

● REVISTA

ISSN 2447-598X (Digital)

INOVA

Ciência & Tecnologia

Volume 10 • Jan./Dez., 2024



editora
IFTM



**INSTITUTO
FEDERAL**
Triângulo Mineiro

● REVISTA

INOVA

Ciência & Tecnologia

V. 10 • Jan./Dez., 2024

EXPEDIENTE



REITOR

Dr. Marcelo Ponciano da Silva

VICE-REITORA

Dra. Danielle Freire Paoloni

PRÓ-REITORA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

Dra. Carolina Pimenta Mota - IFTM – IFTM

DIRETOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO

Dr. Ernani Viriato de Melo – IFTM

DIRETORA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL E EVENTOS

Ana Clara Santos Costa

COORDENADORA DA EDITORA IFTM

Dra. Carla Regina Amorim dos Anjos Queiroz

EDITORA CHEFE

Dra. Vanessa Cristina Caron – IFTM

EDITORES ADJUNTOS

Dra. Marina Robles Angelini – IFTM

Dr. Carlos Paula Lemos – IFTM

EDITORES ASSOCIADOS

Dr. Mayker Lazaro Dantas– IFTM

Dr. Arcangelo Loss – UFSC

Dra. Luciana Rodrigues– IFTM

Dr. Geraldo Gonçalves de Lima – IFTM

Dr. Lucas Arantes Pereira – IFTM

REVISÃO DA LÍNGUA INGLESA E PORTUGUESA

Esp. Joyce Gracielle de Sousa Braga – IFTM

Me. Marcelo Sedassari Galvão – IFTM

Dra. Mariângela Castejon – IFTM

NORMALIZAÇÃO

Esp. Márcia Aparecida Bellotti Camborda – IFTM

Esp. Fernanda Faustino Nogueira Nunes – IFTM

SUPORTE TI

Esp. Marcelo Luiz Zago – IFTM

EDITOR DE LAYOUT E DIAGRAMAÇÃO

Bel. Marcos Roberto Capuci Lima - IFTM

Revista Inova Ciência & Tecnologia / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro. V. 10 (2024) – Uberaba: Editora IFTM, 2024.

Publicação em fluxo contínuo.

ISSN 2447-598X (Digital)

Disponível em:

<https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/issue/view/57>

1. Pesquisa. 2. Pesquisa científica. 3. Periódicos. I. Instituto Federal do Triângulo Mineiro

CDD-001.4

● SUMÁRIO

Ciências Humanas - Educação

AS FONTES ESCRITAS E A PRODUÇÃO DA CIÊNCIA: HISTÓRIA, RELEVÂNCIA E IMPACTOS	4
--	---

Ciências Agrárias - Agronomia

PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS E RELAÇÃO COM A COMPACTAÇÃO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR	11
---	----

EFICÁCIA AGRONÔMICA DE <i>PRIESTIA ARYBATHAII</i> E <i>PRIESTIA MEGATERIUM</i> SOBRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA (<i>GLYCINE MAX</i>)	20
--	----

EXTRATO VEGETAL ANTIMICROBIANO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE	30
--	----

EVALUATION OF HALF-SIB MAIZE PROGENIES THROUGH THE RECURRENT SELECTION METHOD	38
--	----

Ciências Agrárias - Ciência e Tecnologia de Alimentos

CHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF SPECIALTY COFFEES MARKETED IN MINAS GERAIS, BRAZIL	46
---	----

AS FONTES ESCRITAS E A PRODUÇÃO DA CIÊNCIA: HISTÓRIA, RELEVÂNCIA E IMPACTOS

Guilherme do Prado Boaventura¹   *Joilsa Fonseca de Oliveira¹*  
Cairo Mohamad Ibrahim Katrib¹   *Valéria Peres Asnis¹*  

1 Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

RESUMO: O artigo examina a evolução das fontes escritas que, desde as primeiras formas de comunicação até os dias atuais, tem influenciado profundamente a produção do conhecimento científico. Ao longo do estudo, é destacado o impacto das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), com ênfase na internet e nas publicações digitais, na transformação dos modos de criação, no consumo e na preservação da informação. Além disso, o artigo explora as principais transformações históricas das fontes escritas, abordando questões importantes como autenticidade, acessibilidade e atualidade das fontes digitais. Também discute as novas oportunidades e desafios que surgem a partir da democratização do acesso ao conhecimento, especialmente no contexto das inovações tecnológicas. Para fundamentar teoricamente a análise, foi adotada uma metodologia de natureza aplicada e exploratória, baseada em levantamentos bibliográficos e documentais. Essa metodologia buscou contextualizar as mudanças ocorridas ao longo do tempo, com especial atenção à adaptação ao ambiente digital. A pesquisa bibliográfica foi realizada em diversos canais de comunicação científica, incluindo artigos científicos, livros, dissertações e teses. Ao final, o estudo conclui que, embora as inovações tecnológicas tenham transformado significativamente as fontes escritas, a precisão, a autenticidade e a relevância da informação continuam sendo fundamentais. Adaptar-se a essas mudanças é vital para garantir a integridade da informação e promover o desenvolvimento educacional e científico.

* Autor correspondente:
guilherme@ufu.br

Recebido: 14/09/2024
Aprovado: 21/11/2024

Como citar: Boaventura, G. do P., Oliveira, J. F. de, Katrib, C. M. I. & Asnis, V. P..AS FONTES ESCRITAS E A PRODUÇÃO DA CIÊNCIA: HISTÓRIA, RELEVÂNCIA E IMPACTOS. Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/workflow/index/1391>

Editores: 
Dr. Vanessa Cristina Caron
Dr. Mayker Lazaro Dantas

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Palavras-chave: Fontes Escritas; Evolução Histórica. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

WRITTEN SOURCES AND THE PRODUCTION OF SCIENCE: HISTORY, RELEVANCE AND IMPACTS

Abstract: This article explores the transformation of written sources with the advent of the internet and digital publications, highlighting how these technologies have changed the creation, consumption and dissemination of information. The analysis considers the historical evolution of written sources, from the earliest forms to the present day, and explores the impact of Information and Communication Technologies on research, science and education. In addition to providing a historical context, the study addresses issues of authenticity, accessibility and timeliness of digital sources, highlighting the opportunities and challenges in preserving knowledge. The methodology used is based on comprehensive bibliographical research, using available printed and digital sources to theoretically support the article. It is concluded that, although physical libraries and archives remain important, digital platforms democratize access to information, transforming the way knowledge is constructed and shared.

Keywords: Written Sources. Historic Evolution. Information and Communication Technologies.



INTRODUÇÃO

Com a ascensão da internet e das publicações digitais, as fontes escritas passaram a ter novas formas e funções nas maneiras de transmitir, processar e registrar a informação de modo a atender diversos fins na construção do conhecimento e na evolução cultural de nossa sociedade.

Nesse contexto digital, não foram alteradas somente a maneira como a informação é criada, mas como ela é consumida, tratada e disseminada.

Cabe destacar que, considerando as possibilidades e facilidades proporcionadas pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), definida por Castells (1999a, p. 49) como “o conjunto convergente de tecnologias em microeletrônica, computação (software e hardware), telecomunicações/ radiodifusão e optoeletrônica”; na busca por informações, é essencial ressaltar a importância do surgimento de novas questões como autenticidade, acessibilidade e atualidade, avaliando sua credibilidade e utilidade na preservação do conhecimento.

Ao mesmo tempo que as bibliotecas e arquivos físicos continuam a desempenhar um papel importante na conservação de documentos históricos e acadêmicos (livros, teses, dissertações, monografias, coleções especiais, etc.), as plataformas digitais possibilitam um grande alcance, contribuindo para uma democratização do acesso à informação.

A discussão será contextualizada historicamente, apresentando uma linha do tempo que percorre desde as primeiras fontes escritas até os dias atuais, além de explorar também o efeito das tecnologias digitais sobre as fontes escritas, pesquisando sobre a disponibilização dos materiais de forma online e as oportunidades que as ferramentas digitais proporcionaram para a pesquisa, ciência e educação.

Diante disso, o presente artigo propõe uma investigação sobre a evolução das fontes escritas e como essas transformações influenciam o desenvolvimento e a preservação do conhecimento científico. A pesquisa busca explorar o impacto das inovações tecnológicas no processo de criação e disseminação da informação, considerando as mudanças ocorridas ao longo do tempo e a adaptação ao cenário digital. Ao analisar os desafios e as oportunidades trazidos por essa nova era, busca-se compreender como a sociedade pode continuar a avançar, mantendo o compromisso com a autenticidade e a precisão da informação.

O estudo se fundamenta em uma pesquisa bibliográfica, utilizando tanto fontes impressas quanto digitais para embasar teoricamente a discussão. Este artigo pretende contribuir para a compreensão dessa transição e suas implicações, fornecendo uma análise detalhada das mudanças ocorridas nas fontes escritas ao longo do tempo e sua adaptação ao contexto digital atual.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, a metodologia utilizada envolveu a pesquisa bibliográfica, valendo-se de livros, artigos e monografias trazendo a fundamentação teórica para o artigo.

De acordo com Lakatos (2021, p. 76), “a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc”. Para a autora, “sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito”.

Nas palavras de Gil (2022), “a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado”.

Essa modalidade de pesquisa inclui ampla variedade de material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Todavia, em virtude da disseminação das novas tecnologias de comunicação e informação, passaram a incluir materiais em outros formatos, como discos, fitas magnéticas, microfílm, CDs, bem como o material disponibilizado pela internet (Gil, 2022, p. 44).

Lakatos (2021, p. 76) ainda pontua que “a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

Nesse sentido, realizou-se um levantamento bibliográfico utilizando fontes constituídas por material já elaborado e publicado por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de websites, localizados em bases de dados, como a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Portal de Periódicos da Capes, Edubase, dentre outras.

Considerou-se dessa forma, a leitura dos materiais que permitiram estabelecer uma base teórica e o desenvolvimento de uma análise mais aprofundada sobre a temática.

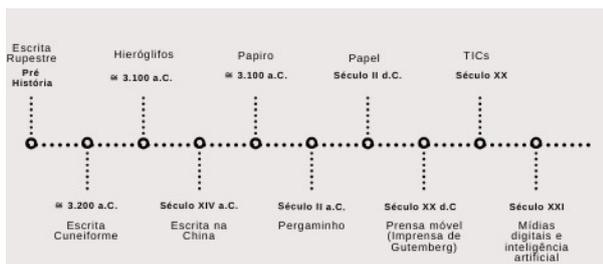
DESENVOLVIMENTO

Contextualização Histórica das Fontes Escritas

Por meio da história da escrita é possível compreender o progresso humano, especialmente no processo de registro e transmissão do conhecimento. Segundo Barbosa (1992, p. 34), “a escrita é considerada um marco de passagem da pré-história para a história. É principalmente a partir do registro que se compõe a forma de vida de um povo em uma determinada época”.

A partir disso, é possível entender a evolução da

escrita como um processo de inovação tecnológica e



mudanças sociais que, através da criação, armazenamento e preservação de dados, continua a se transformar neste contexto digital. A imagem abaixo apresenta uma contextualização da evolução das fontes escritas.

Imagem 1: Evolução da escrita

Fonte: Elaborado pelos autores

A arte rupestre, também conhecida como escrita rupestre, é considerada o registro mais antigo de comunicação humana que, por meio de desenhos, símbolos e inscrições em superfícies rochosas, contribui para informações sobre as culturas pré-históricas e as primeiras formas de escrita, comunicação e das expressões artísticas.

Justamand *et al.* (2017, p. 130-131) relata que “a necessidade dos grupos humanos deixarem suas mensagens nas rochas a partir de pinturas, gravuras e desenhos são atividades antigas”. Os autores apresentam que “estas atividades demonstram um intuito de transmitir ou depositar uma informação e/ou mesmo ser uma atividade lúdica para aguçar as habilidades manuais”.

Por volta de 3200 a.C., a escrita cuneiforme foi desenvolvida pelos sumérios, sendo considerada umas das primeiras formas de escrita. Este processo de escrita baseava-se na utilização de estiletos para escrever na argila, sendo seu principal uso para fins administrativos e contábeis, registrando as transações comerciais.

Um dos principais materiais da escrita cuneiforme foi o Código de Hamurabi que consistia em um conjunto de leis.

Dentre esse conjunto de códigos da Antiguidade, o primeiro a ser descoberto e, talvez, o mais significativo, é o Código de Hamurabi. Parte do acervo do Museu do Louvre, em Paris, provém do templo de Ebabbara, em Sippar, na antiga Mesopotâmia, atual Iraque. Consiste em majestoso monólito em forma de cone, de pedra negra, com 2,25m de altura, 1,60m de circunferência na parte superior e 2m na base. Toda a superfície do bloco está recoberta por texto cuneiforme e no topo, em alto relevo, vê-se Hamurabi, também chamado de Khamu-Rabi, em atitude de inspiração, aprendendo as leis da equidade, grafadas na parte inferior da pedra (Neves, 2008, p. 110).

Neste contexto da evolução da escrita, os hieróglifos egípcios se baseavam em um sistema de escrita baseado em pictogramas, ideogramas e fonogramas, sendo utilizado por volta de 3100 a.C. até o final

do século IV d.C.

A escrita hieroglífica consiste na combinação de imagens representativas de idéias, os pictogramas, e de imagens representativas de sons, os fonemas. Já o alfabeto romano, oriundo da etapa final desse processo, é composto por apenas um tipo de sinal, as letras, que representam unicamente os sons convencionados para cada signo (Bakos, 2020, p. 180).

Inicialmente os hieróglifos foram desenvolvidos para a escrita de textos religiosos, decretos em monumentos, túmulos e templos. Nesta civilização egípcia, a Pedra de Roseta é um dos símbolos mais significativos. Por meio da decifração dos hieróglifos constantes nela, foi possível compreender melhor a cultura, história, religião e sociedade do Antigo Egito.

Na China, a escrita desenvolveu-se por volta do século XIV a.C., iniciando pela escrita em ossos oraculares. Sistematizada no período da dinastia de Shang no século 17 a.C., a escrita chinesa é um dos sistemas de escrita mais antigos ainda em uso, passando por evoluções significativas ao longo da história.

Ainda como fatores históricos, há de se destacar a importância do papiro, do pergaminho e do papel no processo de evolução das fontes escritas.

Oriundo do reino vegetal, o papiro era produzido a partir do caule da planta de papiro e surgiu no Egito por volta de 3000 a.C. Nele eram escritos documentos, livros e registros administrativos e religiosos da época. Considerado o mais célebre de todos os produtos vegetais utilizados na escrita, devido à sua importância histórica e aos textos que continha (Martins, 2001), alguns exemplares de papiro ainda podem ser encontrados em diversos museus e bibliotecas, originários de escavações arqueológicas.

Por outro lado, o pergaminho começou a ser usado no século II a.C. em Pérgamo. Era feito da pele de animais, sendo utilizado em documentos e manuscritos. Além disso, devido a sua durabilidade e qualidade superior ao papiro, ele poderia ser reutilizado através de um processo de raspagem.

Nesta etapa civilizatória, o papel que originou do latim *papyrus* foi inventado na China por volta do século II d.C. Tinha por matéria-prima a pasta vegetal constituída de fibras de cana, bambu, amoreira dentre outras plantas. Sendo um dos suportes mais utilizados no mundo, seu processo de fabricação evoluiu ao longo do tempo e com o desenvolvimento das tecnologias, passou da produção manual de poucas folhas à produção mecânica em grande quantidade, ocasionando a revolução da escrita e a disseminação de informações devido ao seu custo menor e facilidade de produção.

No século XV d.C., Johannes Gutenberg inventou a prensa móvel, permitindo a invenção da tipografia em caracteres móveis. Isso possibilitou a produção em massa de livros, disseminação da informação e do conhecimento, causando uma mudança radical no processo de leitura e na difusão de escritos.

Nas palavras de Viégas, Valverde e Godoy (2017,

p. 45) “quando Johann Gutenberg introduziu a prensa gráfica no continente europeu deu-se uma grande revolução, propiciando a difusão do livro e, consequentemente, a disseminação do conhecimento”.

A utilização de tipos móveis de metal e da prensa foi um grande avanço tecnológico, uma vez que possibilitou a produção em grande escala de livros e documentos, diminuindo custos e tempo para a elaboração de cópias.

Essa invenção revolucionou esse período contribuindo para a disseminação do conhecimento, mas democratizando o acesso à informação, influenciando diversas áreas como educação, religião, cultura e a ciência.

Com o advento das TDIC, a era digital teve início com a invenção da internet, no final do século XX, que surgiu da necessidade de estabelecer estratégias e instrumentos de captação, organização, interpretação e uso das informações (Pereira; Fonseca, 1997).

Neste viés tecnológico, a internet configura-se como uma nova categoria de fontes documentais para pesquisas históricas, dando espaço para novas concepções, novas práticas de como a sociedade armazena e transmite informações. Nota-se que a informação deixou de ser um processo local e passou a se manifestar em uma escala global, influenciando padrões de comportamento e acelerando a transmissão da informação.

No século XXI, as diversas fontes escritas refletem os avanços tecnológicos e as mudanças nos processos de comunicação e acesso à informação, uma vez que abrange desde as publicações tradicionais até as novas mídias digitais, incluindo as inteligências artificiais.

Os Canais de Informação

De modo geral, as fontes de informação manifestam-se como formas e expressões utilizadas pelo homem para garantir a memória do conhecimento (Campello; Caldeira e Macedo, 1998).

Na visão de Le Coadic (1996, p. 5), a informação pode ser “um conhecimento inscrito sob a forma escrita, oral ou audiovisual. Ela comporta um elemento de sentido sendo transmitida a um ser consciente por meio de uma mensagem inscrita”.

Nesse contexto, as fontes de informações surgem para auxiliar a busca por informações em diferentes cenários, sendo usada por pesquisadores, acadêmicos ou outros tipos de usuários afins.

Contudo, dado o fenômeno da explosão bibliográfica, a diversificação de formas de apresentação da informação é vasta e requer cuidado quanto ao seu manuseio, no entanto, é preciso estar atento a critérios como autoridade, atualidade, precisão e objetividade dos canais de informações.

No meio acadêmico, a diversidade de fontes de informações é formada por diferentes suportes e classificadas em três tipologias, primárias, secundárias e

terciárias, destacadas a seguir no Quadro 1.

Quadro 1: Tipologias das fontes de informação

Tipologias	Conceito	Exemplos
Primárias	Contêm informações originais ou, pelo menos, novas interpretações de fatos ou ideias já conhecidas.	Monografias, artigos de periódicos, publicações seriadas, relatórios técnicos, teses, dissertações, anais, patentes, literatura comercial, normas técnicas, etc.
Secundárias	Funcionam como facilitadoras no uso do conhecimento disperso nas fontes primárias. Apresentam a informação filtrada e organizada, de acordo com arranjo definido, dependendo da finalidade da obra.	Enciclopédias, livros, dicionários, manuais, tabelas, revisões de literatura, bibliografia, tratados, manuais, etc.
Terciárias	Guiam o usuário da informação para as demais tipologias de fontes.	Bibliografias de bibliografias, periódicos de indexação e resumo, catálogos coletivos, guias de literatura, diretórios, etc.

Fonte: Elaborado pelos autores adaptado de Dias e Pires (2005).

Dessa forma, para acesso a essa diversidade de informações e seus diferentes suportes, algumas ferramentas possibilitam identificar e selecionar as informações adequadas face a cada necessidade do usuário. Dentre essas ferramentas, destacam-se os repositórios institucionais, catálogos coletivos, portais de pesquisas, bases de dados e diretórios acadêmicos que surgiram a partir de movimentos de acesso aberto para compor a visibilidade da produção científica.

Inovações Digitais e Suas Consequências na Escrita e na Disseminação da Informação

Reportando ao processo inicial da escrita, como um processo simbólico que permitiu ao ser humano expandir suas mensagens para além do seu próprio tempo e espaço desde os primórdios, as escritas nas pedras e papiros eram a maneira de registrar o que pensavam e o que sentiam. Inicialmente, a escrita era usada apenas para registrar informações importantes e era conferida às elites composta por escribas, sacerdotes e governantes.

Atualmente, a escrita é vista como um requisito essencial para que o ser humano possa transmitir informações e seu conhecimento formando a história da civilização humana, garantindo que ela possa ser transmitida de geração em geração além de colaborar com o desenvolvimento das ciências e tecnologias que determinam o progresso da humanidade em todas as áreas do saber.

Castells (1999, tradução nossa) aponta que a habilidade ou inabilidade de uma sociedade dominar a tecnologia ou incorporar-se às transformações das

sociedades, fazer uso e decidir seu potencial tecnológico, remodela a sociedade em ritmo acelerado e traça a história e o destino social dessas sociedades.

Dando ênfase ao impacto da ascensão da internet que possibilitou o surgimento da sociedade da informação, originando a cibercultura, Levy (1999, p. 17) define como sendo:

Modos de pensamento e de valores que se desenvolvem com o crescimento do ciberespaço, definido por meio de comunicação que surge da interconexão mundial dos computadores, abrangendo não apenas a infra-estrutura material da comunicação digital, mas também o universo oceânico de informações que ela abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo.

É relevante pontuar que este impacto ocasionou a alta demanda e necessidade da informação, permitindo o seu acesso de qualquer parte do mundo, causando transformações também na estrutura social, na concepção do conhecimento, nas novas práticas e concepções potencializando o processo de difusão e disseminação da informação em curto espaço de tempo.

Corroborando com a ideia de Lévy (1999) com o desenvolvimento do ciberespaço, tornou-se possível o fornecimento de novos modos de organização e de regulação do coletivo por uma variedade de meios de comunicação. Em detrimento do surgimento desses novos meios, uma grande dimensão de produtos de transmissão, guarda, preservação e tratamento da informação são ofertados, fazendo com que a informação possa ser transmitida de qualquer lugar do mundo, trazendo a visibilidade dos fatos instantaneamente.

Na cultura contemporânea, o crescimento exponencial das interfaces no entorno das pessoas demonstra como elas estão se conectando e obtendo informação de maneira contextualizada e fragmentada. A diversidade de fontes escritas digitais e de dados ocasionou transformações inesperadas.

Cumprir observar que essas transformações têm desempenhado um papel significativo na aproximação e unificação de uma ampla comunidade mundial, ampliando a comunicação, a colaboração e a cooperação entre pessoas e organizações de diversas naturezas. Kenski (2010) aborda que a evolução tecnológica não está restrita apenas ao uso de novos equipamentos; ela modifica comportamentos, transforma a maneira de pensar e agir, não só de forma individual, mas de todo o grupo social.

Vale realçar que, com as transformações advindas com a chegada das TIC, o ato de ler e escrever também sofreram mudanças. Houve a necessidade de se aperfeiçoar as práticas e adaptar a um novo campo onde o conhecimento transita de forma diferente. Conforme Blattmann e Silva (2007, p. 192), a evolução da *web* possibilita a criação de espaços cada vez mais interativos, nos quais os usuários possam modificar

conteúdos e criar novos ambientes hipertextuais.

Na sociedade da informação, a rapidez com que a tecnologia disponibiliza dados frequentemente gera ansiedade e insegurança aos indivíduos. Isso os leva a desenvolver uma postura crítica em relação ao conteúdo apresentado. É pertinente analisar sua relevância e adotar posições diante das informações processadas, a fim de produzir conhecimento.

Cabe pontuar que, através da popularização do vasto índice de informações proporcionadas pelo meio digital, a humanidade obtém inúmeros benefícios, como a dinâmica das relações e a redução de fronteiras. No entanto, a tecnologia também impõe desafios, como as *Fake News*, que vêm ganhando notoriedade na sociedade contemporânea. De acordo com Moretzsohn (2017, p. 302), o comportamento típico dos usuários da internet se resume ao “compartilhamento de informações sem qualquer preocupação com a veracidade, que resulta na disseminação de boatos ou de trucagens assumidas como verdadeiras”.

Conforme destaca Wardle (2017, tradução nossa), a expressão “notícia falsa” não consegue abranger a complexidade e dimensão destes diferentes tipos de conteúdos, estrategicamente construídos e disseminados, com propósitos manipulativos, que promovem desinformação. As *Fake News* geram desinformação a partir da grande quantidade de informações produzidas, que nem sempre são verificadas para confirmar sua veracidade. É preciso ampliar a percepção em meio à infinidade informacional evitando o caos informacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, observou-se que a evolução da escrita vai muito além de ser um mero registro da história humana e uma influência na cultura; ela contribui para a referência na construção da humanidade futura e para o desenvolvimento da ciência.

Vale ressaltar que, em todas as épocas, seja no período antigo, medieval ou na contemporaneidade, cada civilização deixou contribuições que influenciaram outras, registrando seus conhecimentos culturais, religiosos e ideológicos. Essas contribuições não apenas preservaram a informação, mas também estabeleceram conexões entre o passado e o futuro para as gerações futuras.

