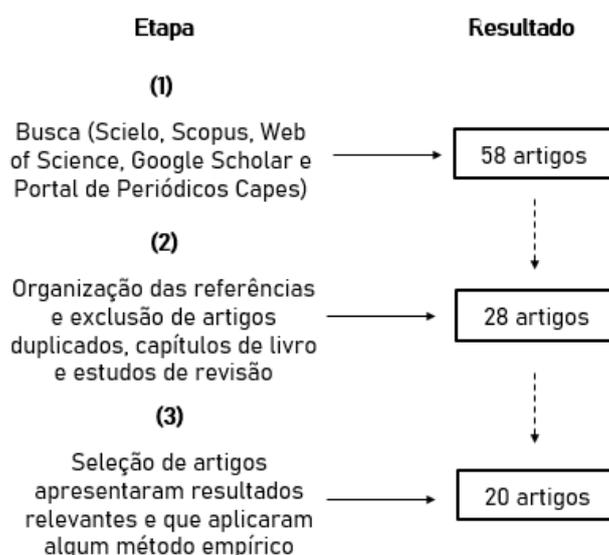
3 METODOLOGIA

Esse trabalho trata-se de uma análise exploratória da literatura sobre a educação para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, as pesquisas foram realizadas entre os dias 14 e 24 de agosto de 2022, usando as bases de dados da Scielo, Scopus, Web of Science, Portal de Periódicos da CAPES e Google Scholar, além das listas de referência de artigos relevantes e revisões. A pesquisa foi limitada aos últimos 20 anos, o que corresponde ao período de 2012 a 2022. Como critério inicial, estabeleceu-se que os artigos deveriam estar

publicados em periódicos de circulação internacional, além da utilização de métodos reconhecidos pela literatura empírica e que apresentassem no título ou no resumo uma das seguintes palavras e expressões: “*environmental education*” AND “*rural*” OR “*education sustainability*” AND “*rural*” OR “*education for sustainable development*” AND “*rural*”. Nessa primeira etapa, ou seja, as buscas nas plataformas supracitadas resultaram em um total de 58 artigos, conforme é ilustrado na Figura 1.

Na segunda etapa, foram excluídos os artigos duplicados, os que se tratavam de capítulos de livros e artigos de revisão sistemática, além de trabalhos que não faziam parte da temática abordada. Essa etapa foi cumprida através da organização dos artigos no formato de referência, em que além da observação dos títulos dos artigos os mesmos podem ser classificados como artigos que foram publicados em periódicos científicos, de revisão e aqueles que são capítulos de livro. A opção em manter apenas os artigos publicados em periódicos científicos é justificável de modo que estes são submetidos a um processo avaliativo mais rigoroso, muitas vezes avaliado por pares, o que garante uma maior confiabilidade dos resultados. Nesta etapa foram mantidos 28 artigos.

Figura 1 - Etapas da revisão sistemática da produção científica dos últimos 20 anos sobre a educação para o desenvolvimento sustentável



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na terceira e última etapa foram analisados os abstracts dos artigos para que fossem mantidos apenas os artigos que apresentam resultados relevantes e que aplicam algum método empírico reconhecido, resultando em um total de 20 artigos. Por fim, a análise dos resultados é feita através de uma tabulação dos dados, que dizem respeito aos estudos com os seus principais resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, observa-se que um conjunto de artigos avaliou como a educação ambiental pode contribuir para uma sensibilização da população envolvida em projetos específicos de educação para o desenvolvimento sustentável, por meio da sensibilização e reconhecimento da gravidade dos problemas ambientais e como essa maior conscientização pode ser convertida em mudanças de comportamentos e atitudes (KEMMIS; MUTTON, 2012; AMINRAD, 2013; DYTRTOVA; NEMEJC, 2018). Aminrad (2013) mostra que existe uma relação fraca entre conscientização e conhecimento sobre questões ambientais e alta relação observada entre conscientização e atitudes entre os entrevistados entre estudantes do ensino médio em uma cidade da Malásia. A educação ambiental, nesse sentido, pode ajudar na resolução dos problemas ambientais (KOPNINA, 2012).

Líce e Reihmane (2015) mostram que os indivíduos compreendem a essência da educação para o desenvolvimento sustentável e demonstram compreensão sobre as suas responsabilidades e a necessidade de preservar o meio ambiente. Entretanto, essa percepção dos indivíduos quanto à necessidade de preservar o meio ambiente e de uma mudança de paradigma precisa ser convertida em atitudes e comportamentos, em que o modo de produção e consumo da sociedade, bem como a lógica da acumulação capitalista não podem se sobrepor ao meio ambiente.