As transformações que a sociedade contemporânea digital vem enfrentando resultaram em consequências cumulativas e irreversíveis, amplificadas pela dimensão global que as tecnologias proporcionam. A tecnologia tornou-se um sistema vital para a existência da humanidade, porém com o amplo acesso aos registros informacionais é necessário considerar as questões relacionadas à ética, segurança e privacidade, evitando assim a disseminação da informação descompensada.

Em síntese, é evidente pontuar que os impactos provenientes do avanço das tecnologias abrangeram novas formas de comunicação, redução de tempo e maior eficiência nos processos de comunicação, todavia, deve ser empregada de forma apropriada e racional

em cada situação.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, José Juvêncio. **Alfabetização e leitura**. São Paulo: Cortez, 1992.

BLATTMANN, Ursula; SILVA, Fabiano Couto Corrêa da. Colaboração e interação na web 2.0 e biblioteca 2.0. **Revista ACB**: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, v. 12, p. 191-215, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://revistaacb.emnuvens.com.br/racb/article/view/530>. Acesso em: 22 jun. 2024.

CAMPELLO, Bernadete Santos; CALDEIRA, Paulo da Terra; MACEDO, Vera Amália Amarante (Org.). **Formas e expressões do conhecimento**: introdução às fontes de informação. Belo Horizonte: Escola de Biblioteconomia da UFMG, 1998.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999a.

CASTELLS, Manuel. **La era de la información**: economía, sociedad y cultura. México: Siglo Veintiuno Editores, 1999b.

DIAS, Maria Matilde Kronka; PIRES, Daniela. **Fontes de informação**: um manual para cursos de graduação em biblioteconomia e ciência da informação. São Carlos, SP: Edufscar, 2021.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Grupo GEN, 2022. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 31 maio 2024.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias**: o novo ritmo da informação. 6. ed. Campinas, SP: Papirus, 2010.

LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Grupo GEN, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026610/>. Acesso em: 31 maio 2024.

LE COADIC, Yves-François. **A ciência da informação**. Brasília, DF: Briquet de Lemos, 1996.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999.

MORETZSOHN, Sylvia Debossan. "Uma legião de imbecis": hiperinformação, alienação e o fetichismo da tecnologia libertária. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 294-306, nov. 2017. Disponível em: <https://revista.ibict.br/>

liinc/article/view/4088. Acesso em 1 jun. 2024.

PEREIRA, Maria José Lara de Bretas.; FONSECA, João Gabriel Marques. **Faces da decisão**: as mudanças de paradigmas e o poder da decisão. São Paulo: Makron Books, 1997.

JUSTAMAND, Michel; MARTINELLI, Suely Amâncio; OLIVEIRA, Gabriel Frechiani de; SILVA, Soraia Dias de Brito e. A arte rupestre em perspectiva histórica: uma história escrita nas rochas. **Revista Arqueologia Pública**, Campinas, SP, v. 11, n. 1, p. 130-172, jul. 2017. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rap/article/view/8648451>. Acesso em: 2 jun. 2024.

MARTINS, Wilson. **A palavra escrita**: história do livro, da imprensa e da biblioteca. 3. ed. São Paulo: Ática, 2001.

NEVES, Nedy Maria Branco Cerqueira. Códigos de conduta: abordagem histórica da sistematização do pensar ético. **Revista Bioética**, [S. l.], v. 1, n. 16, p. 109-115, 12 jun. 2008. Disponível em: https://revistabioetica.cfm.org.br/revista_bioetica/article/view/59. Acesso em: 2 jun. 2024.

BAKOS, Margaret Marchiori. Hieróglifos: imagens, sons e egiptomania. **Phoïnix**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 178-201, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/phoenix/article/view/33192>. Acesso em: 2 jun. 2024.

VIÉGAS, Rosemari Fagá; VALVERDE, Franklin Larrubia; GODOY, Marília Gomes Ghizzi. De Gutenberg às mídias digitais: ensaio sobre uma breve história da tecnologia. **Regit**: Revista de Estudos de Gestão, Informação e Tecnologia, Itaquaquecetuba, v. 8, n. 2, p. 43-53, dez. 2017. Disponível em: <http://revista.fatecitaqua.edu.br/index.php/regit/article/view/R8-ART2>. Acesso em: 2 jun. 2024.

WARDLE, Claire. **Fake news**. It's complicated. Sidney: First Draft News, 2017. Disponível em: <https://firstdraftnews.org/articles/fake-news-complicated/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● EDUCAÇÃO

ESCOLARIZAÇÃO INCLUSIVA DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA INTELECTUAL SOB A ÓTICA DE UM DOCENTE RECÉM-FORMADO

*Cleidineia Cavalcante da Costa¹, Wagner José dos Santos²,
Maiara Silva Oliveira², Cláudia Terra N. Paz³

1 Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil.

2 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM) Campus Avançado Uberaba Parque Tecnológico, Uberaba, MG, Brasil.

3 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha, IFFAR - Campus Jaguarí, Jaguarí, RS, Brasil.

RESUMO: A escolarização e a inclusão de alunos com deficiência intelectual (DI) papel da família, da escola e do Estado, porém, como espaço promotor da socialização e democratização do conhecimento, a escola precisa estar preparada para receber e atender as singularidades intelectuais do aluno com necessidades especiais de aprendizagem. O objetivo do estudo foi descrever e analisar o ambiente escolar e as práticas pedagógicas utilizadas no ensino de alunos com DI, por uma professora recém-formada e sem qualquer formação específica em educação especial. A metodologia utilizada baseou-se na análise descritiva qualitativa dos fatos relatados pela docente, categorizados em: ambiente de ensino, professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem e alunos com DI. Para cada eixo foram identificados pontos positivos e negativos, conforme fundamentação da literatura. Constatou-se o uso de práticas pedagógicas que, no contexto investigado, não viabiliza a aprendizagem ou a inclusão dos alunos com DI, principalmente devido à ausência de capacitações pedagógicas, de infraestrutura adequada e de materiais didáticos diferenciados. Por outro lado, um dos alunos investigados, que é acompanhado pela família e recebe atendimento periódico por especialistas, apresentou aprendizagens profícuas para a sua faixa etária. Portanto, observou-se a necessidade de um trabalho conjunto, entre as Instituições vinculadas ao processo, para garantir o bem-estar social e educacional dos alunos especiais.

Palavras-chave: Educação inclusiva; práticas pedagógicas; processo de ensino-aprendizagem.

INCLUSIVE SCHOOLING FOR STUDENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES FROM THE PERSPECTIVE OF A NEWLY QUALIFIED TEACHER

ABSTRACT: Schooling and the inclusion of students with intellectual disabilities (ID) are the duty of the family, the school, and the State, however, as a space that promotes the socialization and democratization of knowledge, the school needs to be prepared to receive and meet the intellectual singularities of the student with special learning needs. The study's objective was to describe and analyze the school environment and the pedagogical practices used in teaching students with ID by a recently graduated teacher without specific special education training. The methodology used was based on qualitative descriptive analysis of the facts reported by the teacher, categorized into: teaching environment, teacher as mediator in the teaching-learning process, and students with ID. For each axis, positive and negative points were identified, according to the literature. The use of pedagogical practices was verified which, in the context

* Autor correspondente:
cleidineiastm@gmail.com

Recebido: 03/10/2023.
Aprovado: 09/12/2023.

Como citar: Costa, C. C. da. Escolarização inclusiva de alunos com deficiência intelectual sob a ótica de um docente recém-formado. *Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal*.

Editores:
Dra. Vanessa Cristina Caron
Dr. Arcângelo Loss

DOI: Será atribuído posteriormente.

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



investigated, do not enable the learning or inclusion of students with ID, mainly due to the lack of pedagogical training, adequate infrastructure, and differentiated teaching materials. On the other hand, one of the students investigated, accompanied by his family and receiving periodic assistance from specialists, demonstrated useful learning for his age group. Therefore, the need for joint work between the Institutions linked to the process was observed to guarantee special needs students' social and educational well-being.

Keywords: Inclusive education; pedagogical practices; teaching-learning process.

INTRODUÇÃO

A escolarização e a inclusão de alunos com deficiência intelectual (DI) está amparada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9394/1996 (Brasil, 1996), pelas Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (Brasil, 2001a) e pelo Documento Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (Brasil, 2008).

O Atendimento Educacional Especializado e a organização do ensino para os alunos com DI iniciou em 1911 em ambientes separados dos demais alunos (Toledo; Vitaliano, 2012). A partir de 2008 a inclusão desses alunos passou a ser obrigatória em salas de ensino comum (Brasil, 2008).

Atualmente, a Lei Brasileira de Inclusão-LBI, também chamada de estatuto da pessoa com deficiência, dispõe de diversas ferramentas educativas para que os direitos das pessoas com deficiência sejam assegurados e livres da exclusão, da discriminação, do preconceito e da ausência de acesso real a todos os setores da sociedade. (Brasil, 2015).

A denominação deficiência intelectual (DI) deve-se a razões históricas e científicas (Bordin; Scheid, 2019; Mascaro, 2016). Trata-se de uma condição que ocasiona, em maior ou menor grau, limitações da capacidade intelectual, da habilidade de comunicação, da cognição, da concentração, da memória e dos movimentos (Ke; Liu, 2020). Vale ressaltar, que os níveis de Quocientes de Inteligência (QI) dos indivíduos com DI variam de leve (entre 50 -70) a profundo (menor que 20) (Ke; Liu, 2020).

Para Bordin e Scheid (2019), o avanço intelectual de pessoas com DI pode ser análogo ao de pessoas com desenvolvimento cognitivo esperado para idade, para isso ocorrer as abordagens e os métodos de ensino-aprendizagem precisam estar de acordo com a capacidade intelectual do indivíduo. As estratégias educacionais devem atender às especificidades dos alunos com DI e também dos alunos com defasagem de aprendizagem, sem ignorar o desenvolvimento intelectual do restante da turma.

O processo educacional diferenciado eficaz existe mediante a realização de estratégias educacionais inclusivas construídas ao longo de experiências vivenciadas, baseados em modelos de aprendizagem (Bordin; Scheid, 2019). Nesse caso, a rotina de uma sala de aula heterogênea torna-se um "laboratório" interessante (Toledo; Vitaliano, 2012). Contudo, adaptações e flexibilizações curriculares são caminhos necessários para garantir que os alunos com deficiência consigam ultrapassar as barreiras de acesso ao conhecimento, conforme dispõe a Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9394/1996 em seu Art.59. (Brasil, 1996)

O processo de ensino e inclusão escolar não é simples, e adaptações curriculares devem ser feitas para

acompanhar o ritmo de cada aluno. Formar cidadãos a partir da apropriação do conhecimento pelo processo de ensino-aprendizagem é papel da escola (Braun; Nunes, 2015). Visto que os métodos e os processos utilizados para o ensino, educação e socialização de qualquer cidadão brasileiro está amparado pelo Art. 2º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei n. 9394 de 1996 (Brasil, 1996).

Sem recursos, a escola limita-se à socialização do aluno com DI. Portanto, não basta matricular o aluno com necessidades especiais de aprendizagem em uma sala de aula superlotada e esperar que o professor "faça milagre". Em condições não favoráveis, é difícil o professor igualar a atenção entre os alunos especiais e o restante da turma. Esses e outros fatores são apontados no trabalho de Toledo e Vitaliano (2012). Mesmo assim Mendonça (2014) atribui a segregação escolar dos alunos com DI à "falsa ideia" de que os professores consideram tais crianças incapazes.

Não basta esperar ou exigir do professor um trabalho solitário eficaz, antes é impreterível oferecer meios para minimizar a situação instalada (Toledo; Vitaliano, 2012). Ademais, cursos de capacitação para os docentes podem ser ofertados no próprio ambiente de ensino, por exemplo, por meio da troca de experiências, de modo a favorecer a construção coletiva do saber pedagógico.

Os governos precisam disponibilizar fundos orçamentários para a compra de materiais didático-pedagógicos diferenciados, reformas estruturais, adaptações dos espaços, formação e capacitação do quadro docente e, se necessário, para a contratação de profissionais de apoio. Na prática, sabe-se que os governos não apresentam um comprometimento eficaz com a escolarização de alunos da educação especial. Consequentemente, as escolas encontram-se despreparadas para os cuidados educacionais voltados ao ensino e ao desenvolvimento intelectual da criança (ou do adolescente) com DI (Valentini; Gomes; Bisol, 2016).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi descrever e analisar o espaço e as práticas pedagógicas utilizadas por uma professora de escola pública nos processos de ensino, aprendizagem e inclusão dos alunos com DI. Para tanto, foram preparadas descrições da escola, para compreensão do contexto, e da professora, a fim de analisar a sua postura profissional no cotidiano escolar e na rotina de sala de aula. As descrições dos alunos especiais estão no texto apenas para fins de compreensão, sem detalhamento por questões de ética.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada no trabalho foi baseada em uma abordagem qualitativa (Gressler, 2003), a partir de uma percepção da realidade. Seguida da análise, compreensão e descrição da conduta relatada por uma

professora, lotada em uma escola pública de ensino comum. A docente ministra aulas para turmas de Ensino Fundamental II¹ e Médio, contabilizando aproximadamente 150 alunos. Entre eles, pelo menos 8 são alunos com deficiência.

Esta análise foi dividida em três categorias, sendo: escola enquanto ambiente de ensino, professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem e alunos com DI. Foram destacados pontos positivos e negativos, conforme trabalhos da literatura (Moreno; Souza; Dragone, 2017).

Por fim, a título de esclarecimento, não foram especificados nomes da escola e nem das pessoas envolvidas na pesquisa por questões de ética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão distribuídos ao longo de três categorias, a saber: descrição do cenário escolar, descrição da atuação docente e descrição geral das características de quatro alunos com DI e das tentativas de inclusão, desenvolvidas apenas para compreensão das práticas adotadas em sala de aula.

Descrição do Cenário Escolar

O cenário da pesquisa foi uma escola pública de Ensino Fundamental II¹ e Médio, composta por 60 professores, aproximadamente 800 alunos e 28 turmas. Esta escola está localizada em uma região periférica de um município com cerca de 120 mil habitantes.

A escola conta com um pequeno polo de Atendimento Educacional Especializado (AEE), gerenciado por duas pedagogas. O atendimento periódico na AEE é disponibilizado tanto para alunos matriculados na escola como para alunos externos, matriculados em escolas da mesma diretoria de ensino. Para tais alunos, existe uma demanda significativa com lista de espera. A prioridade no atendimento é dada aos alunos que possuem diagnóstico médico, mesmo com a garantia legal do acompanhamento escolar especializado (Brasil, 2015):

[...] não se trata de documento obrigatório, mas, complementar, quando a escola julgar necessário. O importante é que o direito das pessoas com deficiência à educação não poderá ser cerceado pela exigência de laudo médico. (Brasil, 2015, p. 57).

Existe um polo AEE que presta um atendimento limitado, possivelmente devido à falta de funcionários e de espaço físico. Isso cria uma demanda de alunos não atendidos e os que são atendidos não seguem a periodicidade necessária. Além disso, faltam outros espaços físicos inclusivos como, por exemplo, uma sala de recursos multifuncionais. Além de ações educativas pontuais e interativas, entre profissionais da educação e alunos com necessidades especiais. Tudo isso, dificulta ainda mais o processo de inclusão social e o desenvolvimento desses alunos (Mascaro, 2016).

¹ Turmas de 5º ao 9º ano.

Descrição da Atuação Docente

A professora é licenciada e possui várias pós-graduações, ministra aulas no ensino comum para os níveis fundamental II e médio. Todas as suas turmas encontram-se em sua capacidade máxima e em quase todas as salas existem alunos com DI. Consequentemente, a rotina em sala de aula é semelhante à descrita no trabalho de Toledo e Vitaliano (2012):

[...] em sala de aula, identificamos que as professoras não atendiam às especificidades dos alunos com DI, suas orientações eram, de modo geral, dirigidas a todos os alunos e não planejavam nenhuma adaptação para eles. Os alunos com DI raramente realizavam as atividades propostas pelos professores. [...] (Toledo e Vitaliano, 2012, p. 326).

A quantidade exagerada de alunos nas turmas é um fator limitante para o ensino, pois não só os alunos especiais necessitam de atenção redobrada, mas também os alunos com defasagem na aprendizagem. Além disso, a professora não havia recebido nenhuma orientação formal a respeito da presença e nem das especificidades dos alunos com DI, até notar a presença deles em sala de aula. Na ocasião, ela dirigiu-se a coordenação pedagógica, que se limitou a confirmar o diagnóstico de DI, sem fornecer qualquer orientação preliminar.

O método de ensino utilizado pela professora é totalmente intuitivo e, possivelmente, ineficaz, uma vez que consiste em fornecer uma explicação mais detalhada e individual aos alunos com DI e também aos alunos com dificuldades de aprendizagem. Já as práticas inclusivas consistem em diálogos constantes com as turmas, a fim de instigar a socialização entre todos os alunos. A postura da docente em sala de aula é própria da sua formação acadêmica, a qual não é específica para os alunos com DI (Santos; Martins, 2015), ou seja, apresenta significativa fragilidade no modo de ensinar e avaliar tais alunos (Valentim; Oliveira, 2013).

Descrição das Características Discentes e das Tentativas de Inclusão Desenvolvidas

Os alunos de inclusão se encontram matriculados no sétimo ano e estão na faixa etária de 11 anos de idade. Dois desses alunos não possuem laudo médico, enquanto os outros dois apresentam diagnóstico médico, respectivamente, de DI e de Autismo.

Um diagnóstico preliminar feito pelas profissionais da AEE, por solicitação dos professores após notarem uma aparente diferença nas demandas de aprendizagem dos dois alunos sem laudo, levou a escola presumir que tais alunos possivelmente são alunos com deficiência intelectual. Com a possível suspeita da deficiência, os responsáveis desses alunos foram convocados, comunicados e orientados a procurar atendimento e tratamento mais especializado; contudo, tais responsáveis não aceitaram a possível deficiência nos filhos.

Nessa situação a escola deve procurar o conselho tutelar, exigir dos responsáveis uma postura adequada,

para garantir um acompanhamento e tratamento especializado dos alunos (Brasil, 2008). Certamente, a escola realizou um comunicado formal junto à instituição encarregada por assegurar os direitos desses alunos, porém existe uma fila espera.

Os alunos com laudo médico, embora sejam atendidos na AEE, não possuem tratamento diferenciado em sala de aula. Infelizmente, são “meros espectadores”, encontram-se em turmas superlotadas que demandam um trabalho e atenção praticamente impossível de realizar, por um único professor. Por isso, torna-se muito difícil desenvolver qualquer trabalho focado exclusivamente nesses alunos especiais. Nem a socialização é garantida, pois dos quatro alunos investigados, dois são desprezados pelo restante da turma. Isso significa que apenas matricular o aluno com DI em uma sala de aula de ensino comum é insuficiente. Antes, é preciso desenvolver atividades de inclusão envolvendo os demais discentes e, também, garantir uma infraestrutura adequada.

As Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (Brasil, 2001b) reforçam em seu documento:

O convívio escolar permite a efetivação das relações de respeito, identidade e dignidade. Assim, é sensato pensar que as regras que organizam a convivência social de forma justa, respeitosa, solidária têm grandes chances de aí serem seguidas. (Brasil, 2021, p. 11).

Não basta impor a socialização para garantir a inclusão dos alunos com DI na escola comum, antes disso é importante desenvolver estratégias junto à comunidade escolar, pois o desprezo é ocasionado por comportamentos e/ou atitudes consideradas “não sociáveis”. O acompanhamento profissional na AEE atua como um facilitador no processo de socialização. Mas, devido ao quadro limitado de profissionais, não é possível realizar o atendimento periódico de todos os alunos especiais e muito menos desenvolver estratégias de inclusão junto à comunidade escolar.

Os indivíduos com DI podem apresentar diferentes faixas de incapacidade intelectual (Ke; Liu, 2020), que determinam, entre outras coisas, o nível de alfabetização e a capacidade de fala. Entre os alunos observados, a capacidade de fala de três pode ser considerada adequada para a faixa etária. Por outro lado, o aluno que apresenta certa dificuldade na fala também é o único não alfabetizado.

Além disso, um dos alunos especiais apresentou uma retenção de conhecimento adequada, esperada para a sua série escolar. O interessante desse aluno é que, além de mais facilidade, ele possui laudo médico, é atendido na AEE e os seus responsáveis o acompanham periodicamente durante as aulas de português e de matemática (disciplinas com maior carga horária). Dessa forma, pode-se concluir, que o desenvolvimento intelectual e social do aluno é resultado de um trabalho conjunto entre escola e família. Conseqüentemente, esse aluno tem maiores chances de inserção social e profissional no futuro.

Finalmente, ao longo desta pesquisa, ficou nítida a falta de apoio escolar aos professores, além da ausência de ambientes diferenciados aos alunos com DI. Embora a escola conte com um polo de Atendimento Educacional Especializado (AEE), ela não disponibiliza atendimento a todos os alunos especiais matriculados. Ademais, por mais que os alunos com DI necessitem de diferentes práticas pedagógicas para a aquisição do conhecimento, a ausência de recursos materiais e humanos dificulta o processo de ensino-aprendizagem.

CONCLUSÕES

Espera-se que o desenvolvimento dessa pesquisa sirva de recurso qualitativo e reflexivo para o modelo educacional de alunos com DI, pois certamente é uma realidade vivenciada por professores e alunos de muitas escolas públicas de ensino comum.

Outro fator importante é a necessidade de cursos de formações específicos para o ensino de alunos com DI, já que não basta o professor ter um currículo bom em outras áreas.

Para facilitar o processo de ensino-aprendizagem diferenciado, algumas alternativas podem ser adotadas como, por exemplo, a implementação de turmas reduzidas, a presença de professores auxiliares e a disponibilidade de materiais didáticos adaptados para o ensino do aluno com deficiência.

A implementação de leis sem o desenvolvimento de projetos e disponibilização de recursos financeiros não caracteriza uma ação eficaz no processo de ensino diferenciado.

Governo, família, escola e professor devem tomar partido de suas responsabilidades, trabalharem juntos para assegurar que todos os alunos tenham uma escolarização adequada às suas necessidades e demandas.

Por fim, a realidade de uma única escola, sob a ótica de um professor e de quatro alunos não generaliza os fatos vivenciados em todas as escolas públicas, não abrange todas as dificuldades do processo de ensino do professor e de aprendizagem dos alunos com DI. No entanto, serve de parâmetro de comparação.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica Inclusiva, nível de especialização do IFTM - UPT (Instituto Federal de Educação Profissional e Tecnológica – *Campus* Uberaba – Parque Tecnológico) que favoreceu o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BORDIN, Jussania Basso; SCHEID, Neusa Maria John. **A singularidade da aprendizagem escolar em crianças com Deficiência Intelectual**. 1. ed. Curitiba: Editora e Livraria Appris Ltda, 2019.

- BRASIL. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. D.O.U. de 23.12.1996. Brasília, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394compilado.htm. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Lei Brasileira de Inclusão das Pessoas com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, ano 152, n. 127, p. 2-11, 7 jul. 2015b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm.
- BRASIL, Ministério de Educação. **Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica**. Brasília: SEESP. Brasília, 2001. a. DOI: [10.1097/SGA.0000000000000323](https://doi.org/10.1097/SGA.0000000000000323). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/diretrizes.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BRASIL, Ministério de Educação. **Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica**. Parecer CNE/CEB17/2001. Brasília, 2001. b. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CEB017_2001.pdf.
- BRASIL, Ministério de Educação. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Documento elaborado pelo Grupo de Trabalho nomeado pela Portaria nº 555/2007, prorrogada pela Portaria nº 948/2007. Brasília, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducacional.pdf>.
- BRASIL, Ministério de Educação. **Orientações para implementação e política de educação especial na perspectiva da educação inclusiva**. Nota técnica Nº 04 / 2014 / MEC / SECADI / DPEE, 2015. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15898-nott04-secadi-dpee-23012014&category_slug=julho-2014-pdf&Itemid=30192.
- BRAUN, Patricia; NUNES, Leila Regina D'Oliveira Paula. **A Formação de Conceitos em Alunos com Deficiência Intelectual: O Caso de Ian**. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 21, n. 1, p. 75-92, 2015. DOI: [10.1590/S1413-65382115000100006](https://doi.org/10.1590/S1413-65382115000100006).
- GRESSLER, Lore Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2003.
- KE, Xiaoyan; LIU, Jing. **JM Rey's IACAPAP Textbook of Child and Adolescent Mental Health**. Geneva: IACAPAP, 2020. Disponível em: <https://iacapap.org/content/uploads/A.0-INTRODUCTION-2020.pdf>.
- MASCARO, Cristina. **Inclusão e profissionalização do aluno com deficiência intelectual**. Curitiba: Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2016.
- MENDONÇA, Ana Abadia dos Santos. **Inclusão de alunos com deficiência intelectual : ação de diretores e / ou gestores educacionais**. V Encontro de Pesquisadores em Educação Especial e Inclusão Escola. Uberlândia, 2014.
- MORENO, Katia Regina Caiado; SOUZA, Larissa Martins; DRAGONE, Nicole Rosseto Antonio. **A educação especial em escolas regulares: tramas e dramas do cotidiano escolar**. Revista Diálogo Educacional, v. 9, n. 28, p. 621, 2017. DOI: [10.7213/rde.v9i28.3349](https://doi.org/10.7213/rde.v9i28.3349).
- SANTOS, Teresa Cristina Coelho; MARTINS, Lúcia de Araújo Ramos. **Práticas de professores frente ao aluno com deficiência intelectual em classe regular**. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 21, n. 3, p. 395-408, 2015. DOI: [10.1590/S1413-65382115000300006](https://doi.org/10.1590/S1413-65382115000300006).
- TOLEDO, Elizabete Humai; VITALIANO, Célia Regina. **Formação de professores por meio de pesquisa colaborativa com vistas à inclusão de alunos com deficiência intelectual**. Revista Brasileira de Educação Especial, v. 18, n. 2, p. 319-336, 2012. DOI: [10.1590/S1413-65382012000200010](https://doi.org/10.1590/S1413-65382012000200010).
- VALENTIM, Fernanda Oscar Dourado; OLIVEIRA, Anna Augusta Sampaio. **Avaliação da aprendizagem e deficiência intelectual na perspectiva de professores do ensino comum**. Revista Diálogo Educacional, v. 13, n. 40, p. 851, 2013. DOI: [10.7213/dialogo.educ.13.040.ds02](https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.13.040.ds02).
- VALENTINI, Carla Beatriz; GOMES, Ruthie Bonan; BISOL, Cláudia Alquati. **Inclusão De Estudantes Com Deficiência Intelectual: Uma Revisão Sistemática Da Literatura**. Revista Teias, v. 17, n. 46, p. 125-142, 2016. DOI: [10.12957/teias.2016.25502](https://doi.org/10.12957/teias.2016.25502).

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● AGRONOMIA

PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS E RELAÇÃO COM A COMPACTAÇÃO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR

*José Luiz Rodrigues Torres¹ , Luiz Victorio França Guardieiro¹ ,
João Pedro Gomes Sousa¹ , Caio Provazi Monteiro Alves¹ ,
Rafael Daines¹ , Dinamar Márcia da Silva Vieira² *

¹Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Uberaba, MG, Brasil.

²Universidade Federal de Uberlândia (UFU), MG, Brasil.

RESUMO: A colheita mecanizada da cana-de-açúcar produz elevada quantidade de palha que é depositada na superfície do solo após cada corte, mantendo-o totalmente coberto, com isso podendo proporcionar sua proteção contra processos erosivos, aumentar o teor de matéria orgânica, ciclar quantidades consideráveis de nutrientes e contribuir para a redução da compactação do solo. Neste estudo, objetivou-se avaliar a produção e decomposição dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar depositados na superfície e sua relação com a compactação do solo. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), sendo que os tratamentos constaram de sete épocas de avaliação da taxa de decomposição: 0, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a colheita. Para os atributos físicos, também foi utilizado o DBC, sendo avaliadas seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40, 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m com cinco repetições. Para avaliar a decomposição, utilizou-se a metodologia das sacolas de decomposição e também se avaliou os seguintes atributos físicos: resistência a penetração das raízes (RP), densidade do solo (DS), umidade e porosidade total (PT) do solo. Após a colheita, ocorreu aporte de 13,8 Mg ha⁻¹ de palha na superfície do solo e ao final de 120 dias a taxa de decomposição foi de 62%, restando 5,3 Mg ha⁻¹ deste total. Os maiores valores de RP (4,63 Mpa) e DS (1,68 kg dm⁻³) ocorreram na profundidade 0,30m, onde a PT foi de 39,91%. Nessa condição, pode-se afirmar que no solo arenoso avaliado ainda não está havendo restrição para o desenvolvimento radicular da planta. A camada de palha de 0,09 m sobre o solo colaborou com a manutenção da umidade e diminuição do problema da compactação do solo causado pelo tráfego de máquinas.

Palavras-chave: palhada; resistência mecânica à penetração; densidade do solo; umidade; macro e microporosidade.

PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF WASTE AND RELATIONSHIP WITH SOIL COMPACTATION IN AREAS CULTIVATED WITH SUGARCANE

ABSTRACT: The mechanized harvesting of sugar cane produces a large amount of straw, which is deposited on the surface of the soil after each cut, keeping it completely covered, providing protection against erosion processes, increasing the content of organic matter, cycling considerable amounts of nutrients and contributing to reduce soil compaction. This study aimed to evaluate the production and decomposition of sugarcane plant residues deposited on the surface and their relationship with soil compaction. The delineation process used was randomized blocks (RB) and the treatments consisted of seven times of evaluation of the decomposition rate: 0, 15, 30, 60, 90, 120 and 150 days after harvest. For the physical attributes, the RBs was also used, with six depths being evaluated: 0.00-0.10; 0.10-0.20; 0.20-0.30; 0.30-0.40, 0.40-0.50 and 0.50-0.60 m, both RB with five repetitions. To evaluate decomposition, a decomposition bag methodology was used.

*** Autor correspondente:**

jlrtorres@iftm.edu.br

Recebido: 08/09/2022.

Aprovado: 31/05/2024.

Como citar: Torres, J. L. R., Guardieiro, L. V. F., Sousa, J. P. G., Alves, C. P. M., Daines, R., & Vieira, D. M. da S. PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS E RELAÇÃO COM A COMPACTAÇÃO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR. Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1281>

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron 
Dr. Daniel Pinheiro

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



The following physical attributes were also evaluated: resistance to root penetration (RP), bulk density (BD), humidity and total porosity (TP) of the soil. After harvesting, 13.8 Mg ha⁻¹ of straw was added to the soil surface and at the end of 120 days the decomposition rate was 62%, leaving 5.3 Mg ha⁻¹ of this total; The highest values of RP (4.63 Mpa) and BD (1.68 kg dm⁻³) occurred at depth 0.30m, where TP was 39.91%. In this condition, it can be stated that in the sandy soil evaluated there is still no restriction on the plant's root development. The 0.09 m layer of straw on the soil helped to maintain humidity and reduce the problem of soil compaction caused by machinery traffic.

Keywords: straw; mechanical resistance to penetration; soil density; humidity; macro and microporosity.

INTRODUÇÃO

As atuais técnicas de manejo da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) estão baseadas no vigoroso revolvimento do solo por ocasião do preparo e plantio que, somados ao tráfego de máquinas e veículos de transbordo por ocasião da colheita, com massa total entre 20 a 30 toneladas, cujo tráfego é repetido durante vários ciclos e sob condições variáveis de umidade, causam alterações nos atributos físicos, químicos e nos níveis de matéria orgânica do solo (Torres *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2022).

Dentre estas alterações que ocorrem nos atributos físicos do solo, as mais comuns são a diminuição da macroporosidade, alteração no tamanho dos agregados, redução na taxa de infiltração, maior densidade e aumento da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (Sá *et al.*, 2016, Torres *et al.*, 2021b), que causam a queda do rendimento da cultura.

Alguns estudos comprovam que o sistema radicular da cana tem cerca de 75% das raízes concentradas até 0,40 m de profundidade, porém se não houver problemas de barreiras químicas e físicas, estas podem explorar até 2,00 m ou mais (Souza *et al.*, 2014; Moraes *et al.*, 2019). Monitorar a compactação do solo, através da resistência mecânica penetração das raízes, densidade e porosidade do solo, após a realização das etapas do processo produtivo da cana, é uma prática fundamental para identificar se está ocorrendo restrição ao desenvolvimento radicular das plantas, para que haja uma rebrota mais vigorosa e proporcione maior número de cortes (Torres *et al.*, 2013).

O sistema de colheita mecanizada em áreas com cana-de-açúcar foi introduzido com o intuito de reduzir as queimadas, para diminuir a concentração de gás carbônico na atmosfera e consequentemente contribuir com a diminuição do efeito estufa (Souza *et al.*, 2015). Além disso, a produção volumosa de palha, composta por folhas secas e verdes, pedaços de colmos e ponteiros, que são depositados na superfície protege o solo contra a erosão, contribui para a redução da compactação superficial (Johnson *et al.*, 2016).

Esta palha depositada na superfície do solo após cada corte aumenta a disponibilidade de matéria orgânica e consequentemente o Carbono orgânico total do solo (Potrich *et al.*, 2014), sendo que ao entrar em processo de decomposição proporciona uma melhoria da qualidade química do solo, pois promove a cicla-

gem de nutrientes, possibilitando diminuição do uso de fertilizantes minerais e beneficiando a sustentabilidade do sistema em longo prazo (Carvalho *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2022).

Dentre os fatores que afetam a decomposição desta palha, a relação carbono/nitrogênio (C/N) destes resíduos e a composição química da palha se destacam (Ramos *et al.*, 2016), assim como o volume de palha aportado na superfície do solo (Silva *et al.*, 2022), a atividade biológica no solo (Carvalho *et al.*, 2017), a distribuição de chuvas, a temperatura e os atributos do solo, como já evidenciado para outras plantas da família Poaceae (Pacheco *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2019).

Neste estudo, avaliou-se a produção e decomposição dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar depositados na superfície e sua relação com a compactação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

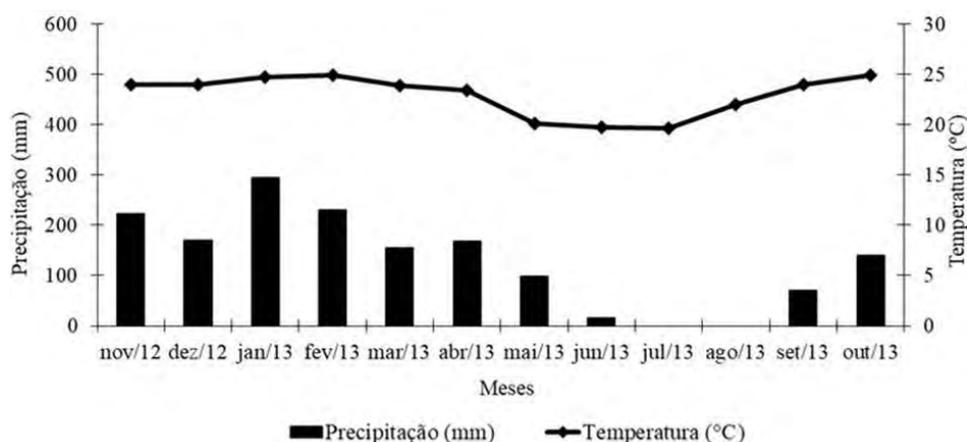
O estudo foi conduzido em uma área comercial de produção de cana-de-açúcar com quatro cortes, que fica localizada no município de Uberaba-MG, em uma área de produção de cana-de-açúcar de uma das usinas da região, na altitude de 795 m, logo após a colheita mecanizada da cana no mês de dezembro de 2012, quando a umidade do solo estava próxima (cerca de 25%) da umidade ótima de compactação determinada pelo teste de Proctor.

O solo predominante na área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com textura franco-argilo-arenosa (Santos *et al.*, 2018), tendo apresentado as seguintes características físicas e químicas na camada de 0,00 - 0,40 m: 210 g kg⁻¹ de argila; 80 g kg⁻¹ de silte; 710 g kg⁻¹ de areia; pH (H₂O) 6,3; 19 mg dm⁻³ de P (Mehlich⁻¹); 2,9 mmol_c dm⁻³ de K; 22 mmol_c dm⁻³ de Ca; 10 mmol_c dm⁻³ de Mg; 20 mmol_c dm⁻³ de H+Al; 16 g dm⁻³ de matéria orgânica e saturação por bases de 68 %.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Koppen atualizada (Beck *et al.*, 2018), tendo verão quente e chuvoso e inverno frio e seco.

Na região, ocorrem médias anuais de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na ordem de 1600 mm, 22,6 °C e 68%, respectivamente. Entretanto, em 2012 os valores de precipitação foram de 1680 mm (Figura 1).

Figura 1: Precipitação (mm) e temperatura (°C) médias obtidas na Estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) no período entre novembro/2012 a outubro/2013.



Fonte: dos autores.

Foram montados dois estudos na mesma área e parcelas experimentais, um no delineamento experimental de blocos ao acaso, sendo que os tratamentos constaram de sete épocas de coleta de sacolas para quantificação da decomposição da palha residual da cana-de-açúcar: 0, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a distribuição das sacolas de decomposição no campo, com cinco repetições.

Houve outro estudo para a compactação do solo na área, no delineamento de blocos ao acaso, sendo que os tratamentos constaram de seis profundidades: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30 - 0,40, 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, todas com cinco repetições.

A produção da palha residual depositada na superfície do solo após cada colheita foi avaliada em cinco pontos ao acaso, em cada parcela delimitada no canal, utilizando um gabarito metálico de 1,0 m² de área que foi lançado aleatoriamente e a seguir coletado todo material contido na área delimitada. As amostras foram secas a 65°C por 72 horas ou até massa constante, pesadas e os resultados expressos em Mg ha⁻¹.

Cada parcela foi composta por dez linhas de cana-de-açúcar, cada uma delas com 50 m de comprimento, espaçadas de 1,50 m entre linhas, totalizando 750 m² por parcela.

Antes de esta palha residual ser colhida em cada local onde o gabarito foi lançado, a sua espessura foi medida com uma régua graduada de 0,30 m.

Para avaliar a decomposição, foram utilizadas sacolas de nylon que são construídas com telas de nylon industrial resistente, com malha de abertura de 2 mm, confeccionadas no tamanho de 0,20 x 0,20 m (0,04 m²), sendo costuradas somente em 3 lados, sendo um deixado aberto para que os organismos maiores podem ter acesso ao material residual de cerca de 30 gramas da palha após terem sido secas em estufa a 65 °C.

Foram distribuídas 60 sacolas na superfície do solo em cada parcela, sendo coletadas duas por parcela em cada amostragem, que ocorreram aos 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a distribuição das sacolas no campo. Após a coleta das amostras, o resíduo vegetal de cada sacola foi limpo manualmente sobre peneira de malha de 0,053 mm, seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até massa constante e pesado em balança para determinação da massa e da taxa de decomposição.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais, aplicou-se o modelo matemático exponencial descrito por Thomas e Asakawa (1993), do tipo $X = X_0 e^{-kt}$, em que X é a quantidade de massa seca remanescente após um período de tempo t, em dias; X₀ é a quantidade inicial de massa seca e k é a constante de decomposição do resíduo.

Com o valor de k, foi estimado o tempo de meia-vida (T^{1/2} vida) dos resíduos remanescentes, com o uso da fórmula $T^{1/2} \text{ vida} = 0,693/k$, proposta por Paul e Clark (1996), que expressa o tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi determinada com o uso de penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar, com ângulo de ponteira cônica de 30° (Stolf *et al.*, 2014). Em cada parcela, realizaram-se cinco determinações da RP nas seguintes profundidades: 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50; e 0,50-0,60 m. Os dados de campo foram obtidos em números de impactos (dm⁻¹), tendo sido transformados em kgf cm⁻² por meio da equação $R (\text{kgf cm}^{-2}) = 5,6 + 6,98 N$ (Sene *et al.*, 1985). A seguir, estes valores foram multiplicados pela constante 0,098 para transformação em unidades MPa (Arshad *et al.*, 1996).

A densidade do solo (Ds) foi determinada em amostras com estrutura indeformada pelo método do anel volumétrico e que foram coletadas em anéis de

48 mm de diâmetro por 53 mm de altura, com o trado de Uhland, nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40, 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m, sendo as amostras secas a 105 °C por 24h. A distribuição de poros por tamanho foi determinada em amostras com estrutura indeformada, previamente saturadas por 24 h, utilizando uma unidade de sucção a 0,60 m de altura de coluna de água. Sendo assim, a macroporosidade (Ma), porosidade total (PT) e microporosidade (Mi) foram definidas segundo (Teixeira *et al.*, 2017).

Para a avaliação do conteúdo de água, determinou-se a umidade volumétrica do solo em amostras de solo coletadas nos mesmos dias e profundidades (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40; 0,40-0,50 e 0,50-0,60 m). Estas amostras foram acondicionadas em latas de alumínio, pesadas e colocadas para secar em estufas de circulação forçada de ar a 105 °C por 24 horas. Após a obtenção da umidade gravimétrica, esta foi multiplicada pela Ds e obteve-se a umidade volumétrica do solo (Teixeira *et al.*, 2017).

Os resultados encontrados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors, Cochran e Bartlett. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F para significância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade, com auxílio do Software *Agroestat*. Para a análise de regressão e gráfico de decomposição, utilizou-se o Software *Sigmaplot* versão 12.0.

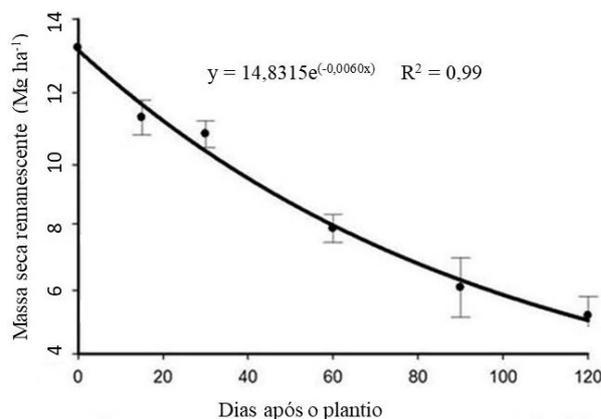
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aporte de resíduos vegetais na superfície do solo na área de cana-de-açúcar foi de 13,8 Mg ha⁻¹ após quatro cortes; valor este considerado dentro dos padrões de produção de palha observado em outros estudos. Cerri *et al.* (2011) destacam que após cada colheita mecanizada ocorre um aporte entre 10 a 20 Mg ha⁻¹ de massa seca na superfície do solo, que é formada por folhas e ponteiro da cana-de-açúcar. Cavalieri *et al.* (2011), no município de Rio Brillante, MS, quantificaram valores ao redor de 10,0 Mg ha⁻¹ em seus estudos também conduzidos no Cerrado, enquanto que Souza *et al.* (2015) obtiveram 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em Pradópolis, SP.

Esta quantidade de palha depositada na superfície proporcionou uma cobertura do solo com espessura de 0,09 m que, além de proporcionar boa proteção contra processos erosivos, ainda pode reduzir a necessidade de fertilizantes em médio e longo prazo, diminuir a amplitude térmica no solo, mantendo a umidade mais favorável à produção da cultura (Cerri *et al.*, 2011).

Avaliando a taxa de decomposição dos resíduos da cana-de-açúcar, observou-se que esta foi de 19, 23, 25, 34 e 62% aos 15, 30, 60 90 e 120 dias respectivamente, sendo que ao final do período avaliado ainda restavam 5,3 Mg ha⁻¹ de massa seca remanescente sobre a superfície do solo (Figura 2).

Figura 2: Massa seca remanescente avaliada aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após 4 cortes da cana, em Uberaba, MG.



Fonte: dos autores.

Esta decomposição aumentou gradativamente ao longo dos 150 dias avaliados, como esperado, contudo, quando ocorre precipitação em quantidade e temperatura adequada (Figura 1), a decomposição dos resíduos acontece de forma mais acelerada, como já comprovado em estudos com algumas outras culturas (Pacheco *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2021a; Silveira *et al.*, 2021). O elevado aporte de matéria orgânica (palha) depositado sobre a superfície do solo nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar favorece o aumento da atividade e da diversidade biológica existente na área, devido a maior disponibilidade de alimento (Ferreira *et al.*, 2019; Ribeiro Neto *et al.*, 2024), o que consequentemente acelera a decomposição dos resíduos (Lima *et al.*, 2019).

Resultados semelhantes foram reportados em outros estudos, onde foi comprovado que as melhores condições de temperatura e umidade favoreceram e aceleraram a decomposição dos resíduos depositados na superfície do solo da cana-de-açúcar (Torres *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2019) e outras Poáceas (Torres *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2021a).

Através da constante de decomposição (k) da análise de regressão, é possível estimar o tempo de meia vida (T^{1/2} vida) dos resíduos culturais da cana depositados na superfície do solo que expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha. Neste estudo o valor encontrado foi de 115 dias (Tabela 1). Pode-se afirmar que esta decomposição foi bem lenta, quando comparada às taxas observadas em outras culturas que, apesar de não terem sido avaliadas neste estudo, pode-se inferir que este comportamento se deve a elevada relação carbono/nitrogênio (C/N) da palha.

Tabela 1: Constante de decomposição (k) e tempo de meia vida (T^{1/2} vida) dos resíduos culturais da cana, no município de Uberaba no ano de 2012.

Palha da cana-de-açúcar		
K	T ^{1/2} vida	r ²
g g ⁻¹	dias	-
0,0060	115,5	0,99 *

* = Significativo (p<0,05), r² = coeficiente de determinação.

Fonte: dos autores.

De forma geral, a relação C/N dos resíduos da cana-de-açúcar são elevadas, pois são materiais ricos em celulose, hemicelulose e lignina (Ramos *et al.*, 2016), sendo que isso dificulta a ação dos microrganismos do solo que terão um maior gasto de energia para decompor o resíduo, consequentemente tornando a decomposição dos resíduos lenta e com elevados T^{1/2} vida (Torres *et al.*, 2021b; Silva *et al.*, 2022).

A cana é uma cultura muito exigente em N, sendo que após cada corte é feito uma nova adubação suplementar da cultura, o que afeta diretamente a taxa de decomposição dos resíduos aportada na superfície do solo, que é sempre maior logo após a aplicação, assim como observado neste estudo. Vitti *et al.* (2008), em estudo realizado em Pradópolis, SP, avaliaram a aplicação das doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N sobre os resíduos de cana-de-açúcar e observaram que a decomposição da palhada foi maior nas parcelas adubadas com N, em relação à testemunha (sem adição de N) e que após 14 meses, verificou-se que 37 a 65 % da matéria seca do material da palhada remanescente sobre o solo.

Em seu estudo avaliando a decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio, Potrichi *et al.* (2014) observaram T^{1/2} vida de 908, 339, 34 e 211 dias, quando aplicou as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, comprovando que a aplicação de doses crescentes de N proporcionou aumento das taxas de decomposição e redução do T^{1/2} vida.

Segundo Ambrosano *et al.* (2011), os resíduos vegetais com relação C/N entre 10 e 12:1 apresentam rápida decomposição e com relação entre 25 e 35:1 apresen-

tam decomposição sem provocar a imobilização de N no solo e, acima desses valores há imobilização. Vitti *et al.* (2008) destacam que a palha de cana-de-açúcar apresenta em média uma relação C/N de aproximadamente 100:1, enquanto que uma das outras Poáceas que apresenta relação mais próxima é o milho, de 60:1, com isso podendo-se esperar lenta decomposição dos resíduos da cana e alta imobilização de N no solo.

Segundo Silva *et al.* (2022), o processo de decomposição é acelerado à medida que aumenta o aporte de palha sobre o solo e que este comportamento está diretamente relacionado à melhoria das condições de temperatura e umidade do solo que favorecem o crescimento da atividade microbiológica do solo. Segundo Carvalho *et al.* (2017) e Ferreira *et al.* (2019), o aporte de palha cria um ambiente melhor para o desenvolvimento de comunidades biológicas do solo, pois além da maior disponibilidade de alimentos para os organismos do solo, ainda mantém uma umidade mais constante e consequentemente mais próxima da ideal para movimento de máquinas na superfície do solo.

Esta taxa de decomposição dos resíduos também é influenciada pela relação C/N e composição química da palha (Ramos *et al.*, 2016), crescimento radicular e microbiano na palha, distribuição de chuvas, temperatura e atributos do solo (Torres *et al.*, 2019).

Foram analisados, de forma conjunta, os valores da resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP) e da densidade do solo (DS), que variaram entre 1,69 a 4,63 MPa e de 1,51 a 1,68 kg dm⁻³, respectivamente, e que foram medidos no solo com a umidade variando entre 0,26 a 0,29 cm³ cm⁻³ (Tabela 2).

Tabela 2: Resistência do solo a penetração (RP), densidade do solo (DS) e umidade volumétrica (Uv) em uma área cultivada com cana após 4 cortes, em Uberaba-MG.