Nesse aspecto, outros estudos avaliaram o impacto da educação ambiental nas atitudes ambientais dos alunos, consciência e intenção de agir (PAVLOVA, 2013; BERGMAN, 2016; GENÇ, 2015; PAUW et al, 2015; PHANG et al, 2016; ALIMAN, 2019). Bergman (2016), nesse sentido, mostra que os anos de experiência em educação ambiental aumentam a apreciação ambiental e as intenções de aprendizagem e comportamento

ambiental. Aliman (2019), por sua vez, observa que a educação ambiental por meio de um modelo de aprendizagem denominado *Earthcomm* envolvendo alunos do ensino médio na cidade de Malang, na Indonésia, tem uma influência significativa nas mudanças de conhecimentos, atitudes, comportamentos e habilidades na resolução de problemas ambientais em alunos do ensino médio. O trabalho de Genc (2015) soma-se a esses resultados, em que a aprendizagem baseada em projetos teve um efeito positivo nas atitudes ambientais dos alunos.

Tabela 1 - Estudos selecionados sobre a educação para a sustentabilidade e os seus principais resultados para o período de 2012-2022

Estudo	Principais conclusões
Aliman (2019)	A educação ambiental pode ter influência nas mudanças de conhecimentos, atitudes, comportamentos
Aminrad (2013)	Pode existir uma relação fraca entre conscientização e conhecimento sobre questões ambientais
Bergman (2016)	Os anos de experiência em educação ambiental podem melhorar o comportamento ambiental
Bickford et al (2012)	A compreensão da cultura dos sistemas de crenças humanos podem nos ajudar na comunicação científica
Dyrtova e Nemejc (2018)	A realização de um inquérito serviram para inovar os conteúdos da disciplina de educação ambiental
Genc (2015)	A aprendizagem baseada em projetos teve um efeito positivo nas atitudes ambientais dos alunos
Kemmis e Mutton (2012)	A educação para o desenvolvimento sustentável é a construção compartilhada de novos modos de vida
Kopnina e Meijers (2014)	A educação ambiental pode gerar debates inconclusivos sobre os seus objetivos
Kopnina (2012)	A educação pode ajudar na resolução dos problemas ambientais
Kudryavtsev, Stedman e Krasny (2012)	Os programas de educação foram bem-sucedidos em nutrir o significado ecológico do lugar, mas não fortaleceram o vínculo dos alunos com o lugar
Lice e Reihmane (2015)	Os alunos envolvidos na educação ambiental compreendem a sua essência
Liefländer e Bogner (2014)	A educação tem um efeito mais forte nas atitudes ambientais das crianças pequenas
Olsson, Gericke e Rundgren (2016)	As escolas com educação para o desenvolvimento sustentável podem ter um efeito positivo na consciência dos alunos
Olsson e Gericke (2016)	A consciência de sustentabilidade dos estudantes tem uma queda na adolescência
Paredes-Chi e Alva (2020)	A educação ambiental pode ser orientada por professores não especialistas
Pavlova (2013)	As políticas de educação ambiental estão associadas aos objetivos educacionais transformadores
Pauw et al (2015)	A educação para o desenvolvimento sustentável pode melhorar a consciência de sustentabilidade
Phang et al (2016)	Um projeto de educação ambiental aumentou as práticas de baixo carbono
Stevenson et al (2013)	O ensino médio é o momento crucial para influenciar o letramento ambiental

Liefländer e Bogner (2014) observaram que a educação tem um impacto nas atitudes ambientais das pessoas envolvidas em projetos de educação ambiental. O estudo revelou, ainda, que os alunos mais jovens eram mais responsivos em relação às mudanças de atitude positiva do que os alunos mais velhos, enquanto os sexos foram igualmente influenciados. Os autores concluem que a educação tem um efeito mais forte nas atitudes ambientais das crianças pequenas (LIEFLÄNDER; BOGNER, 2014).