Profundidade m	Atributos físicos		
	RP	DS	Uv
	Mpa	kg dm ⁻³	cm ³ cm ⁻³
0,00-0,10	2,63 b*	1,55 b*	0,26 b*
0,10-0,20	4,32 a	1,65 a	0,28 a
0,20-0,30	4,63 a	1,68 a	0,28 a
0,30-0,40	2,87 b	1,56 b	0,28 a
0,40-0,50	1,97 c	1,52 c	0,29 a
0,50-0,60	1,69 c	1,51 c	0,29 a
CV (%)	9,70	1,91	3,19

* = Significativo; médias seguidas de mesma letra na coluna comparam as profundidades, diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: dos autores.

Analisando somente os valores de RP que variaram entre 4,32 e 4,63 MPa, na profundidade de 0,10 a 0,30 m, valores estes considerados muito altos pela classificação proposta por Arshad *et al.* (1996), pode-se inferir que já está ocorrendo prejuízo no desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar.

Contudo, Sá *et al.* (2016) destacam que o elevado aporte de palha na superfície protege o solo nas áreas cultivadas com cana, ameniza o problema da compac-

tação e estabelece o valor da RP crítica ao desenvolvimento radicular da cana em 3,8 Mpa. Silva *et al.* (2022) destacam que em solos que não são revolvidos anualmente, como é o caso da cultura da cana-de-açúcar, valores de resistência próximos de 4,0 MPa são toleráveis, devido à permanência e continuidade dos poros, à atividade biológica mais ativa e à maior estabilidade dos agregados, valores estes observados nas camadas de 0,10 a 0,30 m neste estudo.

Sabe-se que não existe um consenso na literatura sobre qual é este limite crítico de RP, pois Grant e Lanfond (1993) destacam que, de forma geral, a faixa limite desenvolvimento radicular das plantas varia de 1,5 a 3,0 Mpa, enquanto que Arshad *et al.* (1996) consideram que este limite ocorre na faixa de 2,0 a 4,0 Mpa. Entretanto, para Torres *et al.* (2013) o valor de 2,00 MPa é aceitável como limite crítico pela maioria dos estudos com RP citados na literatura.

Na colheita mecanizada da cana, com o aporte de palha na superfície do solo variando entre 10 a 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, aumenta o potencial para diminuição do contato do rodado com a superfície do solo, dissipando parte da pressão exercida pelas rodas das máquinas agrícolas, que ameniza o problema da compactação (Torres *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2015), contudo, estes valores de aporte de palha oscilam em função da variedade e idade do canavial (Silva *et al.*, 2022). Segundo Johnson *et al.* (2016), o acúmulo de folhas secas e verdes, pedaços de colmos e ponteiros depositados sobre o solo como camada de palha com espessura aproximada entre 0,08 a 0,12 m, contribui para a redução da compactação superficial; efeito este que pode estar ocorrendo neste estudo.

Com relação à DS, na profundidade de 0,10 a 0,30 m, o valor variou entre 1,65 e 1,68 kg dm⁻³, sendo que ambos ficaram acima de 1,60 kg dm⁻³, que foi o valor estabelecido por Silva e Rosolem (2001) como crítico para o desenvolvimento destas culturas em qualquer tipo de solo. Contudo, para solos arenosos, Araújo *et al.* (2004) estabelece que o limite crítico é de 1,65 kg dm⁻³, desta forma só estaria ocorrendo alguma restrição no desenvolvimento radicular das plantas na camada de 0,20 a 0,30 m (1,68 kg dm⁻³) (Tabela 2).

Neste estudo, a umidade volumétrica (Uv) do solo variou entre 0,26 e 0,29 cm³ cm⁻³, com o solo apresentando-se mais seco na camada mais superficial de 0,00 a 0,10 m, onde ocorreu o menor valor de RP, de 2,87 Mpa.

As variações de RP são diretamente influenciadas pela umidade no momento da sua determinação, entretanto, o mesmo não acontece com DS, que não sofre influência da umidade neste momento, mesmo em solos cultivados com cana-de-açúcar, onde o elevado volume de palha tende manter uma maior umidade do solo na superfície e aumentar este valor em profundidade (Silva *et al.*, 2022).

Avaliando áreas de cana planta de segundo e de quarto corte, Centurion *et al.* (2007) observaram que o tempo de cultivo da cana interferiu na estrutura do solo, causando o aumento da DS e diminuição da porosidade total. Torres *et al.* (2013), comparando áreas colhidas manual e mecanicamente após terceiro corte, observaram a ocorrência dos maiores valores de RP e DS em ambas as áreas na profundidade de 0,30 m, decorrente ao uso intensivo de máquinas, onde os valores foram superiores na área de cana queimada, devido à falta de cobertura (palha) sobre o solo.

Em solos arenosos (71% de areia), como o encontrado neste estudo, esta faixa crítica tende a aumentar, possibilitando a utilização, como referência para RP, dos limites superiores destacados por Arshad *et al.* (1996) e Silva *et al.* (2022) (4,0 Mpa) e, para DS o valor destacado por Araújo *et al.* (2004) (1,65 kg dm⁻³) que, associado a uma camada de palha de 0,09 m, pode ter amortizado o efeito causado pela movimentação de máquina na superfície do solo. Pode-se inferir que talvez ainda não esteja ocorrendo restrição ao desenvolvimento radicular da planta, o que vai ser confirmado ou não pela avaliação da porosidade do solo.

Analisando os valores de macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT), pode-se evidenciar o aumento da RP e da DS na profundidade de 0,0 a 0,30 m (Tabela 2) que estão diretamente relacionados à diminuição da PT do solo, pois foi nessa mesma profundidade onde ocorreram os menores valores de Ma, Mi e PT (Tabela 3).

Tabela 03: Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT) e relação Ma/PT cultivada com cana após 4 cortes, em Uberaba, MG.

Prof. m	Ma	Mi %	PT	Ma/PT dm ⁻³ dm ⁻³
0,00-0,10	4,63 c*	30,11 d	34,74 d	0,13 c
0,10-0,20	6,48 b	31,00 d	37,48 c	0,17 b
0,20-0,30	7,61 a	32,30 c	39,91 b	0,19 a
0,30-0,40	8,33 a	32,50 c	40,83 b	0,21 a
0,40-0,50	7,03 b	34,36 b	41,39 b	0,17 b
0,50-0,60	7,01 b	38,29 a	45,30 a	0,16 b
CV (%)	8,98	10,01	8,53	11,03

* = Significativo; médias seguidas de mesma letra na coluna comparam as profundidades, que não diferem entre si (Tukey, p<0,05).

Fonte: dos autores.

Em seus estudos, Bertol *et al.* (2004) afirmam que de três a quatro anos após a implantação da cultura é comum os solos apresentarem maiores valores de Ds e Mi, associados a menores valores de Ma e PT na camada mais superficial. Os autores afirmam que isso ocorre em razão do arranjo natural do solo não

mobilizado e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas mais pesados, sobre a superfície do solo.

Segundo Kiehl (1979), o solo ideal para o desenvolvimento das raízes das plantas é aquele que contém 1/3 de Ma (34% da PT) e 2/3 de Mi (66% da PT), enquanto que

Bertol *et al.* (2004) destacam que os valores considerados ideais para que a planta possa desenvolver normalmente é de cerca de 1/3 do PT ($0,33 \text{ dm}^{-3} \text{ dm}^{-3}$).

Analisando os valores obtidos neste estudo com estas premissas e de forma conjunta, observou-se que na camada 0-10 obteve-se 4,63% de Ma + 30,11% de Mi, o que dará um total de 34,74% de PT (Tabela 3); valores estes semelhantes aos citados por Kiehl (1979) e Bertol *et al.* (2004), o que evidencia que mesmo com a RP e a DS atingindo os maiores valores na profundidade de 0,30 m de 4,63 Mpa e $1,68 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente, a PT do solo ainda é elevada (39,91%) nesta mesma camada. Analisando os dados obtidos neste estudo de RP, DS, PT em solos arenosos de forma conjunta, pode-se afirmar que ainda não está havendo restrição para o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar neste local.

CONCLUSÃO

Após a colheita, ocorreu aporte de $13,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ de palha na superfície do solo e ao final de 120 dias a taxa de decomposição foi de 62%, restando $5,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ deste total;

Os maiores valores de resistência penetração de raízes (4,63 Mpa) e densidade do solo ($1,68 \text{ kg dm}^{-3}$) ocorreram na profundidade 0,30 m, onde a porosidade total foi de 39,91%. Nesta condição, pode-se afirmar que no solo arenoso avaliado ainda não está havendo restrição para o desenvolvimento radicular da planta;

A camada de palha de 0,09 m sobre o solo colaborou com a manutenção da umidade e a diminuição do problema da compactação do solo causado pelo tráfego de máquinas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro Campus Uberaba pela infraestrutura disponibilizada, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do estudo, ao CNPq e à Fundação Agrisus pela concessão de bolsa de Iniciação Científica aos estudantes.

REFERÊNCIAS

AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SHAMMASS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; SACHSM, R. C. C.; AZCÓN, R. Produtividade de cana-de-açúcar após cultivos de leguminosas. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 810-818, 2011. doi.org/10.1590/S0006-87052011000400012. Disponível em: scielo.br/j/brag/a/gH8gGWp39kMDHC-G8kQMn3Wn/. Acesso em: 24 jun. 2024.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; INOUE, T.T.; COSTA, A.C.S. Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.459-504, 2004. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832004000300011. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/ngFSKDPZXLrhTqjZ8wch6LB/. Acesso em: 8 set. 2022.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. Cap. 7, p.123-141. (SSSA Special publication 49).

BECK, H.E.; ZIMMERMANN, N.E.; MCVICAR, T.R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E.F. Present and future Koppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v.5, 2018. DOI: doi.org/10.1038/sdata.2018.214. Disponível em: nature.com/articles/sdata2018214#citeas. Acesso em: 8 ago. 2022.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.21, p.55-65, fev. 2004. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832004000100015. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/vLt59ZdvF9sqCB-FxStKtFcf/. Acesso em: 21 jun. 2024.

CARVALHO, J.L.N.; NOGUEIROL, R.C.; MENANDRO, M.N.S.; BORDONAL, R.O.; BORGES, C.D.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J. Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. **Global Change Biology Bioenergy**, v.9, n.7, p.1181-1195, 2017. DOI: doi.org/10.1111/gcbb.12410. Disponível em: onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12410. Acesso em: 7 ago. 2022.

CAVALIERI, K.M.V.; CARVALHO, L.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; TORMENA, C.A. Qualidade física de três solos sob colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1541-1549, out. 2011. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500008](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500008). Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/NBrHQ8Zvr5yY-gVspCZmHvgF/. Acesso em: 16 ago. 2022.

CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de**

Ciência do Solo, v.31, n.2, p.199-209, abr. 2007. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832007000200002. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/LwGw6Mh-7J6hVRzQ9DR8SdTc/. Acesso em: 11 jun. 2022.

CERRI, C.C.; GALDOS, M.V.; MAIA, S.M.F.; BERNOUX, M.; FEIGL, B.J.; POWLSON, D.; CERRI, C.E.P. Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. **European Journal of Soil Science**, v.62, n.1, p.23-28, Feb. 2011. DOI: doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01315.x. Disponível em: bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2389.2010.01315.x. Acesso em: 10mar. 2022.

FERREIRA, C. R.; GUEDES, J. N.; ROSSET, J. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Diversity of the edaphic macrofauna in areas managed under no-tillage for different periods. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.2, p.599-610, 2019. DOI: doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n2p599. Disponível em: ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/32106/25249. Acesso em: 8 abr.2024.

GRANT, C.A.; LAFOND, G.P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v.73, n.2, p.223-232, 1993. DOI: doi.org/10.4141/cjss93-024. Disponível em: cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjss93-024. Acesso em: 7 abr. 2020.

JOHNSON, J.M.F.; STROCK, J.S.; TALLAKSEN, J.E.; REESE, M. Corn stover harvest changes soil hydrology and soil aggregation. **Soil and Tillage Research**, v.161, p.106-115, Aug. 2016. DOI: doi.org/10.1016/j.still.2016.04.004. Disponível em: sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198716300472?via%3Dihub. Acesso em: 8 set. 2022.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979, 263p.

LIMA, S.S.; BENAZZI, E.S.; OLIVEIRA, N.C.R.; LEITE, L.F.C. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Agrarian**, v.12, n.45, p.328-337, 2019. DOI: [10.30612/agrarian.v12i45.8975](https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i45.8975). Disponível em: ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/8975. Acesso em: 8 abr. 2024.

MORAES, E.R.; MAGESTE, J.G.; LANA, R.M.Q.; TORRES, J.L.R.; DOMINGUES, L.A.S.; LEMES, E.M.; LIMA, L.C. Sugarcane root development and yield under different soil tillage practices. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.43, p.e0180090, 2019. DOI: doi.org/10.1590/18069657rbcs20180090. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/3zQ3KbD-9cm8xcmCVDtLfQWb/. Acesso em: 8 set. 2022.

PACHECO, L.P.; MIGUEL, A.S.D.C.S.; SILVA, R.G.; SOUZA, E.D.; PETTER, F.A.; KAPPES, C. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.8, p.582-591, Aug. 2017. DOI: doi.org/10.1590/S0100-204X2017000800003. Disponível em: scielo.br/j/pab/a/ZH7hNyFFst-NgXBzMnjkbTcQ/. Acesso em: 8 abr. 2024.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. (Eds). **Soil microbiology and biochemistry Academic**, Publisher: Academic Press Limited, Londres, 1996, 340p.

POTRICH, Douglas C.; MARCHETTI, M. E.; POTRICH, Diego C.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; SOUZA, N. H. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.4, 1751-1760, jul./ago. 2014. DOI: doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p1751. Disponível em: ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13856/pdf_368. Acesso em: 8 set. 2022.

RAMOS, N.P.; YAMAGUCHI, C.S.; PIRES, A.M.M.; ROSSETTO, R.; POSSENTI, R.A.; PACKER, A.P.; CABRAL, O.M.R.; ANDRADE, C.A. Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1492-1500, set. 2016. DOI: doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900048. Disponível em: scielo.br/j/pab/a/tXFmFDdtV-wBrvNVYnRQKKBf/. Acesso em: 18 fev. 2022.

RIBEIRO NETO, A.; LIMA, S. S.; THULER, R. T.; LOSS, A.; VIEIRA, D. M. S.; LOS, A.; SAMPAIO, I.U.M.; COELHO, V. O.; TORRES, J. L. R. Edaphic macrofauna in areas cultivated with irrigated brassica under no tillage system. **RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.18, n.4, p. 1-18, 2024. DOI: doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-024. Disponível em: rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/4654/1660. Acesso em: 8 abr. 2024.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; FRANZ, C.A.B.; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1610-1622, set. 2016. DOI: doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900061. Disponível em: scielo.br/j/pab/a/7nVHPRGVYbG-8nbBCSFMfgdm/. Acesso em: 8 set. 2022.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBREAS, F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de**

solos. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 353 p.

[/4PpJK8yGc7f3PRZ5HrmNtvy/](#). Acesso em: 8 set. 2022.

SENE, M.; VEPRASKAS, M.J.; NADERMAN, G.C.; DENTON, H.P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, n.2, p.422-427, Mar./Apr. 1985. DOI: doi.org/10.2136/sssaj1985.03615995004900020030x. Disponível em: access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1985.03615995004900020030x. Acesso em: 11 jul. 2020.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.253-260, jun. 2001. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832001000200001. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/afxjttVbZFwK7Tj-v8jFM4VDF/. Acesso em: 18 set. 2019.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, n.10, p.1351-1361, Oct. 1993. DOI: [doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90050-L). Disponível em: sciencedirect.com/science/article/pii/003807179390050L?via%3Dihub. Acesso em: 11 jul. 2020.

SILVA, I.D.C.; SOUZA, Z.M.; SANTOS, A.P.G.; FARHATE, C.V.V.; OLIVEIRA, I.N.; TORRES, J.L.R. Removal of different quantities of straw on the soil surface: effects on the physical attributes of the soil and the productivity of sugarcane yield in Southeast Brazil. **Sugar Tech**, v.24, p.1404-1419, 2022. DOI: doi.org/10.1007/s12355-021-01082-3. Disponível em: link.springer.com/article/10.1007/s12355-021-01082-3. Acesso em: 8 set. 2022.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; CUNHA, M.A.; MARTINS, M.E.; VIEIRA, D.M.S. Physicochemical properties of soil and biomass in sugarcane harvesting systems. **Revista Ciências Agrárias**, v.56, n.4, p.311-318, Oct. 2013. DOI: doi.org/10.4322/rca.2013.047. Disponível em: ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/881. Acesso em: 8 set. 2022.

SILVEIRA, B.S.; TORRES, J. L.R.; ORIOLI JÚNIOR, V.; FAVARO, J. H. S.; COSTA, L. L.; CHARLO, H. C.O. Cover crops in the production of green and sweet corn. **Horticultura Brasileira**, v.39, n.1, p.94-101, Jan./Mar. 2021. DOI: doi.org/10.1590/s0102-0536-20210114. Disponível em: scielo.br/j/hb/a/C5Yyc-5VFqWlMx5WWJjffM. Acesso em: 8 abr. 2024.

TORRES, J.L.R.; MAZETTO JÚNIOR, J.C.; SILVA JÚNIOR, J.; VIEIRA, D.M.S.; SOUZA, Z.M.; ASSIS, R.L.; LEMES, E.M. Soil physical attributes and organic matter accumulation under no-till-age systems in the cerrado. **Soil Research**, v.57, n.7, p.712-718, 2019. DOI: 10.1071/sr19047.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; COOPER, M.; TORMENA, C.A. Controlled traffic and soil physical quality of an Oxisol under sugarcane cultivation. **Scientia Agricola**, v.72, n.3, p.270-277, May/June 2015. DOI: doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0078. Disponível em: scielo.br/j/sa/a/zBcMMvkb-zsHZmtBbhFTwGjS/. Acesso em: 16 jul. 2019.

TORRES, J.L.R.; GOMES, F.R.C.; BARRETO, A. C.; ORIOLI JUNIOR, V.; FRANÇA, G. D.; LEMES, E. M. Nutrient cycling of different plant residues and fertilizer doses in broccoli cultivation. **Horticultura Brasileira**, v.38, n.1, p.11-10, Jan./Mar. 2021a. doi.org/10.1590/s0102-0536-20210102. Disponível em: scielo.br/j/hb/a/63XC-nMX9FhsCsfDjYrqr9r8R/. Acesso em: 8 abr. 2024.

SOUZA, G.S.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; BARBOSA, R.S.; ARAÚJO, F.S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.135-146, Feb. 2014. DOI: doi.org/10.1590/S0100-06832014000100013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8bFw8Z68Yx-qXVCwBS3jJKML/>. Acesso em: 11 jul. 2020.

TORRES, J.L.R.; SILVA, V.R.; COSTA, D.D.A.; PEREIRA, M.G.; ASSUNÇÃO, S.A.; GONZALEZ, A.P.; PINTO, L.A.S.R.; LOSS, A. Aggregation and dynamics of soil organic matter under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v.59, n.7, p.715-716, 2021b. DOI: 10.1071/sr20230.

STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; SILVA, L.C.F.; MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto stolf: programa computacional de dados em excel-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.3, p.774-782, jun. 2014. doi.org/10.1590/S0100-06832014000300009. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M.O.; TOVAJAR, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2757-2762, 2008. Número especial. Disponível em: scielo.br/j/rbcs/a/KHvb-f83hgR3PNwWtCgrK6nj/. Acesso em: 8 set. 2022.

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● AGRONOMIA

EFICÁCIA AGRONÔMICA DE *Priestia arybathaii* E *Priestia megaterium* SOBRE A PRODUTIVIDADE DA SOJA (*Glycine max*)

Stephany Baumer Franceschini¹ , Isabel Cristina Padula Paz¹ ,
Alexandre Martins Guimarães¹ 

¹ Biota Innovations

Resumo: O cultivo de soja enfrenta desafios diante da necessidade global de aumentar a produção de alimentos e da crescente discussão sobre a redução do uso de insumos químicos. Os efeitos da agricultura intensiva ganham destaque diante da variação climática no Brasil, somada ao aumento das médias globais de temperatura. Diante desses desafios, eventos climáticos extremos, como estresse hídrico e secas, ressaltam a urgência de alternativas agrícolas mais resilientes. Assim, o uso de microrganismos, em especial inoculantes, torna-se uma alternativa sustentável que reduz o consumo de recursos finitos e agressivos para a produção de grãos. Os microrganismos *Priestia arybathaii* e *Priestia megaterium* possuem comprovação científica, pois, ao produzir exopolissacarídeos (EPS) desempenham um papel essencial na regulação da movimentação dos nutrientes e da água em direção às raízes das plantas, mitigando os efeitos do estresse hídrico. O presente trabalho, portanto, objetiva avaliar a eficácia agronômica do produto "ESTIVE" *Priestia arybathaii* (sin. *Bacillus arybathaii*) + *Priestia megaterium* (sin. *Bacillus megaterium*), para o crescimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em cinco condições edafoclimáticas diferentes. Os resultados mostraram aumento significativo no crescimento da soja em altura, peso seco e produtividade com o uso do inoculante, evidenciando sua adaptabilidade em diferentes regiões. Houve um incremento de 2 a 15 sacos/hectare na produtividade em comparação com a testemunha absoluta. Conclui-se que o inoculante possui potencial significativo para otimizar o desenvolvimento da cultura em diversos ambientes, destacando-se como uma estratégia promissora para impulsionar a produção de soja de maneira eficiente e sustentável.

Palavras-chave: Estresse hídrico. *Glycine max* L.. Inoculante. Microrganismos promotores de crescimento. Sustentabilidade.

AGRONOMIC EFFICACY OF *Priestia arybathaii* AND *Priestia megaterium* ON SOYBEAN (*Glycine max*) PRODUCTIVITY

Abstract: faces challenges due to the global need to increase food production and the growing discussion about reducing the use of chemical inputs. The effects of intensive agriculture are highlighted by the climatic variation in Brazil, coupled with the rise in global average temperatures. Amid these challenges, extreme weather events, such as water stress and droughts, the urgency of more resilient and adaptable agricultural alternatives. Thus, the use of microorganisms, especially inoculants, becomes a sustainable alternative that reduces the consumption of finite and aggressive resources for grain production. The microorganisms *Priestia arybathaii* and *Priestia megaterium* have scientific backing, as they produce exopolysaccharides (EPS) that play a crucial role in regulating the movement of nutrients and water toward plant roots, mitigating the effects of water stress. This study aims to evaluate the agronomic efficacy of the product "ESTIVE" *Priestia arybathaii* (syn. *Bacillus arybathaii*) + *Priestia megaterium* (syn. *Bacillus megaterium*) for the growth of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) in five different edaphoclimatic conditions.

* Autor correspondente:

qualidade@biotainova.com.br

Recebido: 12/02/2024.

Aprovado: 10/06/2024.

Como citar: Baumer Franceschini, S., Padula Paz, I. C., & Martins Guimarães, A. . EFICÁCIA AGRONÔMICA DO PRODUTO ESTIVE (*Priestia arybathaii* + *Priestia megaterium*) SOBRE O CRESCIMENTO DE SOJA EM CINCO CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DIFERENTES. Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1377>

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron 

Dr. Arcangelo Loss 

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



The results showed a significant increase in soybean growth in height, dry weight, and productivity with the use of the inoculant, demonstrating its adaptability in different regions. There was a notable increase of 2 to 15 bags/hectare in productivity compared to the absolute control. It is concluded that the inoculant has significant potential to optimize crop development in various environments, emerging as a promising strategy to boost soybean production efficiently and sustainably.

Keywords: Water stress. *Glycine max* L.. Inoculant. Growth-promoting microorganisms. Sustainability.

INTRODUÇÃO

O cultivo de soja está entre as atividades que apresentam um dos maiores crescimentos econômicos na agricultura (Fulaneti, 2022). O Brasil, especificamente, é o maior produtor mundial, estimativas preveem uma produção representativa de cerca de 162,43 milhões de toneladas em aproximadamente 45,3 milhões de hectares para a safra 2023/24 (Conab, 2023). O uso do grão é bastante diverso e engloba a fabricação de ração, óleo, biocombustível, além do setor industrial (Güzeler *et al.*, 2016). No entanto, a crescente demanda por soja tem levado à adoção de práticas agrícolas intensivas, caracterizadas pelo uso excessivo de insumos químicos. Embora, inicialmente isso possa aumentar a produtividade, essa abordagem pode tornar as lavouras mais vulneráveis às mudanças climáticas, criando um ciclo de dependência prejudicial ao meio ambiente e à sustentabilidade a longo prazo (Belo *et al.*, 2012).

Esta preocupação é exacerbada pela diversidade climática do Brasil, onde as variações regionais se combinam com o aumento das temperaturas médias globais, expondo as culturas a períodos de estiagem intensos com frequência crescente (Magalhães, Gabrielle de Oliveira *et al.*, 2021). As mudanças climáticas, associadas ao aquecimento global, contribuem para a ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, secas prolongadas e chuvas intensas. Esses fenômenos prejudicam diretamente a produção agrícola, comprometendo o desenvolvimento das culturas, a estabilidade dos métodos de cultivo e, futuramente, a segurança alimentar (Cenci; Lorenzo, 2020).

Conforme supracitado, a escassez de chuvas tem desafiado os agricultores, exigindo a implementação de estratégias para lidar com a estiagem. Visto que, essas condições adversas afetam diretamente o ciclo de vida das plantas, incluindo a germinação das sementes. A ocorrência da germinação depende diretamente da absorção de água e, a diminuição da disponibilidade desse recurso pode reduzir significativamente o número de sementes germinadas (De Castro *et al.*, 2023). Além disso, a deficiência hídrica nas fases subsequentes tem efeitos diretos na taxa fotossintética, uma vez que ocorre o fechamento dos estômatos para evitar a transpiração. Isso, por sua vez, prejudica o processo de fixação biológica de nitrogênio, resultando na diminuição do desenvolvimento vegetativo da cultura da soja (Thomas; Costa, 2010).

Nesse contexto desafiador, o manejo do solo se destaca como uma medida fundamental para a sustentabilidade agrícola. Práticas como a manutenção da cobertura vegetal e a adoção do sistema de cultivo sem revolvimento do solo são especialmente relevantes. A cobertura vegetal desempenha um papel crucial na

retenção hídrica, enquanto o plantio das sementes utilizando apenas os sulcos de semeadura evita a compactação do solo, que pode ser causada pelo uso de máquinas pesadas. Essa abordagem, combinada com a rotação de culturas, beneficia os produtores a longo prazo, promovendo a saúde do solo (Guimarães, 2020).

No entanto, mesmo com todos esses esforços, as perdas devido à estiagem ainda representam um desafio significativo. Diante desse cenário, a biotecnologia surge como uma aliada promissora, propondo novas ferramentas para a mitigação dos impactos ambientais do estresse hídrico, onde os microrganismos, especialmente as bactérias do gênero *Priestia* (= *Bacillus*) têm mostrado um efeito positivo significativo nas produtividades agrícolas. Os mecanismos de ação pelos quais essas bactérias trazem esse efeito tamponante são diversos, tais como produções de osmólitos relacionados à homeostase, produção de enzimas relacionadas ao estresse oxidativo e a redução dos níveis de etileno na planta, etc (Cunha *et al.*, 2023). *Priestia aryabathai* e *Priestia megaterium* já são microrganismos com comprovação científica, destacando-se pelo fato de produzirem exopolissacarídeos (EPS), esse biofilme desempenha um papel essencial na regulação da movimentação dos nutrientes e da água em direção às raízes das plantas (Guimarães *et al.*, 2022).

Além disso, os microrganismos têm demonstrado habilidade em promover o crescimento e desenvolvimento das culturas, ao mesmo tempo em que melhoram a fertilidade do solo (Martins, 2020). O uso da biodiversidade microbiana se mostra como uma alternativa eficaz ao uso excessivo de produtos químicos, aumentando a resiliência, e conseqüentemente, conseguindo manter o metabolismo da planta ativo (De Castro *et al.*, 2023). Neste sentido, o presente trabalho tem sua importância justificada por fortalecer o incentivo de pesquisas e estudos na área, que, por sua vez, é um modo de alavancar o desenvolvimento do conhecimento científico voltado às tais práticas (Oliveira *et al.*, 2020).

Diferentes mecanismos de ação das bactérias do gênero *Priestia* spp. estão relacionadas a redução dos impactos dos estresses abióticos sobre a produtividade das lavouras, tais como acúmulo de osmólitos, compostos antioxidantes e produção de biofilme no entorno das raízes, o que contribui para o uso mais eficiente de água e nutrientes sob condições adversas, assim como reduz o impacto do estresse oxidativo. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia agrônômica de diferentes doses do inoculante "ESTIVE", em sua formulação líquida à base de *P. aryabathai* e *P. megaterium*, sobre a produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em cinco diferentes condições edafoclimáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas experimentais: Os experimentos foram implantados entre novembro e dezembro de 2022, em cinco áreas experimentais, onde foram cultivadas plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). A escolha das diferentes áreas foi realizada a fim de abranger todo o território nacional, buscando validar a tecnologia sob condições edafoclimáticas diversas. Abaixo, a descrição das áreas experimentais (Quadro 1):

Quadro 1: Descrição detalhada das cinco áreas experimentais avaliadas no ensaio de eficiência agronômica.

Área 1	
Estação Experimental ou Área Agrícola de Terceiros:	Fazenda Concórdia
Endereço:	MT 109, KM 20/Querência - MT
Coordenadas Geográficas:	Lat. 12° 44'3" S, Long. 52° 11'4" O
Tipo de exploração da terra:	Lavoura Experimental
Classificação do solo:	350 metros de altitude em relação ao nível do mar, em uma área com topografia plana, solo arenoso (Latosolo Vermelho-Amarelo) e clima tropical.
Data de implantação:	07/12/2022
Data de Avaliação:	20/03/2023
Área 2	
Estação Experimental ou Área Agrícola de Terceiros:	Estação Experimental Juliagro
Endereço:	BR 365 KM 640/Uberlândia - MG
Coordenadas Geográficas:	Lat. 18° 53' 52" S, Long. 48° 25' 17" O.
Tipo de exploração da terra:	Lavoura Experimental
Classificação do solo:	830 metros de altitude em relação ao nível do mar, em uma área com topografia levemente inclinado, solo arenoso (Latosolo Vermelho) e clima tropical.
Data de implantação:	16/12/2022
Data de Avaliação:	18/04/2023
Área 3	
Estação Experimental ou Área Agrícola de Terceiros:	Fazenda Rio Preto Talhado
Endereço:	Rodovia GO 174 Km 50 a esquerda sentido a Cachoeira Alta, sn - Zona Rural/Rio Verde - GO
Coordenadas Geográficas:	Lat. 18° 9' 31" S, Long. 50° 58' 49" O.
Tipo de exploração da terra:	Lavoura Experimental
Classificação do solo:	753 metros de altitude em relação ao nível do mar, em uma área com topografia levemente inclinado, latossolo vermelho distrófico com textura argilosa e clima tropical.
Data de implantação:	29/11/2022
Data de Avaliação:	13/03/2023

Área 4	
Estação Experimental ou Área Agrícola de Terceiros:	Fazenda Monte Alegre
Endereço:	GO 147, KM 36/Montividiu - GO
Coordenadas Geográficas:	Lat. 17° 29' 52,5"S, Long. 51° 09' 44,1" O.
Tipo de exploração da terra:	Lavoura Experimental
Classificação do solo:	930 metros de altitude em relação ao nível do mar, em uma área com topografia plana, solo de argiloso (Latosolo Vermelho-Férricos) e clima tropical.
Data de implantação:	02/12/2022
Data de Avaliação:	17/03/2023

Área 5	
Estação Experimental ou Área Agrícola de Terceiros:	Fazenda Cachoeira
Endereço:	Próximo ao Condomínio Fazenda Lagoa Seca, 21, Zona Rural/Itumbiara - GO
Coordenadas Geográficas:	Lat. 18° 30' 59" S, Long. 49° 15' 12" O.
Tipo de exploração da terra:	Lavoura Experimental
Classificação do solo:	856 metros de altitude em relação ao nível do mar, em uma área com topografia levemente inclinado, solo argiloso (Latosolo Vermelho-distrófico) e clima tropical.
Data de implantação:	20/12/2022
Data de Avaliação:	20/04/2023

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Implantação do experimento: Foi realizado o controle fitossanitário ao longo do experimento. As especificações da cultura e o tipo de adubação no solo de plantio estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2: Especificações da cultura da soja utilizada e da adubação do solo em cada área experimental.

Área	VARIETADE DA PLANTA	GRUPO DE MATURAÇÃO	ADUBAÇÃO DO SOLO
1	CREDENTZ CZ 37B39 12x	7.3	500 kg.ha ⁻¹ de NPK 02-23-23
2	NEAGEN NEO 720 12x	7.2	80 kg.ha ⁻¹ de NPK 06-27-06 + 150 kg.ha ⁻¹ de KCL aos 30 DAE
3	BRASMAX – BONUS I PRO	7.9	250 kg.ha ⁻¹ de NPK 10-46-10 + 160 kg.ha ⁻¹ de KCL.
4	CREDENTZ CZ 37B39	7.3	250 kg.ha ⁻¹ de NPK 10-46-10 + 160 kg.ha ⁻¹ de KCL
5	BRASMAX – BONUS I PRO	7.9	200 kg.ha ⁻¹ de MAP

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Agente biológico: O potencial produto testado (ESTIVE), em formulação líquida, foi produzido à base das bactérias *Priestia arybathaii* (sin. *Bacillus arybathaii*) BIB 01141 – 1×10^9 UFC/mL + *Priestia megaterium* (sin. *Bacillus megaterium*) BIB 01140 – 1×10^9 UFC/mL, ambas obtidas de solo rizosférico e pertencentes à bacterioteca da empresa BIOTA INNOVATIONS. No transcorrer do experimento, o produto ESTIVE foi aplicado nos sulcos de semeadura, enquanto o grupo controle negativo (testemunha) foi submetido à aplicação de água esterilizada. Ademais, utilizou-se o microrganismo *Azospirillum brasilense* (AbV5) 2×10^8 UFC/mL, como controle positivo, para fins de comparação com os resultados obtidos.

Delineamento experimental: O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados (DBC), com seis (6) tratamentos e quatro (4) repetições, nas áreas de um a quatro (1 a 4), na área cinco (5) foram realizadas cinco (5) repetições, a diferença se deve à homogeneidade da área 5. Cada parcela foi composta por 6 linhas de 8 metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,5, perfazendo uma parcela com área de 24 m².

Durante a condução do ensaio foram realizadas as seguintes avaliações de estande:

Vigor inicial: Foi realizada avaliação de vigor aos 21 DAE – dias emergência, conforme a escala descritiva de notas 1-10, sendo notas de 1 à 4 inferiores a testemunha, 5 sem diferença dos tratamentos em relação a testemunha e 6 à 10 com melhor desenvolvimento vegetativo comparado à testemunha (Kolchinski, Schuch, Peske, 2006).

Massa seca da parte aérea: Para obtenção da massa seca da parte aérea foi realizada a coleta de 5 plantas por parcela aos 21 DAE (dias após emergência) e no período reprodutivo (estádio fenológico R1 - início do florescimento), onde as amostras foram acondicionadas separadamente em sacos de papel identificados e submetidas estufa de fluxo contínuo à 65°C até a massa ficar constante. Após o processo foi realizada a pesagem das plantas (Junior *et al.*, 2022).

Altura de planta: A altura de plantas foi medida (cm) do nível do solo até o ápice da haste principal a partir da amostragem de 5 plantas aleatoriamente nos períodos vegetativos e reprodutivos (estádios fenológicos V3, V10 e R1) nas áreas um (1) e quatro (4) e (estádios fenológicos V4, V10 e R1) nas áreas dois (2), três (3) e cinco (5) (De Rezende, De Arruda Carvalho, 2007).

Componentes de produção: As avaliações do número de vagens/planta, número de grãos/planta e número de grãos/vagem foram realizados a partir da amostragem de 5 plantas aleatoriamente na parcela (Junior *et al.*, 2022).

Sintomas de fitotoxicidade: As avaliações foram realizadas aos 7 e 14 DAS (dias após semeadura) nas áreas um (1), dois (2), três (3) e cinco (5) e aos 8 e 14 dias na área quatro (4), utilizando escala de 0 a 100%. Os sintomas de fitotoxicidade foram avaliados seguindo a escala de Frans *et al.* (1986).

Produtividade: foi realizada a colheita de 10 m² (4 linhas centrais e 5 metros) nas áreas um (1), dois (2) e quatro (4) e de 8 m² (4 linhas centrais 4 metros) nas áreas três (3) e cinco (5). Os dados foram transformados em kg.ha⁻¹ e a umidade corrigida para 13% conforme Vencovsky e Cruz (1991). Após a análise de produtividade, foi retirada uma amostra para avaliação do peso de mil grãos (PMG).

Tratamentos: Para os tratamentos com ESTIVE, foi realizada uma aplicação (dirigida ao sulco de semeadura) através do equipamento pressurizado CO₂, equipada com uma barra contendo ponta única de pulverização do tipo M054 – MAG 2 (Cone vazio), pressão constante de 3,1 Kgf, vazão de 80 mL/s e volume de calda equivalente a 200 L.ha⁻¹. Já o tratamento Azototal consistiu em uma aplicação via tratamento do grão, onde foi realizada a mistura das sementes com o produto em sacos plásticos, previamente identificados para cada tratamento, em seguida, o conjunto foi agitado vigorosamente. Previamente e após a aplicação dos tratamentos efetuou-se a irrigação dos canteiros para melhor dissolução e uniformidade do potencial inoculante no solo. O tratamento testemunha constituiu-se de apenas água. O Azototal é o controle positivo do experimento, tecnologia já aprovada e validada pelo MAPA para a promoção de crescimento e produtividade de cultivos. Porém, o produto ESTIVE passou por validação experimental, onde os ensaios foram conduzidos seguindo todos os padrões solicitados pelo MAPA (Brasil, 1981), visando a aprovação do potencial inoculante para fins comerciais. As doses dos produtos utilizados em cada tratamento estão discriminadas no Quadro 3.

Quadro 3: Especificações dos tratamentos avaliados nas diferentes áreas experimentais.

TRATAMENTO	NOME COMERCIAL	DOSE UTILIZADA (g ou mL/ha) ¹
T1	ESTIVE	100
T2	ESTIVE	200
T3	ESTIVE	300
T4	ESTIVE	500
T5	TESTEMUNHA	-
T6	AZOTOTAL	100 mL/50 kg de semente

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Análise estatística: Os dados obtidos em cada ensaio foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Oneill & Mathews para avaliar os pressupostos da análise de variância (normalidade e homogeneidade). Após concordância, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F. As diferenças entre as médias dos tratamentos e testemunhas foram analisadas e desmembradas segundo emprego de Tukey a 5% de significância, este foi utilizado para comparação da média entre os tratamentos. Para estas análises o software R (R Core Team, 2017) foi utilizado em conjunto os pacotes Agricolae (Mendiburo, 2021) e ExpDes

(FERREIRA *et al.*, 2021). Para o cálculo dos percentuais de eficácia empregou-se a fórmula de Abbott (1925). Para utilização dos pacotes Agricolae e ExpDes foram aplicados os seguintes comandos, respectivamente:

To cite package 'agricolae' in publications use:

A BibTeX entry for LaTeX users is

@Manual{,

title = {agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research},

author = {Felipe {de Mendiburu}},

year = {2021},

note = {R package version 1.3-5},

url = {https://CRAN.R-project.org/package=agricolae}

To cite package 'ExpDes.pt' in publications use:

A BibTeX entry for LaTeX users is

@Manual{,

title = {ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)},

author = {Eric Batista Ferreira and Portya Piscitelli Cavalcanti and Denismar Alves Nogueira},

year = {2021},

note = {R package version 1.2.2},

url = {https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt}

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos, nas cinco áreas estudadas, nas doses de 200 a 500 mL.ha⁻¹, considerando o vigor inicial, as plantas contendo o tratamento ESTIVE apresentaram melhor desempenho em relação à testemunha. Considerando as doses citadas, nas áreas 3, 4 e 5 o vigor é superior ao padrão, à base de *Azospirillum brasilense*. Em relação aos tratamentos, a melhor dose, sendo superior aos valores da testemunha e do controle positivo, foi ESTIVE (500 mL.ha⁻¹) em todas as áreas analisadas (Tabela 1).

Tabela 1: Vigor Inicial de plantas da cultura da soja submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	Vigor Inicial - (Nota 1-10) - 21 DAE				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	8,4 n.s.	5 b	5 b	7 n.s.	5 c
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	7,75 n.s	6 b	6 b	7,75 n.s.	6 b
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	8,5 n.s.	6,5 ab	7,5 a	8,75 n.s.	7,4 a
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	8 n.s.	7 a	7,75 a	8,5 n.s.	7,6 a
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	8,75 n.s.	8 a	8 a	9 n.s.	7 a
Controle positivo	8,25 n.s.	7,25 a	6,25 a	8,25 n.s.	6,2 b

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. - Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

O aumento do vigor das plantas tratadas com ESTIVE pode ser atribuído à capacidade do inoculante em regular os hormônios, promover o crescimento das plântulas e aumentar a resistência aos estresses abióticos. Isso sugere que o inoculante pode ter influenciado positivamente as taxas de germinação, o crescimento das plântulas e, consequentemente, o rendimento na produtividade dos grãos de soja. As diferenças observadas nas áreas 1 e 2, em relação ao controle positivo, podem ser atribuídas à variedade específica da cultura de soja utilizada e as condições ambientais diversas em cada área analisada. O vigor das plantas, como mencionado, é influenciado não apenas pelo tratamento aplicado, mas também pelas reservas energéticas armazenadas pela semente durante sua formação. Essas reservas energéticas afetam diretamente a atividade celular e o desenvolvimento inicial da planta após a germinação (Henning, 2010).

Considerando a massa seca da parte aérea, todas as formulações do produto "ESTIVE" proporcionaram aumento, independente da condição edafoclimática em que o ensaio foi conduzido. Os valores expressos na tabela são maiores em relação à testemunha e, na dose de 500 mL.ha⁻¹, os resultados são superiores em relação ao controle positivo (Tabela 2).

Tabela 2: Massa seca da parte aérea (g) de plantas da cultura da soja submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	Massa seca da parte aérea (g) - 5 plantas/parcela									
	Área 1		Área 2		Área 3		Área 4		Área 5	
	21 DAE	R1	21 DAE	R1	21 DAE	R1	21 DAE	R1	21 DAE	R1
Testemunha	73,8 c	148,4 d	11,275 b	43,13 c	49,35 a	13,78 b	80,25 c	166,25 c	39,64 c	73,08 c
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	75,75 c	155,25 c	12,1 b	56,60 c	64,40 a	17,23 a	80,75 c	169,25 c	50,78 a	92,76 bc
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	85,25 b	162,75 b	13,775 ab	49,30 b	61,90 bc	17,10 a	99 b	178,25 b	52,28 a	94,68 a
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	95 a	163,5 b	14,725 a	52,93 b	67,03 a	18,18 a	103,5 a	191 a	54,20 a	97,68 a
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	93,5 a	168,25 a	17 a	67,83 a	64,60 a	17,98 a	107,75 a	185,75 a	51,02 a	97 a
Controle positivo	92,75 a	160,25 bc	16 a	64,78 a	55,68 a	15,85 b	98,25 a	174,5 b	44,94 b	87,72 b

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. - Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

A massa seca da parte aérea é um importante parâmetro na produtividade dos grãos, pois está associada com a acumulação de nutrientes pela cultura (Fageria *et al.*, 2008). Além disso, pode estar associado ao aumento da área foliar, crescimento de raízes, proporcionado pelo estímulo da bactéria para a produção de hormônios vegetais, assim como maior disponibilidade de nitrogênio para a planta (Santos; Fageria, 2008).

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), desempenham um papel crucial nesse processo. Isso porque através de mecanismos como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fosfatos e a mineralização de compostos orgânicos elas podem aumentar a disponibilidade de nutrientes essenciais, como é o caso do nitrogênio, fósforo e potássio (Santos; Fageria, 2008).

Além disso, as BPCVs, como as do gênero *Azospirillum*, são conhecidas por estimular a produção de hormônios vegetais, como as auxinas, citocininas e giberelinas. Esses, são hormônios promotores do crescimento radicular e da expansão da área foliar, o que, por sua vez, segundo Bashan e de-Bashan (2010), contribui para

uma maior absorção de água e nutrientes, resultando em plantas com maior massa seca, conseqüentemente mais vigorosas, e corroborando para uma maior produtividade dos grãos.

Cabe salientar, que estes microrganismos são importantes por ajudar na tolerância ao estresse ambiental, entre estes o estresse hídrico. Isso acontece porque induzem a produção de osmólitos, como prolina e trealose, que colaboram para que as células vegetais mantenham o equilíbrio osmótico durante períodos de seca (Vurukonda *et al.*, 2016). Ramos *et al.* (2003) aponta, ainda, que a formação de biofilmes pelas BPCVs contribui para a proteção das raízes contra patógenos e condições adversas, o que, por sua vez, melhora a resiliência da planta.

Considerando a variável altura, são observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para as doses de 100 a 500 mL.ha⁻¹, todos os tratamentos testados apresentaram altura média (cm) de plantas maiores, em relação à testemunha. Em relação ao controle positivo, a dose de 500 mL.ha⁻¹ apresentou melhores resultados (Tabela 3).

Tabela 3: Altura (cm) de plantas da cultura da soja submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	Altura (cm) - 5 plantas/parcela								
	Área 1			Área 2			Área 3		
	V3	V10	R1	V3	V10	R1	V4	V10	R1
Testemunha	20,8 n.s.	30,44 b	37,08 b	41,18 b	59,40 b	79,8 b	53,28 b	78,1 n.s.	101,85 n.s.
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	21,25 n.s.	30,85 b	38,8 b	44,48 a	62,60 b	79,85 b	56,15 a	78,78 n.s.	102,40 n.s.
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	20,7 n.s.	31,6 a	40,6 a	43,95 a	64 a	80,82 b	55,55 a	78,65 n.s.	102,8 n.s.
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	21,4 n.s.	31,85 a	41,25 a	46,30 a	65,15 a	83,5 a	57,75 a	80,25 n.s.	105,13 n.s.
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	21,7 n.s.	31,15 a	42,6 a	47,28 a	67,43 a	84 a	57,38 a	79,88 n.s.	103,18 n.s.
Controle positivo	21,55 n.s.	30,45 b	41,7 a	46,05 a	66,93 a	82,95 a	55,9 a	77,85 n.s.	102,80 n.s.

Tratamento	Altura (cm) - 5 plantas/parcela					
	Área 4			Área 5		
	V3	V10	R1	V3	V10	R1
Testemunha	21,26 b	37,15 n.s.	40,94 c	42,04 b	63,74 n.s.	91,65 b
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	24,01 a	37,95 n.s.	44,62 b	45,06 a	63,22 n.s.	93,07 ab
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	25,5 a	38,87 n.s.	46,69 a	45,62 a	64,24 n.s.	92,34 ab
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	25,82 a	39,18 n.s.	47,44 a	46,52 a	64,44 n.s.	95,14 a
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	26,38 a	38,31 n.s.	48,99 a	45,90 a	63,20 n.s.	93,58 a
Controle positivo	24,35 a	37,45 n.s.	40,96 a	45,68 a	62,24 n.s.	92,76 ab

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. - Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Taiz e Zeiger (2013) apontam que um dos indicadores cruciais de vigor e saúde nas plantas é a altura, a qual pode refletir a capacidade de acessar e utilizar recursos essenciais, como água, luz e nutrientes. Em suma, alturas maiores tendem a estar associadas a um melhor desenvolvimento radicular e a uma maior eficiência na absorção de nutrientes. Essas alturas podem indicar um desenvolvimento radicular mais robusto e uma maior eficiência na absorção de nutrientes, o que é fundamental para o crescimento geral da planta. Fageria *et al.* (2008) apontam que plantas que possuem maior altura e maior peso usualmente correlacionam-se com melhor produtividade, considerando que as características em

questão indicam maior capacidade fotossintética e uma melhor estrutura para o suporte da carga de grãos.

Assim sendo, os resultados obtidos corroboram estes estudos anteriores, como de Santos e Fageria (2008), que apontam que a aplicação de nutrientes leva a um crescimento vegetativo mais vigoroso, maximizando os rendimentos das culturas, e destacam a importância da aplicação adequada de fertilizantes e outros insumos na promoção do crescimento vegetal. Ademais, a resposta supracitada à dose de 500 mL.ha⁻¹, superando o controle positivo, sugere que esse tratamento proporciona um ambiente nutricional otimizado. Bashan e de-Bashan (2010), nesse sentido apontam a aplicação

de inoculantes para a melhora significativa do crescimento, a partir da melhoria da disponibilidade de nutrientes e da promoção da saúde do solo.

Segundo Santos e Silva (2010), as plantas que têm ampla disponibilidade de nutrientes crescem mais, por conta do metabolismo eficiente. A bactéria *Priestia aryabhatai* ativa diferentes mecanismos e com isso consegue promover o crescimento da planta, isso está ligado diretamente a produção de fito hormônios como AIA, ácido abscísico, giberelina, além da produção de osmólitos e o aumento da taxa fotossintética. Kavamura (2012) comprovou que a síntese de compostos orgânicos com capacidade de solubilizar nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio, os armazenamentos de nutrientes na biomassa, entre outras, dependem diretamente da biodiversidade de organismos vivos no solo e do acesso das plantas aos nutrientes, por conta disso, o milho conseguiu sobreviver a condições de seca após a utilização da bactéria supracitada.