Olsson, Gericke e Rundgren (2016) descobriram que as escolas que adotaram um modelo de educação voltada para o desenvolvimento sustentável tiveram um pequeno efeito positivo na consciência de sustentabilidade dos alunos, enquanto no 9º ano o efeito foi negativo. Olsson e Gericke (2016), desse modo, sinalizam que a consciência de sustentabilidade dos estudantes suecos mergulha na adolescência, indicando fortemente a necessidade de modificar a educação para a sustentabilidade para adolescentes. Stevenson et al (2013), nesse sentido, argumentam que o ensino médio é o momento ideal para influenciar o letramento ambiental, à medida que a melhora na conscientização é geralmente observada nas idades mais jovens e é mais lenta entre os alunos mais velhos.

Zheng et al (2020) mostraram que a educação ambiental pode auxiliar no desenvolvimento sustentável do turismo rural doméstico e cultivar o letramento ambiental e comportamentos ambientais responsáveis dos cidadãos. Kudryavtsev, Stedman e Krasny (2012), por outro lado, investigaram o impacto dos programas de educação ambiental urbana. O estudo mostrou que os programas de educação – que envolveram estudantes urbanos do ensino médio em gestão ambiental, recreação, desenvolvimento de habilidades ambientais e monitoramento ambiental no Bronx – foram bem-sucedidos em nutrir o significado ecológico do lugar, mas não fortaleceram o vínculo dos alunos com o lugar (KUDRYAVTSEV; STEDMAN; KRASNY, 2012).

Por fim, como aponta a Tabela 1, há estudos que mostraram que a comunicação científica desempenha um papel importante para a conservação da biodiversidade e para que um modelo de desenvolvimento mais sustentável seja alcançado (BICKFORD et al, 2012; McBRIDE et al, 2013; KOPNINA; MEIJERS, 2014). Para Bickford et al (2012), a compreensão da cultura dos sistemas de crenças humanos podem nos ajudar na comunicação científica e ajudar na conservação da fauna e da flora e um modelo que considere uma melhor utilização dos recursos naturais. Contudo, a educação ambiental pode gerar debates

inconclusivos sobre os objetivos da educação para o desenvolvimento sustentável (KOPNINA; MEIJERS, 2014). Isso é possível, principalmente, em ambientes onde a educação ambiental era orientada por professores não especialistas e estava mais voltada aos cuidados com o ambiente ao invés de atitudes e comportamentos ambientais (PAREDES-CHI; ALVA, 2020).

5 CONCLUSÕES

Esse trabalho investigou os principais avanços nos últimos vinte anos de produção científica que trata da educação ambiental nas escolas. Um aspecto relevante da educação para o desenvolvimento sustentável é a difusão do conhecimento científico. Em todos os casos exemplificados acima, há uma vertente de divulgação do conhecimento científico por outros meios e, ao mesmo tempo, de sensibilização para as questões ambientais. Em geral, tanto nos arranjos formais quanto informais de educação, na comunicação sobre a definição e ciência, caracterização, política e defesa das mudanças climáticas, existe uma lacuna sobre como fazer isso de maneira definida e convincente. Como seria de esperar de qualquer problema difuso, mas real, existem muitos equívocos, mitos e abordagens isoladas e fragmentadas em todo o debate sobre as mudanças climáticas.

Nesse cenário, as ideias de Dewey sobre educação e democracia tornam-se cada vez mais relevantes em um contexto que se constitui como a era da pós-verdade, em que os acontecimentos e a ciência são menos importantes do que as crenças e emoções pessoais para a formação da opinião pública. Nesse sentido, a democracia tem perdido sua força frente ao cenário da mídia moderna onde criaram-se oportunidades para que haja uma proliferação de informações em grande quantidade e em menor intervalo de tempo, inclusive as chamadas Fake News. Esse fato coloca à prova a capacidade de educar os indivíduos na perspectiva de Dewey (1916), tornando-os capazes de pensar criticamente o mundo (WILSON, 2022). Do contrário, estaremos condenados à lógica do “*Don’t Look Up*” que, embora trata-se de uma ficção, não está tão distante da realidade, em que as pessoas podem preferir acreditar em informações equivocadas para guiar as suas ações ao invés de enxergar a ciência.