Quando ao n° de vagens/planta houve um incremento significativo em quase todos os tratamentos em relação à testemunha e ao controle positivo, mostrando que o produto ESTIVE consegue atuar positivamente sobre componentes relacionados à produtividade. Na área 2, observou-se o maior incremento de n° de grãos/plantas, com 48,96% superior à testemunha. Conforme indica a Tabela 4.

Tabela 4: Incremento no n° de vagens/planta submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	N° vagens/planta - Incremento (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	39,52 c	45,65 c	82,20 n.s.	39,52 c	60,6 c
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	42,55 c (7,66%)	57,25 b (25,41%)	82,40 n.s. (0,24%)	42,55 c (7,66%)	64,54 ab (6,50%)
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	44,05 b (11,46%)	61,75 b (35,52%)	85,98 n.s. (4,59%)	44,05 b (11,46%)	69,94 b (7,16%)
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	46,35 b (17,28%)	55 b (20,48%)	88,63 n.s. (7,82%)	46,35 b (17,28%)	75,38 a (24,38%)
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	50,55 a (27,90%)	68 a (48,96%)	82 n.s. (0%)	50,55 a (27,91%)	69,90 b (15,34%)
Controle positivo	42,9 c (8,55%)	58,925 b (29,08%)	88,78 n.s. (8,00%)	42,9 c (8,55%)	61,48 c (1,45%)

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. – Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Houve resultados mais expressivos em uma área do que nas outras, como apontado na tabela anterior. Isso pode ser atribuído a alguns fatores ambientais, sobretudo o clima. Algumas condições, como temperatura, precipitação, radiação, variam entre as áreas e podem influenciar o crescimento e a produtividade. Uma área com uma distribuição mais uniforme de chuvas e temperaturas moderadas, por exemplo, pode constituir um ambiente mais favorável ao desenvolvimento e à expressão do potencial dos tratamentos aplicados (Fageria; Baligar; Jones, 2008).

O aumento no número de vagens por planta implica, por sua vez, em um maior potencial de produção total de grãos. Isso ocorre porque um maior número de vagens indica que a planta não apenas está crescendo vigorosa-mente, mas também alocando seus recursos e nutrientes

de maneira eficiente para a produção dos frutos, refletindo uma alta capacidade produtiva (Bashan; De-Bashan, 2010).

Isso também pode ser verificado considerando o número de grãos/planta (Tabela 5), pois também houve um incremento de 45,15% na área 2.

Tabela 5: Incremento no n° de grãos/planta submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	N° grãos/planta - Incremento (%)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	95,24 d	112,3 c	141,2 c	95,24 d	120,06 b
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	102,15 b (7,25%)	144 b (28,23%)	169,7 b (20,18%)	102,15 b (7,25%)	144,26 a (20,15%)
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	105,25 bc (10,51%)	144 b (28,23%)	176,4 bc (24,93%)	105,25 bc (10,51%)	151,84 a (26,47%)
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	109,85 c (15,34%)	161,3 a (43,63%)	189,7 a (34,35%)	109,85 c (15,34%)	156,28 a (30,17%)
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	119,75 a (25,73%)	163 a (45,15%)	183,7 a (30,10%)	119,75 a (25,73%)	150 a (24,94%)
Controle positivo	103,05 b (8,20%)	149,9 b (33,48%)	148,7 c (5,31%)	103,05 b (8,20%)	126,42 b (5,30%)

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. – Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Considerando o n° grãos/vagem não houve diferença significativa entre as áreas e os tratamentos testados, com exceção da área 2, onde os tratamentos obtiveram melhor desempenho em relação à testemunha e, na dose 500 mL.ha⁻¹, o valor foi maior em relação ao controle positivo (Tabela 6).

Esta diferença pode ser atribuída, sobretudo, às condições climáticas específicas da área 2. Logo, é importante salientar que validar uma tecnologia que possa ser usada em todo o Brasil prescinde considerar a diversidade de condições climáticas e edáficas encontradas em seu território. Sendo assim, aponta-se que seria importante uma variedade de estudos que demonstrem a eficácia de produtos como o ESTIVE em diferentes regiões, com diferentes condições, sobretudo climáticas.

Em suma, acerca dos dados apresentados na tabela anterior, os resultados novamente reforçam a eficácia do produto no tocante ao aumento de produtividade.

Tabela 6: N° de grãos/vagem submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	N° grãos/vagem – 5 plantas/parcela				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	2,4 n.s.	1,72 b	2,76 n.s.	2,4 n.s.	2,35 n.s.
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	2,4 n.s.	1,78 b	2,79 n.s.	2,4 n.s.	2,77 n.s.
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	2,4 n.s.	2,07 ab	3,25 n.s.	2,4 n.s.	2,78 n.s.
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	2,4 n.s.	2,20 a	2,89 n.s.	2,4 n.s.	2,46 n.s.
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	2,4 n.s.	2,48 a	2,75 n.s.	2,4 n.s.	2,33 n.s.
Controle positivo	2,4 n.s.	2,44 a	3,02 n.s.	2,4 n.s.	2,61 n.s.

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. – Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

O peso de mil grãos (PMG) não apresentou diferenças significativas em relação à testemunha (Tabela 7). As tecnologias utilizadas tendem a aumentar a parte aérea das plantas, promovendo o desenvolvimento de mais nós, o que resulta em um maior número de flores e, consequentemente, mais vagens e maior produtividade de grãos. Entretanto, o número de grãos por vagem são caracteres menos responsivos a tratamentos, os quais costumam ficar entre 1 a 3 grãos/vagem.

Tabela 7: Peso de mil grãos (PMG) submetidos ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	Peso de mil grãos (g) – Pós - colheita				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	172 n.s.	147,8 n.s.	141,5 n.s.	172 n.s.	140,40 n.s.
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	171,75 n.s.	150 n.s.	142,5 n.s.	171,75 n.s.	141,2 n.s.
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	172,5 n.s.	150 n.s.	141 n.s.	172,5 n.s.	142 n.s.
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	172,5 n.s.	145,5 n.s.	142,5 n.s.	172,5 n.s.	142,40 n.s.
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	172,5 n.s.	151,3 n.s.	141 n.s.	172,5 n.s.	141,60 n.s.
Controle positivo	172,75 n.s.	145 n.s.	142 n.s.	172,75 n.s.	141,20 n.s.

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. – Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

Os resultados da avaliação de fitotoxicidade do produto ESTIVE sobre a cultura da soja foram compilados e mostram uma visão de todas as áreas testadas. Notavelmente, em todas as condições avaliadas, incluindo diferentes áreas e doses, nenhum efeito fitotóxico foi detectado, como preconizado pela Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013 publicada pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para o desenvolvimento de novos produtos inoculantes (Dos Santos, R. *et al.*, 2023, Brasil, 2013). No entanto, os valores registrados para todos os parâmetros analisados foram consistentemente zero, indicando a ausência de impacto negativo do produto “ESTIVE” na cultura da soja (Tabela 8).

Tabela 8: Dados médios de fitotoxicidade. 1 – DAS – dias após semeadura; 2 – Médias originais; 3 – ns: não significativo.

TRATAMENTO	NOME COMERCIAL	DOSE UTILIZADA (g ou mL/ha) ¹	FITOTOXICIDADE (%)			
			7 DAS ¹		14 DAS ¹	
			MÉDIA ²	MÉDIA ²	MÉDIA ²	MÉDIA ²
T1	ESTIVE	100	0	n.s. ³	0	n.s. ³
T2	ESTIVE	200	0	n.s. ³	0	n.s. ³
T3	ESTIVE	300	0	n.s. ³	0	n.s. ³
T4	ESTIVE	500	0	n.s. ³	0	n.s. ³
T5	TESTEMUNHA	-	0	n.s. ³	0	n.s. ³
T6	AZOTOTAL	100 mL/50 kg de semente	0	n.s. ³	0	n.s. ³

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

O incremento significativo na produtividade da cultura foi verificado quando o produto ESTIVE, nas doses de 200 a 500 mL.ha⁻¹, promoveram contribuição

significativa de 2 a 15 sacos/hectare a mais que a testemunha absoluta. Isso indica que os microrganismos podem interagir significativamente com as plantas, independente do ambiente. Vale destacar que, independentemente das taxas de aumento nos parâmetros, o uso do produto sempre demonstrou dados significativamente superior aos obtidos na testemunha (Tabela 9).

Tabela 9: Incremento na produtividade (sacas. ha⁻¹) submetidas ao tratamento com o produto ESTIVE em cinco áreas experimentais.

Tratamento	Incremento - (Sacas.ha ⁻¹)				
	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5
Testemunha	-	-	-	-	-
ESTIVE (100 mL.ha ⁻¹)	2,54 c	0 c	7 c	2,54 c	9 a
ESTIVE (200 mL.ha ⁻¹)	3,81 b	6,13 b	12,10 a	3,81 b	9,74 a
ESTIVE (300 mL.ha ⁻¹)	4,05 b	7,87 b	15,10 a	4,05 b	10,75 a
ESTIVE (500 mL.ha ⁻¹)	5,90 a	12,18 b	9,92 ab	5,90 a	9,24 a
Controle positivo	3,89 b	4,02 b	6,84 c	3,89 b	5,89 b

Colunas seguidas de mesma letra, não diferiram entre si pelo teste de Tukey 5%. N.S. – Não significativo.

Fonte: Elaborados pelos autores (2024).

A maior resposta das plantas de soja, em relação à massa seca, foi obtida com as doses de 100 a 500 mL.ha⁻¹, em comparação com a testemunha. Considerando o controle positivo, em todas as áreas, nas doses de 300 a 500 mL.ha⁻¹ o produto ESTIVE apresentou melhor desempenho em relação ao Azototal com peso médio de 155,45 g (Tabela 2). Já em relação à altura, as doses de 100 a 500 mL.ha⁻¹ apresentaram melhor resultado em relação à testemunha. Além disso, os valores obtidos foram semelhantes ao controle positivo, em todos os tratamentos testados (Tabela 3). Levando em conta o número de grãos/planta, os resultados apresentaram um incremento médio de 23,71%, isso contribuiu para o aumento de produtividade de 2 a 15 sacos/hectare a mais que a testemunha absoluta (Tabela 5).

A associação das bactérias *P. megaterium* BIB01140 e *P. arybathaii* BIB01141, presentes no produto ESTIVE, mostraram efeito promotor de crescimento nas plantas de soja, em diferentes parâmetros nas cinco condições edafoclimáticas testadas, mostrando que o uso desses microrganismos agrega produtividade a cultura.

Parâmetros como massa seca da parte aérea, altura e produtividade foram significativamente influenciados pelo uso das bactérias *Priestia arybathaii* (sin. *Bacillus arybathaii*) e *Priestia megaterium* (sin. *Bacillus megaterium*) na maior parte das doses e em todas as condições edafoclimáticas testadas.

Nesse sentido, constatou-se que independente da dose testada e da área avaliada houve aumento significativo nos parâmetros associados a promoção de crescimento vegetal (Tabelas 01 a 09), com aumento significativo no vigor inicial, massa seca da parte aérea, altura, vagens/planta, grãos/planta e produtividade, com o uso do produto ESTIVE em comparação ao tratamento sem aplicação (testemunha).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram o impacto positivo significativo sobre o crescimento e a produtividade de plantas de soja tratadas com uma associação de duas bactérias (*P. aryabathaii* e *P. megaterium*), indicando que o produto ESTIVE apresenta potencial para uso como inoculante agrícola em todas as doses testadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASHAN, Yoav; DE-BASHAN, Luz E. Como a bactéria promotora do crescimento vegetal *Azospirillum* promove o crescimento das plantas : uma avaliação crítica, **Avanços na agronomia**, v. 108, p. 77-136, 2010.
- BELO, M. S. S. P.; PIGNATI, W.; DORES, E. F. G. C.; MOREIRA, J. C.; PERES, F. Uso de agrotóxicos na produção de soja do Estado do Mato Grosso : um estudo preliminar de riscos ocupacionais e ambientais, **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, p. 78-88, 2012.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013**. Estabelece as disposições e critérios para registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores, substrato para plantas e materiais secundários: seção 3, p. 24-30. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-53-2013-com-as-alteracoes-dain-3-de-15-01-2020.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- BRASIL. **Lei Nº 6.934, de 13 de julho de 1981**. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes, ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l6934.htm#Acesso em: 23 nov. 2023.
- CENCI, D. R.; LORENZO, C. A mudança climática e o impacto na produção de alimentos: alguns elementos de análise da realidade brasileira e argentina. **Revista Direito em Debate**, v. 29, n. 54, p. 32-43, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21527/2176-6622.2020.54.32-43>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/revistadireitoemdebate/article/view/11446>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a Agropecuária**. Brasília, DF: Conab, 2023. 92 p.
- CUNHA, E. T.; ARISI, A. C. M.; SOARES, C. R. F. S. **Efeitos do estresse subletal em bactérias promotoras de crescimento vegetal**: revisão sistemática e aplicação em inoculantes de *Azospirillum* brasileiro para milho. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSC_9aad14f51b-16c257d63813b679038910. Acesso em: 23 nov. 2023.
- DE CASTRO, I. P.; DA SILVA, W. F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhattai*. **Cerrado Agrociências**, v. 14, p. 46-55, 2023.
- DE OLIVEIRA MAGALHÃES, G.; DUARTE, E. R.; ZAWADZIK, F.; BERTOLINI, E.; PADUAN, F. N.; LAJÚS, C. R.; MIYASHIRO, C. F.; SAUER, A. V. Agricultura e sustentabilidade: mudanças climáticas e modificações no desenvolvimento agropecuário. **Divers@!**, v. 14, n. 1, p. 100-112, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/diver.v14i1.80514>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- DOS SANTOS, R.; GRZEGOZEWSKI, D. M.; DE AZEREDO, A. R.; DE AZEREDO, R. P.; DE AZEREDO, C. A. F. Avaliação do inoculante BR 29+ BR 10141+ BR 10788 (*Bradyrhizobium elkanii*+ *Bacillus subtilis*+ *Paraburkholderia nodosa*) na promoção do crescimento na cultura da soja (*Glycine max*). **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 11, p. 30357-30382, 2023.
- DE REZENDE, P. M., & DE ARRUDA CARVALHO, E. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. **Ciências Agrárias**, n. 31, v. 6, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/P3BvZcjYffsqY7DdsH-KBS5c/?lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- GUIMARÃES, D. P. **Clima e agricultura**. 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1122616?locale=es>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- GUIMARÃES, G. S.; RONDINA, A. B. L.; SANTOS, M. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: Attending the society's demands for meat production with sustainability. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1748, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12081748>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/8/1748>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- HENNING, F. A.; MERTZI, L. M.; JUNIOR, E. A. J.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, p. 727-734, 2010.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BARBOSA FILHO, M. P.; PAULA RIBAS, I. C. **Massa da matéria seca da parte aérea e absorção de nitrogênio pelo feijoeiro em solo de várzea**. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/216137/massada-materia-seca-da-part>

aerea-e-absorcao-de-nitrogenio-pelo-feijoeiro-em-solo-de-varzea. Acesso em: 23 nov. 2023.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2008.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese)**. [S.l.]: [s.n.], 2013. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023

FRANS, R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. In: CARPER, N.D. (Ed.). **Research methods in weed science**. 3. ed. Champaing: Southern Weed Science Society, 1986. p. 29-46.

FULANETI, F. S. **Opções de bactérias na coinoculação na cultura da soja**. 2022. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25956/DIS_PPGAGRONOMIA_2022_FULANETI_FERNANDO.pdf. Acesso em: 26 nov. 2023.

GÜZELLER, Nuray; YILDIRIM, C. **A utilização e processamento de soja e produtos de soja**. [S.l.], [s.n.], 2016.

JUNIOR, A. F. C., SOUZA, M. C., MARTINS, A. L. L., LIMA, C. A., DE SOUSA, K. Â. O., SANTANA, P. A. A. C. P., ... & CHAGAS, L. F. B. Eficiência de *Trichoplus (Trichoderma asperellum)* como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e16111527970-e16111527970, 2022.

MARTINS, D. N. Comparação entre o *Bacillus megaterium* E *Pseudomonas fluorescens* no desenvolvimento e reprodução da cultura do milho. [S.l.]: [s.n.], 2020.

OLIVEIRA, S. L.; FERREIRA, J. S.; BRANDÃO, M. H.; MOREIRA, A. C. S.; DA CUNHA, W. V. Efeito da aplicação de *Bacillus aryabhattai* no crescimento inicial do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo, **Revista do COMEIA**, v. 2, p. 10-19, 2020.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 163-166, abr-jun, 2006.

R CORE TEAM (2017) R: Uma Linguagem e Ambiente para Computação Estatística.

SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N.K. Características fisiológicas do feijoeiro em várzeas tropicais afetadas por doses e manejo de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.1, p.23-31, 2008. DOI:<https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/ypTskzwdHqs-RFSm8rc7Tpvk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2023.

THOMAS, A. L; COSTA, J. A. **Soja**: manejo para alta produtividade de grãos. 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/255741>. Acesso em: 23 nov. 2023.

TRENTIN, I. C. L. A crise da agropecuária e as mudanças climáticas no Rio Grande do Sul-Brasil. **Revista Foco**, v. 16, n. 11, p. e3361-e3361, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n11-125>. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3361>. Acesso em: 23 nov. 2023.

RAMOS, B.; GARCÍA, J. A. L.; PROBENZA, A.; BARRIENTOS, M. L.; MAÑERO, F. J. G. Alterações na comunidade rizobacteriana associadas ao crescimento do amieiro europeu quando inoculado com a cepa PGPR *Bacillus licheniformis*. **Botânica Ambiental e Experimental**, v. 49, n. 1, pág. 61-68, 2003.

SANTOS, D.R.; SILVA, L. S. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. [S. l.]: [s.n.], 2010.

SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K. **Produção de arroz irrigado em solos de várzea**. Brasília (DF): Embrapa, 2008.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 184, p. 13-24, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th ed. **Sunderland**: Sinauer Associates, 2013.

VENCOVSKY, R.; CRUZ, C.D. Comparação de métodos de correção do rendimento de parcelas com estandes variados: I. Dados simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p. 647-657, 1991

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● AGRONOMIA

EXTRATO VEGETAL ANTIMICROBIANO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

Allan Gabriel Ferreira Dias¹, Maiara Pereira Batista²,
Eliana Aparecida Rodrigues², Érica Crosara Ladir de Lucca²,
Ana Carolina Portella Silveira², Luís Fernando Sarmento²,
Fabiana Martins Batista², Alison Batista Vieira Silva Gouveia¹

¹ Universidade Federal de Goiás

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos ao uso de aditivo antimicrobiano à base de extrato vegetal e argila na ração em substituição ao antimicrobiano como melhorador de desempenho. Foram utilizados 672 pintos de corte de um dia de idade da linhagem Coob distribuídos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos com sete repetições cada, sendo ração basal, ração basal+avilamicina, ração basal + aditivo alternativo (AA) e ração basal+avilamicina+aditivo alternativo, organizados em unidades experimentais com 24 aves por um período experimental de 42 dias. Foi avaliado o parâmetro consumo médio de ração, ganho de peso médio e conversão alimentar, por meio de pesagens ao início e fim de cada fase de criação das aves. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa estatístico SISVAR 5.3. O uso do extrato vegetal antimicrobiano trouxe uma redução significativa ($p < 0,05$) no consumo de ração nas fases pré-inicial, inicial e crescimento, o que gerou uma redução também no período total, sem afetar o peso das aves aos 42 dias ($p > 0,05$). Conclui-se que o uso de aditivo alternativo pode ser efetivamente uma alternativa ao antibiótico (avilamicina).

Palavras chave: argila; avicultura; avilamicina; consumo de ração; extrato vegetal.

ANTIMICROBIAL PLANT EXTRACT ON THE PERFORMANCE OF BROILERS CHICKENS

Abstract: The objective of this research was to evaluate the productive performance of broilers submitted to the use of antimicrobial additive based on plant extract and clay in the diet in place of antimicrobial sums as performance enhancer. A total of 672 one-day-old Coob broiler chicks were distributed in a completely randomized design (DIC), with four treatments with seven replications each, being basal diet, basal feed+avilamycin, basal feed+alternative additive (AA) and basal diet+avilamycin+alternative additive, organized in experimental units with 24 birds for an experimental period of 42 days. We evaluated the average consumption parameter feed, weight gain and feed average by weighing at the beginning and end of each phase of the birds breeding. The results were submitted to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% probability with the help of statistical program SISVAR 5.3. The use of the antimicrobial plant extract brought a significant reduction ($p < 0.05$) in feed intake in the pre-starter, starter and growth phases, which also generated a reduction in the total period, without affecting the weight of the birds at 42 days ($p > 0.05$). It is concluded that the use of an alternative additive can effectively be an alternative to the antibiotic (avilamycin).

Keywords: aviculture; avilamycin; clay; feed consumption; plant extract.

* Autor correspondente:

allangabrielldias@gmail.com

Recebido: 15/05/2024.

Aprovado: 02/10/2024.

Como citar: Dias, A. G. F., Batista, M. P., Aparecida Rodrigues, E., Ladir de Lucca, Érica C., Portella Silveira, A. C., Santana, L. F., Batista, F. M., & Vieira Silva Gouveia, A. B. Extrato vegetal antimicrobiano sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal*. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1382>

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron
Dra. Luciana Rodrigues

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que contribuem para o sucesso do setor avícola está a saúde intestinal adequada dos frangos para a máxima eficiência na absorção e na assimilação dos nutrientes para a melhora no desempenho produtivo (Oleforuh-Okoleh *et al.*, 2015). A utilização de criatórios intensivos e a ausência de contato dos pintinhos com a microbiota natural, no momento da eclosão, faz com que as aves se tornem susceptíveis a enfermidades, evidenciando a necessidade do uso de aditivos benéficos à flora intestinal (Dalólio *et al.*, 2015).

O antibiótico é um dos recursos utilizados para otimizar os índices de produção de frango de corte; assim, são rotineiramente adicionados à ração como controladores de agentes patogênicos do trato gastrintestinal, promovendo melhora nos índices zootécnicos e maximizando a produção (Toledo *et al.*, 2007). No entanto, a possibilidade do uso crescente dos antibióticos em concentrações subterapêuticas pode estar relacionado como surgimento de animais resistentes e a possível transmissão desta ao homem, tem sido uma preocupação crescente (Diarra; Malouin, 2014).

Alguns trabalhos relatam o efeito trófico da suplementação da ração com aditivos sobre a mucosa intestinal (Loddi *et al.*, 2000; Maiorka, 2004). Tal efeito ocorre com o estímulo do desenvolvimento da mucosa intestinal, ou seja, estímulo mitótico na região cripta-vilo. Consequentemente, aumentando o número de células e tamanho dos vilos (Furlan; Macari; Luquetti, 2004).

Entretanto, depois de muito tempo de utilização de aditivos como os antibióticos na nutrição animal, questionamentos começaram a ser feitos com relação a possíveis riscos desses aditivos para a saúde animal e humana. Segundo Mehdi *et al.* (2018), o uso de antibióticos pode acarretar problemas potenciais à saúde do homem, como toxicidade, alergia e desenvolvimento de resistência da bactéria, trazendo preocupações relacionadas à saúde pública.

A União Europeia, desde janeiro de 2006, proíbe o uso de antibiótico como promotor de crescimento. Assim, nos últimos anos, a avicultura industrial tem buscado produtos alternativos para substituição dos antibióticos modulares de crescimento, com objetivo de manter a mesma eficiência produtiva proporcionada por eles, que sejam seguros e sem a possibilidade de induzir resistência microbiana (Santana *et al.*, 2011).

A suspensão do uso de antibióticos na produção de frangos possui, no entanto, consequências que devem ser consideradas. Essa medida, segundo o Mehdi *et al.* (2018), traz alguns prejuízos a cadeia produtiva, visto os efeitos positivos do uso de antibióticos como promotores de crescimento, como a melhora do desempenho zootécnico, prevenção de doenças e controle de infecções gastrointestinais. E ainda, as enfermidades dos animais poderiam ser propagadas, o que aumentaria os riscos para a saúde da população,

além de aumentar a demanda de antibióticos para o tratamento de animais enfermo (Mehdi *et al.*, 2018).

Os pesquisadores têm buscado produtos alternativos para substituição dos antibióticos promotores de crescimento, visando manter a mesma eficiência produtiva, que sejam seguros e sem a possibilidade de induzir resistência microbiana.

O uso de enzimas exógenas, probióticos e de extratos vegetais pode ser uma alternativa viável ao uso de antibióticos (Ahmad *et al.*, 2021; Huyghebaert; Ducatelle; Van Immerseel, 2011), produtos de origem vegetal, como poções e pós de plantas, têm sido utilizados com sucesso variável para curar e prevenir doenças ao longo da história, ou seja, a utilização de plantas com fins medicinais, para tratamento, cura e prevenção de doenças é uma das mais antigas formas de prática medicinal da humanidade e vêm demonstrando sucesso em estudos *in vivo* ou *in vitro* como agente antibacteriano (Ahmad *et al.*, 2021).

Porém, o uso de extratos vegetais como promotores de crescimento em animais ainda é um assunto recente, com o número de pesquisas aumentando gradativamente devido a diversos fatores, como a resistência bacteriana a alguns antibióticos ou ainda, a demanda ao tratamento alternativo para algumas enfermidades (Fascina *et al.*, 2012). Trabalhos como os de Ahmad *et al.* (2021), Casanova *et al.* (2021), Côté *et al.* (2021) e Hou *et al.* (2022) vêm demonstrando efeitos positivos do uso de diversos extratos vegetais no controle de bactérias patogênicas de frangos de corte, como por exemplo a *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* entre outras.

As diversas propriedades antimicrobianas dos extratos vegetais e óleos essenciais têm sido amplamente divulgadas. No entanto, o modo de ação dos mesmos ainda não está completamente esclarecido, sendo sugeridas as hipóteses de controle de patógenos pela atividade antimicrobiana, modulação da microbiota intestinal, atividade antioxidante, atividade imunomodulatória e ainda, a atividade sobre o trato gastrointestinal (TGI), resultando em melhoria do desempenho animal. (Oetting *et al.*, 2006; Windisch *et al.*, 2008) 2 e 3

Sendo assim, a manutenção da saúde intestinal é fundamental para a otimização da expressão genética das aves e, consequentemente, o melhor desempenho das mesmas, pois possibilita uma adequada obtenção de energia e nutrientes pelo organismo. É importante que se estabeleçam critérios de manejo que mantenham a integridade funcional dos diferentes tipos celulares que compõem e caracterizam os órgãos do aparelho digestório e suas glândulas anexas e o controle de doenças entéricas que reduzam a eficácia do processo digestivo (Belote *et al.*, 2018).

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do uso de um aditivo alternativo (a base de extrato vegetal e um composto de argila) em comparação com um antimicrobiano com princípio ativo avilamicina na ração sobre o desempenho produtivo de frangos de corte.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado no setor de avicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberaba. Os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, protocolo nº 02/2014.

Utilizou-se 672 pintos de corte machos de um dia de idade da linhagem Coob. Os animais foram distribuídos em 28 boxes individuais de 1,95m² cada, equipados com comedouros e bebedouros infantis que foram substituídos por bebedouros pendulares e comedouros tubulares com o avançar da idade das aves. A densidade foi de 12,3 aves/m², utilizando-se cama de maravalha já utilizada em outro ciclo de produção de frangos de corte. Essa cama foi colocada em todos os boxes com espessura de aproximadamente cinco centímetros de altura.

O monitoramento da temperatura e da umidade do galpão foi realizado através de termo

higrômetro colocado à altura intermediária em relação aos boxes.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos de sete repetições cada, organizados em unidades experimentais com 24 aves por um período de 42 dias. Durante o período experimental, os animais receberam alimento e água *ad libitum*. As rações foram isonutritivas e distribuídas da seguinte forma: Pré-inicial (1 a 7 dias), Inicial (8 a 21 dias), Crescimento (22 a 35 dias) e Final (36 a 42 dias). As rações foram balanceadas de acordo com as recomendações de Rostagno *et al.* (2011) e estão dispostas na Tabela 1.

Os tratamentos foram os seguintes: ração basal sem aditivos (RB), ração basal + Avilamicina (50g/ton.) (RB+AV), ração basal + Aditivo alternativo (300, 300, 200 e 100g/ton. nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e final, respectivamente) (RB+AA), ração basal + Aditivo alternativo (300, 300, 200 e 100g/ton. nas fases pré-inicial, inicial, crescimento e final, respectivamente) + Avilamicina (50g/ton.) (RB+AV+AA).

Tabela 1: Dietas e níveis nutricionais para as fases pré inicial, inicial, crescimento e final.

Ingredientes	(%)	Pré Inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho		60,000	60,000	60,000	60,000
Quirela arroz		-	-	4,000	-
Farinha de trigo		-	-	-	4,000
Farelo de trigo		2,00	1,203	2,480	9,407
Gérmen de milho		-	0,347	4,000	4,000
Farelo de arroz		3,720	8,000	4,000	4,000
Óleo de soja		-	-	0,460	2,000
Farelo de soja		25,124	21,293	14,713	3,747
Farinha de carne		3,760	4,560	4,800	4,800
Farinha de vísceras		1,200	1,200	1,200	3,200
Farinha de sangue		1,200	1,200	3,200	3,200
Farinha de penas		0,800	0,800	-	0,600
Calcário		0,440	-	-	-
Sal		0,441	0,304	0,236	0,171
Bicarbonato de sódio		-	0,035	0,009	-
L-Lisina HCL (99%)		0,431	0,336	0,228	0,290
DL-Metionina (99%)		0,362	0,283	0,273	0,221
L-Treonina (98%)		0,179	0,124	0,107	0,097
L-Triptofano (98%)		0,022	0,018	0,020	0,025
Cloreto de Colina (60%)		0,092	0,085	0,077	0,065
Fitase		0,005	0,005	0,005	0,005
Antioxidante		0,004	0,004	0,004	0,004
Premix vitamínico		0,120	0,112	0,104	0,088
Premix Mineral		0,100	0,092	0,084	0,080
Total		100,000	100,000	100,000	100,000

Níveis nutricionais (analisados)	Unid.	Pré Inicial	Inicial	Crescimento	Final
Energia Metabolizável	Kcal/kg	2951,9	3000,3	3096,3	3196,0
Umidade	%	11,34	11,32	11,33	11,10
Proteína Bruta	%	22,21	21,12	19,58	17,67
Extrato Etéreo	%	4,32	5,13	5,19	7,15
Matéria Mineral	%	5,01	4,92	4,33	4,24
Fibra Bruta	%	2,97	3,06	2,70	2,96
Cálcio	G/kg	9,39	8,98	8,75	8,99
Fosforo	G/kg	7,02	8,04	7,30	7,58
Fosforo disponível	G/kg	3,97	4,37	4,41	4,67
Sódio	%	0,22	0,18	0,16	0,14
Cloro	%	0,43	0,34	0,29	0,27
Potássio	G/kg	8,17	7,88	6,84	5,29
Magnésio	G/kg	1,93	2,16	1,82	1,83
Enxofre	G/kg	2,31	2,24	1,99	1,92
Cistina	G/kg	3,68	3,55	3,05	2,95
Metionina	G/kg	6,70	5,85	5,61	4,83
Metionina+Cistina	G/kg	10,38	9,40	8,66	7,78
Lisina	G/kg	14,47	13,06	12,03	10,63
Treonina	G/kg	9,76	8,83	8,09	7,17
Triptofano	G/kg	2,54	2,33	2,21	1,91
Arginina	G/kg	13,85	13,17	11,46	9,65
Cistina disponível	G/kg	3,00	2,85	2,48	2,29
Metionina disponível	G/kg	6,40	5,54	5,32	4,51
Metionina+Cistina disponível	G/kg	9,40	8,39	7,80	6,80
Lisina disponível	G/kg	13,12	11,72	10,72	9,32
Treonina disponível	G/kg	8,50	7,59	6,99	6,00
Triptofano disponível	G/kg	2,20	2,00	1,90	1,60
Arginina disponível	G/kg	12,60	11,89	10,27	8,32
Vitamina A	UI/g	12,00	11,20	10,40	8,80
Vitamina D3	UI/g	3,00	2,80	2,60	2,20
Vitamina E	Mg/kg	21,00	19,60	18,20	15,40
Vitamina K3	Mg/kg	2,40	2,24	2,08	1,76
Vitamina B1	Mg/kg	1,80	1,68	1,56	1,32
Vitamina B2	Mg/kg	9,00	8,40	7,80	6,60
Vitamina PP	Mg/kg	30,00	28,00	26,00	22,00
Vitamina B5	Mg/kg	18,00	16,80	15,60	13,20
Vitamina B6	Mg/kg	2,40	2,24	2,08	1,76
Vitamina B9	Mg/kg	0,60	0,56	0,52	0,44
Biotina	Mg/kg	0,07	0,07	0,06	0,05
Vitamina B12	Mg/kg	0,02	0,02	0,02	0,01
Colina	Mg/kg	479,79	440,27	400,05	339,73
BHA	Mg/kg	3,60	3,60	3,60	3,60
Etoxiquina	Mg/kg	3,60	3,60	3,60	3,60
Ferro	Mg/kg	30,00	27,60	25,20	24,00
Cobre	Mg/kg	6,00	5,52	5,04	4,80
Manganês	Mg/kg	70,00	64,40	58,80	56,00
Zinco	Mg/kg	50,00	46,00	42,00	40,00
Iodo	Mg/kg	1,00	0,92	0,84	0,80
Cobalto	Mg/kg	0,20	0,18	0,17	0,16
Selênio	Mg/kg	0,35	0,32	0,29	0,28

Fonte: Elaborados pelos autores.

Como aditivo antibiótico, foi utilizado o produto comercial Surmax®, com níveis de inclusão de 50g/ton., equivalendo a 10,0g de atividade de Avilamicina. Como aditivo alternativo, foi utilizado um antimicrobiano a base de extrato vegetal natural e um composto de uma argila específica (zeólita) cuja ativação é feita por troca iônica com o auxílio do elemento químico cobre (Cu²⁺) que está presente na forma de sulfato de cobre (1250 mg/kg) da marca Neovia B-Safe®.

Para avaliar o desempenho dos animais, foram realizadas pesagens regulares (1, 7, 21, 35 e 42 dias de idade) dos animais, da ração fornecida e da sobra nos comedouros. O consumo médio foi determinado nas fases experimentais através da diferença entre a ração fornecida e a sobra de cada fase.

O ganho de peso médio foi determinado pela diferença entre o peso final e o peso inicial das aves em cada fase. A conversão alimentar (CA) foi determinada pela divisão do consumo alimentar médio pelo ganho de peso médio dos animais. Esse parâmetro foi calcu-

lado, também, com a correção para os animais mortos ou descartados, os quais foram registrados diariamente (Sakomura; Rotango, 2016).

Após a verificação da normalidade dos resíduos dos dados e a homogeneidade das variâncias, as variáveis foram submetidas a análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância para cada variável utilizando o software estatístico SISVAR 5.6. (Ferreira, 2019)

ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Durante o período experimental, a temperatura média do galpão variou entre 20°C - 32°C. Os valores médios de ganho de peso médio (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA) de frangos de corte sob os diferentes tratamentos, nas fases pré-inicial (1 a 7 dias de idade); Inicial (8 a 21 dias de idade); Crescimento (22 a 35 dias de idade); Final (36 a 42 dias de idade) e no período total do ensaio experimental (1 a 42 dias de idade) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 2: Efeito do aditivo antibacteriano e do aditivo alternativo sobre o consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte.

Variável	RB	RB+AV	RB+AA	RB+AV+AA	CV (%) ²	Sig. ¹
1 a 7 dias						
CR (Kg)	0.1417	0.1469	0.1491	0.1484	9.30	NS
GP (Kg)	0.1256	0.1249	0.1304	0.1246	6.89	NS
CA (Kg/Kg)	1.1313	1.1769	1.1464	1.1960	10.42	NS
8 a 21 dias						
CR (Kg)	1.1689 a	1.1756 a	1.1043 b	1.1133 b	3.11	*
GP (Kg)	0.6876 a	0.6956 a	0.6347 b	0.6477 ab	5.30	*
CA (Kg/Kg)	1.7043	1.6921	1.7407	1.7217	3.83	NS
22 a 35 dias						
CR (Kg)	2.0831 b	2.2150 a	2.0589 b	2.0499 b	2,88	*
GP (Kg)	1.0976	1.1647	1.1094	1.1196	4.49	NS
CA (Kg/Kg)	1.9271	1.9024	1.8583	1.8323	4.52	NS
36 a 42 dias						
CR (Kg)	0.9493	0.8554	0.8830	0.9474	8.02	NS
GP (Kg)	0.6209	0.6000	0.6344	0.5991	11.77	NS
CA (Kg/Kg)	1.5353	1.4371	1.4073	1.5987	10.94	NS
1 a 42 dias						
CR (Kg)	4.6423 ab	4.7393 a	4.5167 b	4.5037 b	3.23	*
GP (Kg)	2.5317	2.5851	2.5091	2.4910	3.21	NS
CA (Kg/Kg)	1.8340	1.8334	1.8010	1.8090	2.21	NS

¹Sig. – significância. *Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem (P<0,05) entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey; NS – não significativo

²C.V. Coeficiente de variação

³Ração basal (RB), Ração basal (RB)+ Avilamicina (AV); Ração basal (RB) + Aditivo Alternativo (AA); Ração basal (RB) + Avilamicina (AV) + Aditivo Alternativo (AA); Conversão alimentar (CA), Consumo de ração (CR), Ganho de peso (GP).

Fonte: Elaborados pelos autores.

No período inicial da criação dos frangos de corte (1 a 7 dias), o fornecimento de ração basal e ração basal com adição de aditivos à ração não influenciaram significativamente ($P>0,05$) nenhum dos parâmetros avaliados. Resultados esses que vão de encontro aos encontrados por Rizzo (2010), quando avaliou o uso de aditivos alternativos (Orégano) aos antimicrobianos (Avilamicina) e obteve nos parâmetros de desempenho de 1 a 21 dias de diferenças não significativas entre os resultados dos tratamentos para as variáveis peso final, ganho de peso, e viabilidade.

No intervalo de 8 a 21 dias de idade, para o parâmetro consumo de ração, os lotes que foram tratados com ração basal + AA e os lotes que foram tratados com ração basal+AA+avilamicina apresentaram consumo inferior ($P<0,05$) em comparação aos lotes que foram tratados somente com ração basal e ração basal associado com a avilamicina. Esse fato possivelmente pode ter ocorrido devido à eficiência do aditivo a base de extrato vegetal que, em associação ao cobre, pode ter controlado a flora bacteriana dos animais, permitindo uma melhor eficiência no aproveitamento dos nutrientes.

O parâmetro, ganho de peso médio, no período de 8 a 21, diferiu significativamente dos demais tratamentos ($P<0,05$), ou seja, foi inferior quando as aves receberam a ração basal acrescida de avilamicina e o aditivo alternativo a base de extrato vegetal e argila. Contrariando os dados obtidos por Nunes (2008) que, ao avaliar o uso de aditivo alternativo (*Saccharomyces cerevisiae*) ao antibiótico avilamicina para os parâmetros de desempenho, observou que os lotes de animais que consumiram os aditivos alternativos na ração tiveram ganho de peso similar ao antibiótico, entretanto não diferiram do controle que era a ração basal.

Entretanto, a conversão alimentar não foi influenciada ($P>0,05$) pelos tratamentos fornecidos nessa etapa de criação.

No intervalo de 22 a 35 dias de idade, os menores consumos foram conseguidos ($P<0,05$) para o grupo de animais que consumiram apenas a ração basal e animais que consumiram ração basal associada à avilamicina e aditivo alternativo. Esse menor consumo para os tratamentos com avilamicina e aditivo a base de extrato vegetal era esperado, entretanto, um menor consumo das aves que receberam apenas ração basal sem acréscimo de avilamicina e aditivo alternativo provavelmente ocorreu devido a falhas operacionais (vazamento de água) que ocasionaram perdas de ração para o lote que recebeu apenas a ração basal. O ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciados ($P>0,05$) pelos tratamentos aplicados.

Esse resultado vai ao encontro com os resultados encontrados por Galli *et al.* (2020), em que o desempenho, até 35 dias dos frangos de corte, foi menor nos tratamentos que receberam aditivos alternativos provenientes de extratos vegetais, comparado-se a frangos que receberam antimicrobianos promotores de crescimento.

Os resultados obtidos no período de criação dos frangos de corte de 36 a 42 dias são similares aos resul-

tados obtidos no período de 1 a 7 dias em que nenhum dos parâmetros avaliados foi afetado significativamente ($P>0,05$) pelos tratamentos fornecidos.

Quando avaliado o período total de criação, de 1 a 42 dias, o consumo de ração foi influenciado ($P<0,05$) pelos tratamentos fornecidos, onde as aves que receberam apenas a ração basal, sem o acréscimo de avilamicina e aditivo alternativo, tiveram um maior consumo médio em relação às aves que receberam os aditivos antimicrobianos na ração; o que provavelmente se deve ao fato da avilamicina e o aditivo alternativo terem melhorado a microflora intestinal dessas aves. Os parâmetros conversão alimentar e ganho de peso não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$).

O que corrobora com o encontrado por Galli *et al.* (2020) que, a 42 dias a suplementação com extratos vegetais (extrato de cúrcuma e yucca), não foi estatisticamente diferente do tratamento que recebeu antimicrobiano promotor de crescimento. Esse resultado sugere que mesmo com o desempenho reduzido nas semanas anteriores aos tratamentos que receberam o aditivo alternativo, devido ao potencial genético das linhagens atuais frangos de corte conseguem recuperar o peso na última semana.

Hadaeghi *et al.* (2021), trabalhando com restrição alimentar de em frangos de corte, verificou que mesmo as aves que receberam restrição de 25% nas fases iniciais e tiveram menor desempenho zootécnico nessas fases, alcançaram desempenho superior ao das aves que não foram submetidas a restrição. Tal resultado demonstra que a genética atual das aves é capaz de compensar a perda de peso nas fases iniciais de crescimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o uso de extrato vegetal melhorador de microbiota (B-Safe) pode ser efetivamente uma opção ao antibiótico (avilamicina), entretanto, de acordo com os resultados encontrados neste trabalho, recomenda-se o prosseguimento do estudo do efeito de aditivos alternativos a base de extrato vegetal sobre o desempenho animal.

AGRADECIMENTOS

A Empresa Brasil Foods (BRF), pelo fornecimento dos animais.

REFERÊNCIA

AHMAD, B.; YOUSAFZAI, A. M.; ZEB, A.; KHAN, A. A.; ATTAULLAH, M.; AHMAD, S. In-vitro and in-vivo evaluation of the antibacterial potential of typha elephantina. *Tropical Biomedicine*, v. 38, n. 1, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47665/tb.38.1.001>. Acesso em: 3 fev. 2022.

BELOTE, B. L.; TUJIMOTO-SILVA, A.; HÜMMELGEN, P. H.; SANCHES, A. W. D.; WAMMES, J. C. S.; HAYASHI, R. M.; SANTIN, E. Histological parameters to evaluate intestinal health on broilers challenged with *Eimeria* and *Clostridium Perfringens* with or without Enramycin as Growth Promoter. *Poultry Science*, v. 97, n. 7, p. 2287–2294, Jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pey064>. Acesso em: 3 fev. 2022.

CASANOVA, N. A.; REDONDO, L. M.; REDONDO, E. A.; JOAQUIM, P. E.; DOMINGUEZ, J. E.; FERNÁNDEZ-MIYAKAWA, M. E.; CHACANA, P. A. Efficacy of chestnut and quebracho wood extracts to control *Salmonella* in poultry. *Journal of Applied Microbiology*, v. 131, n. 1, p. 135–145, 2021.

CÔTÉ, H.; PICHETTE, A.; ST-GELAIS, A.; LEGAULT, J. The biological activity of monarda *Didyma l.* Essential oil and its effect as a diet supplement in mice and broiler chicken. *Molecules*, v. 26, n. 11, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85108073596&doi=10.3390%2fmolecules26113368&origin=inward&txGid=a221fee142e5139b230e8c82ff83e650>. Acesso em: 3 fev. 2022.

DALÓLIO, F. S.; MOREIRA, J.; VALADARES, L. R.; NUNES, P. B.; VAZ, D. P.; PEREIRA, H. J.; PIRES, A. V.; CRUZ, P. J. da. Aditivos alternativos ao uso de antimicrobianos na alimentação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 5, n. 1, 30 jul. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/2866>. Acesso em: 3 fev. 2022.

DIARRA, M. S.; MALOUIN, F. Antibiotics in Canadian poultry productions and anticipated alternatives. *Frontiers in Microbiology*, v.5, n.282, Jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00282>. Acesso em: 3 fev. 2022.

FASCINA, V. B.; SARTORI, J. R.; GONZALES, E.; DE CARVALHO, F. B.; GONCALVES PEREIRA DE SOUZA, I. M.; POLYCARPO, G. do V.; STRADIOTTI, A. C.; PELICIA, V. C. Phytogetic additives and organic acids in broiler chicken diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.10, p.2189-2197, Oct. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012001000008>. Acesso em: 3 fev. 2022.

FERREIRA, D. F. A Computer analysis system to fixed effects split plot type designs: SISVAR. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529–535, 20 Dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em:

FURLAN, R. L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusão competitiva. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE INCUBAÇÃO, MATRIZES DE CORTE E NUTRIÇÃO, 5., 2004. Balneário Camburiú, SC. Anais [...]. Balneário Camburiú, 2004. p. 23.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000400025>. Acesso em: 3 fev. 2022.

GALLI, G. M.; GRISS, L. G.; BOIAGO, M. M.; PETROLI, T. G.; GLOMBOWSKY, P.; BISSACOTTI, B. F.; COPETTI, P. M.; DA SILVA, A. D.; SCHETINGER, M. R.; SARETA, L.; MENDES, R. E.; MESADRI, J.; WAGNER, R.; GUNDEL, S.; OURIQUE, A. F.; DA SILVA, A. S. Effects of curcumin and yucca extract addition in feed of broilers on microorganism control (anticocidal and antibacterial), health, performance and meat quality. *Research in Veterinary Science*, v. 132, p. 156–166, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.06.008>. Acesso em: 3 fev. 2022.

HADAEGHI, M.; AVILÉS-RAMÍREZ, C.; SEIDAVI, A.; ASADPOUR, L.; NÚÑEZ-SÁNCHEZ, N.; MARTÍNEZ-MARÍN, A. L. Improvement in broiler performance by feeding a nutrient-dense diet after a mild feed restriction. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 34, n. 3, p. 189–199, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n3a02>.

Acesso em: 3 fev. 2022.

HOU, S.; GUO, J.; LIU, L.; QIU, F.; LIU, X. Antibacterial and antibiofilm activity of *Lagotis brachystachya* extract against extended-spectrum β -lactamases-producing *Escherichia coli* from broiler chickens. *Poultry Science*, v. 101, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101555>. Acesso em: 3 fev. 2022.

HUYGHEBAERT, G.; DUCATILLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Veterinary Journal*, v.187, n.2, p.182-8, fev. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003>. Acesso em: 3 fev. 2022.

LODDI, R. de O.; GONZALES, M. M.; TAKITA, E.; SAYURI, T.; MENDES, A.; ROÇA, A. Uso de probiótico e antibiótico sobre o desempenho, o rendimento e a qualidade de carcaça de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, p. 1124–1131, ago. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000400025>. Acesso em: 3 fev. 2022.

MAIORKA, A. Impacto da saúde intestinal na produtividade avícola. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 5., 2004, Chapecó. Anais [...], Chapecó, Santa Catarina, 2004. p119–129.

MEHDI, Y.; LETOURNEAU-MONTMINY, M.-P.; GAUCHER, M.-L.; CHORFI, Y.; SURESH, G.; ROUISSI, T.; BRAR, S. K.; COTE, C.; RAMIREZ, A. A.; GODBOUT, S. Use of antibiotics in broiler production: global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, v.4, n.2, p.170-178, jun. 2018.

NUNES, A. D. Influência do uso de aditivos alternati-

vos a antimicrobianos sobre o desempenho, morfologia intestinal e imunidade de frangos de corte. Pirassununga, 2008. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-19032008-134523/>. Acesso em: 3 fev. 2022.

OETTING, L. L.; UTIYAMA, C. E.; GIANI, P. A.; RUIZ, U. dos S.; MIYADA, V. S. Efeitos de antimicrobianos e extratos vegetais sobre a microbiota intestinal e a frequência de diarreia em leitões recém-desmamados. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 2013–2017, out. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800023>. Acesso em: 3 fev. 2022.

OLEFORUH-OKOLEH, V. U.; NDOFOR-FOLENG, H. M.; OLORUNLEKE, S. O.; UGURU, J. O. Evaluation of growth performance, haematological and serum biochemical response of broiler chickens to aqueous extract of ginger and garlic. Journal of Agricultural Science, v. 7, n. 4, p. p167, 15 mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0293-z>. Acesso em: 3 fev. 2022.