Contudo, a educação pode ser reconhecida tanto como disseminadora do conhecimento quanto como um grande equalizador das desigualdades. Portanto, a educação não deve pressupor que há igualdade entre os alunos. Isso é de grande importância para repensar a educação ambiental em uma perspectiva democrática, de modo que se presume

que a educação seja um grande equalizador, embora as desigualdades baseadas em classes possam frustrar esses esforços. Esse debate é de extrema relevância para as práticas educativas, sejam elas escolares ou não, formais ou informais, de modo que contribuem para a formulação desse conceito e para estabelecer requisitos necessários à convivência em uma sociedade democrática. Além disso, a depender de como a democracia é entendida e da atuação dos agentes nesse processo, a formação intelectual dos indivíduos pode sofrer variações conforme são distribuídas as liberdades individuais e os direitos sociais (MERCAU, 2022).

Assim, a emergência de planos de ação mais concretos baseados nas reduções de emissões por parte das indústrias e de desmatamento por parte da sociedade como um todo, por exemplo, não tornam a educação ambiental menos importante para o desenvolvimento sustentável. Os desafios aqui apresentados reforçam a necessidade de um conjunto de estratégias que vão desde os acordos e planos de ação mais concretos até uma mudança de paradigma que envolve atitudes, comportamentos e soluções ambientais em que estabelecem-se as bases de um modo de vida mais sustentável. Essa mudança de paradigma, portanto, é fortemente dependente de como a difusão do conhecimento é estabelecida, na qual a educação ambiental desempenha um papel de extrema relevância no que se refere ao conhecimento e sensibilização sobre questões e soluções ambientais. Além disso, a educação ambiental é importante para fornecer um melhor entendimento sobre o que são as mudanças climáticas, como estas afetam a nossa saúde e bem-estar e como podemos mitigar seus impactos negativos.

REFERÊNCIAS

ALIMAN, M. et al. Improving environmental awareness of high school students' in Malang City through earthcomm learning in the geography class. **International Journal of Instruction**, v. 12, n. 4, p. 79-94, 2019.

AMINRAD, Z. Relationship between awareness, knowledge and attitudes towards environmental education among secondary school students in Malaysia. **World Appl. Sci. J.**, v. 22, n.9, p. 1326-1333, 2013.

BERGMAN, B. G. Assessing impacts of locally designed environmental education projects on students' environmental attitudes, awareness, and intention to act. **Environ. Educ. Res.**, v. 22, n. 4, p. 480-503, 2016.

BICKFORD, D. et al. Science communication for biodiversity conservation. **Biological Conservation**, v. 151, n. 1, p. 74-76, 2012.

CROHN, K.; BIRBAUM, M. Environmental education evaluation: time to reflect, time for change. **Eval. Program Plan.**, v. 33, p. 155-158, 2010.

DEWEY, J. **Democracy and education: an introduction to the philosophy of education**. MacMillan, 1916.

DEWEY, J. **Experience and education**. MacMillan, 1938.

DYTRTOVA, R.; NEMEJC, K. Evaluation of awareness and implementation of environmental education in teachers of secondary vocational schools. **Rural. Environ. Educ. Personal**, v. 11, p. 66-73, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da Indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. 4a Edição, São Paulo: UNESP, 2000.

FREIRE, P.; MACEDO, D. P. **Literacy: reading the word and the world**. Routledge Kegan Paul, 1987.

GENC, M. The project-based learning approach in environmental education. **Int. Res. Geogr. Environ. Educ.**, v. 24, n. 2, p. 105-117, 2015.

HART, R. A. Children's participation: the theory and practices of involving young citizens in community development and environmental care. In: **Environmental education for sustainable development**. London, UK: Earthscan Publication Ltd., 1997.

JACOBSON, S. K.; McDUFF, M. D.; MONROE, M. C. **Conservation Education and Outreach Techniques**. 2nd Edition. Oxford, UK: Oxford University Press, 2015.

KEMMIS, S.; MUTTON, R. Education for Sustainability (Efs): Practice and practice architectures. **Environ. Educ. Res.**, v. 18, n. 2, p. 187-207, 2012.

KOPNINA, H. Revisiting education for sustainable development (ESD): examining anthropocentric bias through the transition of environmental education to ESD. **Sustain. Dev.**, v. 22, n. 2, p. 73-83, 2014.

KOPNINA, H.; MEIJERS, F. Education for Sustainable Development (ESD): Exploring theoretical and practical challenges. **Int J Sust Higher Educ**, v. 15, n. 2, p. 188-207, 2014.

KOPNINA, H. Education for sustainable development (ESD): The turn away from 'environment' in environmental education? **Environ. Educ. Res.**, v. 18, n. 5, p. 699-717, 2012.

KUDRYAVTSEV, A.; STEDMAN, R. C.; KRASNY, M. E. Sense of place in environmental education. **Environ. Educ. Res.**, v. 18, n. 2, p. 229-250, 2012.

LÍCE, I.; REIHMANE, S. Education for sustainable development at Home Economics. Rural Environment. Education. **Personality**, p. 230-236, 2015.

LIEFLÄNDER, A. K.; BOGNER, F. X. The effects of children's age and sex on acquiring pro-environmental attitudes through environmental education. **The Journal of Environmental Education**, v. 45, n. 2, p. 105-117, 2014.

LIU, S.; GUO, L. Based on environmental education to study the correlation between environmental knowledge and environmental value. **Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.**, v. 14, p. 3311-3319, 2018.

McBRIDE, B. B. et al. Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? **Ecosphere**, v. 4, n. 5, p. 1-20, 2013.

MERCAU, H. H. Democracia criativa e retórica das emoções em John Dewey. **Educ Soc**, v. 43, e252813, 2022.

O'FLAHERTY, J.; LIDDY, M. The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research. **Environ. Educ. Res.**, v. 24, n. 7, p. 1031-1049, 2018.

OLSSON, D.; GERICKE, N.; RUNDGREN, S. N. C. The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools—assessing pupils' sustainability consciousness. **Environ. Educ. Res.**, v. 22, n. 2, p. 176-202, 2016.

OLSSON, D.; GERICKE, N. The adolescent dip in students' sustainability consciousness—Implications for education for sustainable development. **The Journal of Environmental Education**, v. 47, n. 1, p. 35-51, 2016.

PAREDES-CHI, A. A.; ALVA, M. D. V. Environmental education EE policy and content of the contemporary (2009–2017) Mexican national curriculum for primary schools. **Environ. Educ. Res.**, 2017.

PAREDES-CHI, A.; ALVA, M. D. V. Participatory action research (PAR) and environmental education (EE): a Mexican experience with teachers from a primary rural school. **Environ. Educ. Res.**, v. 26, n. 11, p. 1578-1593, 2020.

PAUW, J. B. et al. The effectiveness of education for sustainable development. **Sustainability**, v. 7, n. 11, p. 15693-15717, 2015.

PAVLOVA, M. Towards using transformative education as a benchmark for clarifying differences and similarities between environmental education and education for sustainable development. **Environ. Educ. Res.**, v. 19, n. 5, p. 656-672, 2013.

PHANG, F. A. et al. Iskandar Malaysia Ecolife Challenge: low-carbon education for teachers and students. **Clean Techn Environ Policy**, v. 18, n. 8, p. 2525-2532, 2016.

SAUVÉ, L. Sustainable development: a further appraisal. **Can. J. Environ. Educ.**, v. 1, p. 7-34, 1996.

STERN, M. J.; POWELL, R. B.; HILL, D. Environmental education program evaluation in the new millennium: What do we measure and what have we learned? **Environ. Educ. Res.**, v. 20, n. 5, p. 581-611, 2014.

STEVENSON, K. T. et al. Environmental, institutional, and demographic predictors of environmental literacy among middle school children. **PloS One**, v. 8, n. 3, p. e59519, 2013.

TUCK, E; MCKENZIE, M.; MCCOY, K. Land education: Indigenous, post-colonial, and decolonizing perspectives on place and environmental education research. **Environ. Educ. Res.**, v. 20, n. 1, p. 1-23, 2014.

UN – United Nations. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. Resolution 70/1 adopted by the general assembly on 25 September 2015.

UNESCO. **Education for Sustainable Development**. Paris, France: UNESCO, 1996.

VOLK, T. L.; McBETH, B. **Environmental literacy in the United States: what should be, what is, getting from here to there**. A report funded by the United States Environmental Protection Agency and submitted to the Environmental Education and Training Partnership, North American Association for Environmental Association. Washington, DC: EETAP/NAAEE, 1998.

WILSON, L. C. **Education and democracy: a phenomenological perspective of contemporary social studies curriculum in a post-truth era**. Thesis (PhD on Education). 308p. Georgia: Piedmont University, 2022.

ZHENG, Q. et al. Effects of environmental education and environmental facilities on visitors' environmental literacy-a case of rural tourism. **Revista de Cercetare si Interventie Sociala**, v. 69, 2020.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Mariana Girão Rabelo Amorim

Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Engenharia de Alimentos

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6810107204695238>

Eduarda Maria Farias Silva

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará (UFC) em 2022. Pós-graduada em Gestão, Auditoria e Perícia Ambiental pela UNIBF. Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), em 2018. Fiscal de Licenciamento Ambiental no Consórcio de Desenvolvimento da Região do Sertão Central Sul do Ceará (CODESSUL). Já atuou como professora substituta no Instituto Federal do Ceará (IFCE), campus Limoeiro do Norte.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5941328434386013>

Teresinha de Lisieux Carvalho dos Santos

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPI, advogada (OAB/PI), especialista em Direito Penal e Processual Penal (2012), graduada em Direito (2009). Trabalhou como Agente Censitária Supervisora no Censo Agro 2018 (IBGE). Possui experiência de atuação advocatícia nas áreas de Consumo, Trabalho, Famílias e Penal.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1772517109297127>

Amanda Thayana da Silva Costa

Engenheira Florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia, campus de Capitão Poço/PA. Com experiência na área de educação ambiental, arborização urbana e tecnologia da madeira, com foco em análises anatômicas (macroscópica e microscópica) e física da madeira.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3593259203550812>

Luis de França Camboim Neto

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2002). Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (1995). Especialista em Gestão de Instituições de Ensino Superior (2010). Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Cândido Mendes (2019). Especialista em Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica. Graduado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró (1986). Licenciado em Biologia (Cruzeiro do Sul (2020)). Tenho experiência junto as disciplinas: Estatística Básica, Metodologia Científico, Introdução a Engenharia, Gestão de Resíduos Sólidos, Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Produtividade e Qualidade., Projeto de Pesquisa. Elaboração e Análise de Projetos, Responsabilidade Socioambiental e Fundamentos de Ecologia. Coordenou, 2007-2008, o Curso de Pós-graduação Lato sensu em Gestão Estratégica de Instituições de Ensino Superior ligado à Rede Católica de Ensino Superior do Ceará - RECENS e de 2009 a 2010 na Faculdade Metropolitana de Fortaleza - FAMETRO. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Gestão de Instituições de Ensino Superior (IES), tendo atuado como Professor, Coordenador, Diretor Acadêmico (4 anos), Diretor Geral (1 ano), Diretor Executivo (1 ano). No Grupo Educacional FATENE foi Diretor Executivo (2009), Diretor Acadêmico (2010) Assessor Acadêmico (2011-2014), Ouvidor (2011-2012) e Coordenador da Comissão Própria de Avaliação (CPA) (2011-2013), Membro do Conselho Superior (2009 - 2018), Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão (2009 - 2018) e do Núcleo Docente Estruturante, dos cursos de Engenharia Agrícola e Ambiental, Engenharia de Produção e Engenharia Civil da Fatene Caucaia (2009-2018). Atuou ainda como Assessor Técnico (2011-2014), Presidente do Comitê de Ética (2012-2014). Coordenou o Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (2009-2018) e da Pós-graduação Lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho. Coordenou o Curso de Engenharia de Produção (2014-2017) e Engenharia Civil (2017- 2018). No período de outubro de 2018 a dezembro de 2019 passou a responder como Pesquisador Institucional da Faculdade CEPEP e de março de 2019 a fevereiro de 2020 como Diretor Acadêmico, Professor, Membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE). Experiência como Docente EaD de 2019 a 2021. Membro do Corpo Editora da Editora In Vivo. Revisor da Revista Ciência Agronômica, (ISSN 0045-6888 impresso e 1806-6690 online). Como consultor atua nos seguintes segmentos: Elaboração de Projetos (PDI, Regimento e Projetos de Cursos Técnicos e de Cursos Superiores) e Gestão de IES, Gestão Ambiental, Agricultura Irrigada, Irrigação em Jardinagem

Biotecnologia da água do coco, Engenharia Agrícola, Manejo de Irrigação e Hortifrutigranjeiros.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8798851810906877>

Everton Nogueira Silva

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (2008), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Ateneu (2012), mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (2011) e doutorado em DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE (UFPI/ UFRN/ FUFSE/ UESC-BA) pela Universidade Federal do Ceará (2018). Atualmente é professor no curso técnico de agronegócio do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR/CE); Professor do curso de bacharelado em Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Ceará (UECE) - responsável pelas disciplinas: sociologia e extensão rural, administração e economia das empresas agropecuárias.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1111762467064798>

Marisa Guilherme da Frota

Possui graduação em economia pela Universidade Federal do Ceará (2014) e mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (2018). Atualmente aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ - USP).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8190753784539676>

Daiane Felix Santiago Mesquita

Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia (PPGE/UFU). Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Engenheira Agrônoma também pela Universidade Federal do Ceará (2013). Exerceu a função de bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq (2009-2010), PIBIC/CNPq (2010-2011), PIBIC/ FUNCAP (2011-2012) e PIBIC/UFC (2012-2013), todas as pesquisas na área de Economia Rural. Atuação nas áreas de Desenvolvimento Rural, Políticas Públicas, Agricultura Familiar.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6889923681561091>

Filomena Nádia Rodrigues Bezerra

Doutoranda no curso de Economia Rural pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestra em Economia Rural pelo PPGER/UFC (2016). Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Ceará - UFC, Campus Cariri (2013). Exerceu a função de Professora Substituta no Departamento de Economia Agrícola (DEA), lecionou para os cursos de Agronomia e Engenharia de Pesca, os quais pertencem ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará - UFC (2016). Atuou como Professora Substituta no Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), lecionou para o curso de Agronomia da Universidade Federal do Cariri - UFCA (2017). Atualmente, desempenha função como Pesquisadora no Laboratório do Semiárido (LabSar), que pertence ao Departamento de Economia Agrícola (DEA) da UFC, sob coordenação do Prof. Dr. José de Jesus Sousa Lemos. Desenvolve pesquisas nas áreas de Agronomia e Economia, com ênfase nos seguintes temas: Economia Rural; Desenvolvimento Rural; Mudanças Climáticas na Agricultura; Sustentabilidade Energética e Agronegócio.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0332719484661039>

Ravena Ferreira Vidal

Graduated in Agronomist and Master in Agronomy (Post-Harvest) by the Federal University of Ceará-UFC. PhD in Genetics and Plant Breeding from the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF. From January to September 2020, completed a sandwich doctorate in Plant Breeding at the university of Florida-UF. Experience in education, research and extension activities. Acted as a fellow in research projects at Embrapa Agroindústria Tropical, taught classes at the Universidade do Vale do Jaguaribe and with rural extension at EmaterCe. Actually is Research Scientist at Amway/Nutriline. Mainly in the areas of activity: Plant Breeding, Plant Genetic Resources and Plant Resistance to Diseases.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6400790336107365>

Maria Rosa Dionísio Almeida

Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Regional do Cariri - URCA (2013), mestrado em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2018). Foi professora orientadora da UAB/UECE, fiscal de tributos da PREFEITURA MUNICIPAL DE MAURITI-CE, professora substituta do curso de Economia da Universidade Regional do Cariri (URCA) e doutoranda em Economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8684222298726260>

Tamiris Pereira da Silva

Possui graduação em Agronomia (Universidade Federal do Ceará - UFC - 2013), Mestrado (UFC - 2015) em Agronomia/Fitotecnia (Genética e Melhoramento de Plantas) e Doutorado (UFC - 2019) em Agronomia/Fitotecnia (Genética e Melhoramento de Plantas). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia/Melhoramento Vegetal, atuando principalmente em pesquisas de melhoramento clássico com as culturas do milho e soja.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4492874353049833>

ÍNDICE REMISSIVO

- A**
- Agroindústria, 6, 141
 - Alimentação, 55, 66, 80, 82
 - Antimicrobiano, 17
 - Áreas Rurais, 86
- B**
- Biologia molecular, 65
- C**
- Cactácea, 44
 - Cavalo, 66, 84
 - Compostos, 6, 17, 30, 44, 58, 66, 86, 102, 124
- D**
- Desenvolvimento Sustentável, 39, 89, 124
- E**
- Educação ambiental, 124
 - Estresse hídrico, 30, 34
- F**
- Fermentação, 6, 10, 14
 - Fibras, 44
 - Fitopatologia, 58
- L**
- Levedura, 6
- N**
- Nutrição, 40, 66, 68, 80, 84
- P**
- Panificação, 44
- R**
- Recursos Naturais, 86, 101
- S**
- Semiárido, 30, 88, 89, 91, 99, 101, 102, 103, 120, 122, 141
 - Sustentabilidade, 86, 122, 141
- V**
- Vulnerabilidade, 102, 107, 111, 115, 116, 117



EDITORA

INVIVO

JUNTOS SOMOS +

WWW.EDITORAINVIVO.COM