RASKIN, I.; RIBNICKY, D. M.; KOMARNYTSKY, S.; ILIC, N.; POULEV, A.; BORISJUK, N.; BRINKER, A.; MORENO, D. A.; RIPOLL, C.; YAKOBY, N.; O'NEAL, J. M.; CORNWELL, T.; PASTOR, I.; FRIDLENDER, B. Plants and human health in the twenty-first century. Trends in Biotechnology, v. 20, n. 12, p. 522–531, 1 dez. 2002.

RIZZO, P. V.; MENTEN, J. F. M.; RACANICCI, A. M. C.; TRALDI, A. B.; SILVA, C. S.; PEREIRA, P. W. Z. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 4, p. 801–807, abr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000400015>. Acesso em: 3 fev. 2022.

ROSTAGNO, H.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L.; EUCLIDES, R. F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, p. 251.

SAKOMURA, N.; ROTAGNO, H. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2016.

SANTANA, E. S.; MENDES, F. R.; BARNABÉ, A. C. de S.; OLIVEIRA, F. H. de; ANDRADE, M. A. Uso de produtos alternativos aos antimicrobianos na avicultura. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.13, nov. 2011. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/13544>. Acesso em: 3 fev. 2022.

TOLEDO, G.S.P. de; COSTA, P.T.C.; SILVA, P. da; PINTO, D.; POLETTO JUNIOR, C. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo antibiótico e/ou fitoterápico como promotores, adicionados isoladamente ou associados. Ciência Rural, v.37, n.6, p.1760-1764, nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000600040>. Acesso em: 3 fev. 2022.

WINDISCH, W.; SCHEDLE, K.; PLITZNER, C.; KROISMAYR, A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry¹. Journal of Animal Science, v. 86, n. suppl.14, p. e140-e148, 1 abr. 2008.

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● AGRONOMIA

EVALUATION OF HALF-SIB MAIZE PROGENIES THROUGH THE RECURRENT SELECTION METHOD

Saulo Naves Araújo do Prado Mascarenhas¹   , Ísis Fernanda de Almeida²  
Ramon Vinícius de Almeida¹   Bruno Rodrigues Costa¹  

Gabriel Aragão Fernandes¹  

¹ Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM)

² Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Abstract: Maize is a globally significant cereal, with Brazil ranking among top producers and exporters. Maize's genetic variability enables its cultivation across diverse regions, positioning it as an excellent candidate for genetic improvement programs. This study aimed to evaluate the potential genetic gain in a population of half-sib maize progenies derived from the crossing of commercial hybrids over two cycles of intrapopulation recurrent selection. The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia. The agronomic traits evaluated included plant height (PH), ear insertion height (EIH), stem diameter (SD), ear length (EL), ear diameter (ED), and grain weight (GW). The results indicated significance for the traits EL and ED in the first cycle and ED in the second cycle. A low experimental coefficient of variation (CvE) was achieved, demonstrating the experiment's precision. In the first cycle, EL showed a high genetic variation coefficient (CVg), while ED showed a CVg/CvE ratio greater than one, leading to the conclusions that only the ED trait benefited from the selection process. The heritability for ED decreased in the second cycle due to reduced genotypic variance, suggesting a decline in available genetic variability. Path analysis revealed a significant direct effect of ear diameter on grain weight in the second cycle, however, direct selection did not result in weight gains due to low genetic variance.

Keywords: Correlation. Biometric models. *Zea Mays L.*

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS DE MILHO PELO MÉTODO DE SELEÇÃO RECORRENTE

RESUMO: O milho é um cereal de importância econômica global, com o Brasil se destacando como um dos principais produtores e exportadores. A variabilidade genética da espécie permite seu cultivo em diversas regiões, aspecto que favorece seu estudo em programas de melhoramento genético. Este estudo objetivou avaliar o potencial de ganho genético em uma população de meios-irmãos de milho, oriunda do cruzamento de híbridos comerciais, ao longo de dois ciclos de seleção recorrente intrapopulacional. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia. Foram avaliados os caracteres agrônômicos: altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE) e peso de grãos (PG). Os resultados indicaram significância para os caracteres CE e DE no primeiro ciclo, e DE no segundo ciclo. Obteve-se baixo coeficiente de variação experimental (CvE), observando precisão no experimento. No primeiro ciclo, o caractere CE apresentou alto coeficiente de variação genético (CVg) enquanto que DE, no mesmo ciclo, apresentou valor acima da unidade para a razão CVg/CvE, concluindo que apenas a característica DE foi favorecida pelo processo de seleção. A herdabilidade para diâmetro de espiga diminuiu no segundo ciclo devido à redução da variância genotípica, indicando menor variabilidade genética disponível. A análise de trilha mostrou efeito direto significativo do diâmetro da espiga sobre o peso de grãos no segundo ciclo, mas a seleção direta não resultou em ganhos de peso devido à baixa variância genética.

Palavras-chave: Correlação. Modelos biométricos. *Zea Mays L.*

* Autor correspondente:

saulomascarenhas10@outlook.com

Recebido: 06/08/2024.

Aprovado: 07/11/2024.

Como citar: Mascarenhas, S.N.A.do P., Almeida, I.F.de, Almeida, R.V. de, Pinto, B.R.C. & Fernandes, G.A.. EVALUATION OF HALF-SIB MAIZE PROGENIES THROUGH THE RECURRENT SELECTION METHOD. Revista Inova Ciência & Tecnologia/ Innovative Science & Technology Journal, Uberaba, Volume 10, 2024. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/workflow/index/1387>

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron 

Dr. Arcangelo Loss 

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



INTRODUCTION

Maize is one of the most important cereal crops worldwide. In Brazil, the corn harvest is projected to cover more than 21.2 million hectares in the 2023/2024, highlighting its economic significance to the country (CONAB, 2023). According to the United States Department of Agriculture (USDA, 2024), Brazil emerged as the third-largest producer of maize and the world's leading exporter during the 2022/23 growing season.

Maize exhibits substantial genetic variability, allowing it to be cultivated in diverse regions worldwide. This variability, coupled with its economic importance and widespread distribution, encourages genetic improvement efforts aimed at achieving higher yields in smaller cultivation areas. Among maize cultivars, varieties stand out as groups of plants that possess higher variability compared to commercial hybrids while sharing common characteristics. These varieties are genetically stable and can be reused without compromising their yield potential. Typically, they are produced by public institutions through research and distribution in seed programs. The use of maize varieties is appealing due to their lower cost and the ability to be cultivated without the need for advanced technology (Cruz *et al.*, 2010).

Maize's extensive genetic variability enables its cultivation across diverse global regions. In Mexico, this diversity is preserved through traditional farming and germplasm banks like CIMMYT, which has maintained about 28,000 maize accessions since 1943, supporting both conservation and sustainable use (Orozco-Ramírez *et al.*, 2017; Leyva-Madrugal *et al.*, 2020; Alvarado-Beltrán *et al.*, 2019; Taba *et al.*, 2005). The economic importance and adaptability of maize drive breeding programs focused on higher productivity in limited areas. Public institutions often develop and distribute genetically stable traditional varieties for small-scale farming, with Brazil's EMBRAPA leading efforts in seed programs and technical support to enhance yield in family farms and agroecological systems (Cruz *et al.*, 2010; Meirelles *et al.*, 2014).

One prominent method for generating these varieties is recurrent selection, performed both among and within families of half-sibs. As described by Borém *et al.* (2021), this method involves four fundamental steps: obtaining progenies, evaluating the progenies, selecting superior progenies, and recombining them to form the next generation. Generally, this breeding method aims to develop a population with satisfactory levels of desirable alleles, which can then be utilized as a new variety after the selection cycle is complete. Recurrent selection is a cyclical breeding method used to raise the frequency of favorable alleles in a population until they reach desired levels. In cross-pollinated plants, this process may require multiple cycles, often between 5 and 10 cycles of selection.

Therefore, the objective of this study was to investigate the potential genetic gain of a population of half-sib maize progenies, derived from the crossing of commercial hybrids, over two cycles of intrapopu-

lation recurrent selection. Additionally, we aimed to evaluate the relationships between agronomic traits through path analysis.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Triângulo Mineiro – Campus Uberlândia. According to Köppen (1948), the climate of the location is classified as tropical, hot, and humid, with an average annual precipitation of 1500 mm and an average temperature of 21°C.

In March 2023, six commercial maize hybrids — DKB360, AS1868, P3551, P3808, GNZ7720, and GNZ7750— were sown, serving as the parental lines for the populations under evaluation. These hybrids were used in the first selection cycle and subjected to random crossings, resulting in the formation of six half-sib families by the end of the cycle. In this experiment, each treatment corresponds to a half-sib family. The seeds obtained from different blocks representing the same family were homogenized and sown in September 2023 to initiate the second selection cycle.

The experiment followed a randomized block design (RBD) with four replicates. The experimental units consisted of plots with two 5-meter-long rows. During the first cycle, the row spacing was 0.9 meters; however, for the second cycle, it was reduced to 0.7 meters, with 0.2 meters between plants within each row, totaling 50 plants per plot. This adjustment in spacing aimed to increase plant density, mirroring practices adopted by farmers to optimize land use.

Climate data, including precipitation, were collected from the campus weather station located approximately 700 meters from the experimental area. During drought periods, a sprinkler irrigation system was installed to ensure the water levels necessary for maize growth, with a prior uniformity test conducted to assess water distribution. The installation and technical guidance for the system were carried out with support from the institute's hydraulics department.

Fertilization was based on soil chemical analysis, which indicated low phosphorus and potassium availability. At planting, 40 kg/ha of NPK 4-14-8 fertilizer was applied in the furrow. Topdressing fertilization was split into two applications, following the recommendations of Boletim 100 (2022) for maize cultivation. The first application took place at the V4 phenological stage, involving a mixture of 15 kg of urea and 10 kg of potassium chloride to supply nitrogen and potassium. The second application, conducted at the V10 stage, consisted of 12 kg of urea. All other cultural practices were carried out according to standard technical recommendations for maize cultivation.

The traits evaluated were: plant height (PH), measured in centimeters using a graduated ruler from the soil level to the point of insertion of the flag leaf. This measurement was taken with the plant at physiological maturity, a stage that minimizes variations due to active growth; ear insertion height (EIH), measured in centimeters from the soil level to the insertion of the

first productive ear; stem diameter (SD), measured in millimeters using a precision digital caliper positioned just below the first ear to standardize the measurement location; ear length (EL), measured in centimeters with a precision ruler from the peduncle to the upper end of the ear. Ears were randomly selected within each plot to represent the experimental unit average; ear diameter (ED), measured at the central region of the ear using a digital caliper; and grain weight (GW), obtained by weighing all the shelled seeds from each ear using a previously calibrated precision scale to ensure measurement reliability. For the GW trait, humidity was corrected to 14% according to the formula:

$$W14\% = Wf(1 - H)/0.86 \quad (1)$$

where W14% is the weight corrected to 14% humidity; Wf is the field weight of the trait per plot; e H is the grain humidity in each plot, expressed in decimals (RAS, 2009).

The variance components and genetic parameters were estimated using the Genetics and Statistics Software - GENES (CRUZ, 2013), applying the following model:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + e_{ij} \quad (2)$$

where Y_{ij} is the response variable value of treatment i in replication j , μ is the overall mean, t_i is the effect of treatment i , B_j is the effect of block j , and e_{ij} is the error of plot ij .

Analysis of variance (ANOVA) was performed to obtain the mean squares and coefficients of variation for the analyzed variables. Residual normality was verified using the Shapiro-Wilk test, and at a 5% significance level. The residuals were deemed normally distributed. Subsequently, the variance components were obtained, where the significance of the model was evaluated by the F-test at 1% and 5% probability levels. The genetic parameters and their estimators were analyzed for each trait using the following expressions (CRUZ, 2006):

- Average genotypic variance:

$$\sigma_G^2 = (QM_g - QM_r)/r \quad (3)$$

where QM_g is the mean square of families, QM_r is the mean square of the residual and r is the number of replications.

- Average environmental variance:

$$\sigma_A^2 = QM_r/r \quad (4)$$

where QM_r is the mean square of the residual and r is the number of replications.

- Phenotypic variance:

$$\sigma_F^2 = QM_g/r \quad (5)$$

where QM_g is the mean square of families and r is the number of replications.

- Average heritability - h^2 :

$$(QM_g - QM_r)/QM_g \quad (6)$$

where QM_g is the mean square of families and QM_r is the mean square of the residual.

- Genetic coefficient of variation - CVg%:

$$100 (\sqrt{\sigma_g^2}/m) \quad (7)$$

where σ_g^2 is the genotypic variance and m is the overall mean of the trait under study.

- Ratio:

$$CV_g/CV_e \quad (8)$$

where CV_g is the genetic coefficient of variation and CV_e is the experimental coefficient of variation.

- Direct selection gain:

$$GS = i \cdot \sigma_G^2 \cdot \sqrt{h^2} \quad (9)$$

where i is the selection intensity, σ_G^2 is the genotypic variability and $\sqrt{h^2}$ is the square root of heritability or accuracy.

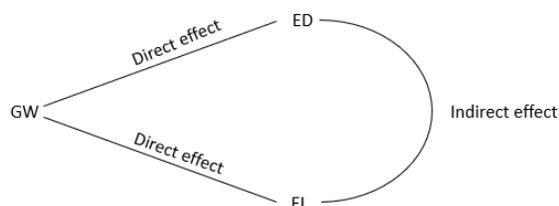
- The indirect selection gain in Y, when selection is practiced on X ($SG_{y(x)}$) was calculated using the formula:

$$SG_{y(x)} = i \cdot \sqrt{h^2} \cdot rg \cdot S_{gy} \quad (10)$$

where i is the selection intensity, $\sqrt{h^2}$ is the square root of heritability or accuracy, rg is the genotypic correlation between traits X and Y, and S_{gy} is the genotypic standard deviation for trait Y.

The relationship between the dependent variable and the explanatory variables is illustrated in the diagram in Figure 1. Path analysis, proposed by Wright (1921), is used to understand these relationships by considering both the direct and indirect effects of the explanatory variables (EL and ED) on the dependent variable (GW). Path analysis allows for the quantification of these influences through path coefficients, which are obtained from standardized multiple regressions (Cruz; Carneiro; Regazzi, 2014).

Figure 1: Illustrative causal diagram showing the effects of explanatory variables (ED and EL) on the dependent variable GW.



Source: Prepared by the authors (2024).

RESULTS AND DISCUSSION

Significance was observed through analysis of variance for the agronomic traits: ear diameter (ED) and ear length (EL) (Table 1) in the first selection cycle, and only for ED in the second cycle. In the first cycle, the analysis did not reveal significant differences in grain yield – a trait of high importance for this breeding program – among the families. Therefore, the material harvested after the first cycle was homogenized and replanted for the second cycle. The presence of genetic variability for significant traits indicates the potential for genetic gains in future cycles.

Table 1: Mean squares and coefficients of variation from the ANOVA for traits that showed significance in two cycles of intrapopulation recurrent selection in maize.

Source of variation	First Cycle		Second Cycle
	ED	EL	ED
Block	1.96	0.50	0.14
Treatment	23.26**	3.87*	7.80*
Error	4.13	0.93	2.25
Total	29.36	5.31	10.20

*and ** Significant at 5% and 1% probability by the F-test, respectively.

Source: Prepared by the authors (2024).

The other productive traits, such as plant height (PH), ear insertion height (EIH), stem diameter (SD), and grain weight (GW), were not significant according to the analysis of variance for both selection cycles. This finding diverges from that observed by Cintra *et al.* (2023), who, when analyzing half-sib progenies of fresh maize over five cycles of recurrent selection, identified significance for plant height and ear insertion height in the first two cycles. Similarly, Modesto *et al.* (2014) also observed significance regarding ear weight when studying phenotypic recurrent selection aimed at obtaining a synthetic maize variety.

This divergence suggests that while some traits may be consistently improved over successive cycles, others may be more influenced by environmental factors or the genetic structure of the populations under study. Similar findings were reported by Coelho (2019), who observed variations in the behavior of these populations when examining the same progenitors.

The experimental coefficients of variation (CvE) for the significant traits showed low values, indicating high

experimental precision (Table 2). Experimental precision is crucial for achieving genetic progress in breeding programs, especially for traits highly influenced by environmental factors. The study by Santos Junior (2023) on reciprocal recurrent selection in popcorn corroborates the observed results, as the author reported experimental coefficients of variation of 4.43% and 3.31% for EL and ED, respectively, demonstrating experimental precision similar to the present study.

Table 2: Estimates of genetic parameters for the evaluated traits, with variance values: genotypic (σ_G^2) and environmental (σ_A^2), average heritability (h^2), genetic coefficient of variation (CVg%), environmental coefficient of variation (CvE%), ratio CVg/CvE, and the means of ear diameter (ED) and ear length (EL) in two cycles of intrapopulation recurrent selection in maize.

Description	First Cycle		Second Cycle
	ED	EL	ED
σ_G^2	4.78	0.73	1.39
σ_A^2	1.03	0.24	0.56
σ_F^2	5.82	0.97	1.95
$h^2\%$	82.23	75.87	71.05
CVg %	5.60	5.81	2.72
CvE (%)	5.20	6.54	3.47
CVg/CvE	1.08	0.89	0.78
Mean	39.03	14.76	43.22

Source: Prepared by the authors (2024).

In genotype selection, the use of heritability is fundamental for obtaining individuals with traits that promote genetic improvement of the crop, as its values represent the heritable genetic fraction in the expression of the phenotype (Borém *et al.*, 2021). Understanding heritability in a broad sense is crucial in plant breeding, as it addresses the proportion of observed variability caused by genetic effects (Carvalho *et al.*, 2001).

In the first selection cycle, the highest heritability (h^2) values were observed for ear diameter (ED) and ear length (EL), respectively, while the heritability value for ED decreased in the subsequent cycle. As observed, the estimated heritability percentages for the ED trait in the first and second cycles were higher than the 76% and 51% values, respectively, reported by Almeida *et al.* (2024) in their study with two maize recurrent selection populations.

The heritability observed for the EL variable in the first cycle was lower than the estimates of 95.63% and 85.85%, as reported by Bernini *et al.* (2021) in their study with different maize progenies. However, this same variable showed a heritability estimate higher than the 55% and 70% values described by Almeida *et al.* (2024) in their study with different maize populations. The average ear length is one of the traits that can directly influence the number of kernels per row and, consequently, the productivity of maize (Kappes *et al.*, 2009). This trait can be targeted for selection in maize breeding programs aimed at increasing the number of kernels per ear (Nascimento *et al.*, 2023).

The analyses indicate that the reduction in heritability for ear diameter (ED) in the second cycle was

primarily due to the decrease in genotypic variance (Table 2), suggesting that the genetic variability available for ED was significantly reduced after the first selection cycle. Decreases in variability over selection cycles have also been highlighted in other studies involving half-sib progenies (Carvalho *et al.*, 2003).

In the study, the mean for the ear diameter (ED) trait was 39.03 mm in the first cycle and 43.22 mm in the second cycle. This increase in the mean ED occurred because, despite the drop-in heritability between cycles, it remained high, favoring direct gains for this trait. These results corroborate the study by Cintra *et al.* (2023), who also observed gains in ear diameter in their study of five cycles of intrapopulation recurrent selection in fresh maize half-sib progenies. Thus, even with the reduction in genetic variability, selection at this stage still provides significant gains in ED.

These findings are particularly relevant for maize breeding programs, as the varieties developed will benefit family farming. Farmers who adopt these varieties tend to consume the product or sell it on a small scale, with larger ears often being preferred by consumers (SILVA *et al.*, 2015). Therefore, the gains in ear diameter not only enhance production efficiency but also meet market demands.

In the present study, the trait ear diameter (ED) in the first cycle exhibited the highest genotypic variance (4.78), a value higher than that observed by Santos Junior (2023). Conversely, the genotypic variance for the ear length (EL) trait in the first cycle was lower compared to ED. According to the study by Silveira (2021) on maize genotype selection in the semi-arid region, the observed genotypic variance for EL was 2.07, while the environmental variance was 1.79, both of which were higher than the values observed in the present study.

Genotypic variance directly influences the potential genetic gain achievable through selection, also affecting heritability values (Borém *et al.*, 2021). These results obtained regarding genotypic variance suggest that selection based on these traits will be effective, enabling significant genetic gains in subsequent cycles. It was observed that the trait ED was more affected by environmental conditions in both selection cycles, as also reported by Nascimento *et al.* (2023), where the author noted a greater environmental influence on ED than on EL. However, there is still a favorable situation for improvement, as it is possible to select genotypes whose phenotypic values of the traits are more influenced by genetic factors than by environmental ones (Tucker *et al.*, 2020). Environmental variance (σ_A^2) refers to the part of phenotypic variation caused by differences in environmental conditions and is crucial for understanding how these factors influence trait expression. The means of genotypic, environmental, and phenotypic variances are extremely important as they allow for a precise analysis of the sources of phenotypic variation, facilitating the selection of superior individuals and the prediction of the success of breeding programs.

The genetic coefficient of variation (CVg), being directly proportional to genetic variance, allows breeders to gauge the relative magnitude of changes that can be achieved through selection, as it is expected that the

higher the CVg estimate, the greater the genetic variability. According to Pandey *et al.* (2017), CVg values above 5% are considered high. The trait with the highest CVg was observed for EL and ED, respectively, in the first cycle, with values of 5.81 and 5.60, indicating high genetic variability for these traits. In the second cycle, the observed genetic coefficient of variation for ED was 2.72, resulting in a decrease in genetic variability for this trait.

Through the CVg/CVe ratio, it is possible to identify which traits have variation predominantly influenced by genetic factors rather than environmental ones. According to Faleiro *et al.* (2002), the closer this ratio is to 1.0, the greater the proportion of variation attributable to genetic causes. In the first cycle, the ratio value for ear diameter (ED) was higher than that observed in the second cycle, indicating that, in the second generation of recurrent selection, there was a decline in both genetic and environmental variance. Considering that values close to or above 1.0 suggest the predominance of genetic variance over environmental variance, it is concluded that only the ED trait in the first cycle benefited from the selection process.

Understanding the correlation between grain yield components is crucial, especially when selecting based on one trait to effect changes in other agronomically important traits correlated with each other. In the first cycle, a high direct effect of ear length (EL) on grain weight (GW) was observed, and theoretically, a higher indirect correlation in GW through selection for EL (0.54) than through ear diameter (ED) (0.52) can be expected. In contrast, in the second cycle, a high direct effect of ED on GW was observed, with a higher indirect correlation in GW through selection for ED (0.81) compared to EL (0.03), which corroborates the results obtained by Barbosa *et al.* (2019) (Table 3).

Table 3: Path analysis of the direct and indirect effects of ear length (EL) and ear diameter (ED) on grain weight (GW) in two cycles of intrapopulation recurrent selection of maize.

First Cycle		
Variable	EL	
Direct effect on GW	0.60	
Indirect effect on ED	-0.06	
Total		0.54
Variable	ED	
Direct effect on GW	0.59	
Indirect effect on EL	-0.06	
Total		0.52
Second Cycle		
Variable	EL	
Direct effect on GW	0.44	
Indirect effect on ED	-0.41	
Total		0.03
Variable	ED	
Direct effect on GW	0.99	
Indirect effect on EL	-0.18	
Total		0.81

Source: Prepared by the authors (2024).

In the first cycle, a positive correlation between ear length (EL) and grain weight (GW) was observed, which is supported by the studies of Grespan *et al.* (2023) and Lopes *et al.* (2007), who also indicated a positive correlation between ear length and the productive aspects of ears.

Considering direct gains, ear diameter (ED) in the second cycle shows a high positive correlation with GW, making it more advantageous for direct gains. This suggests that in the second cycle of recurrent selection, the direct influence of ED on GW became more dominant, while the influence of EL decreased, possibly indicating changes in the relationships between these variables across selection cycles.

Regarding selection gains, a 4.70% and 3.55% gain in GW can be expected when practicing direct selection through EL and ED, respectively, in the first cycle, using a selection intensity of 16% (Table 4). These secondary components (EL and ED) are efficient for use in direct selection for PG (Nascimento Júnior; Môro; Môro, 2021).

For EL and ED in the second cycle, however, no direct gains in GW were observed with this level of selection intensity. Even though path analysis showed a high direct effect of ear diameter on grain weight in the second cycle, direct selection on this trait does not result in gains in grain weight due to null genetic variance. According to Cruz *et al.* (2003), the absence of genetic variance prevents any potential gains, even when the genetic correlation between traits is high.

Table 4: Selection gain (%) in grain weight (GW) through direct selection of significant traits in the first cycle of recurrent selection.

First Cycle	
	SG% in GW
Direct Selection on EL	4.70%
Direct Selection on ED	3.55%

Source: Prepared by the authors (2024).

CONCLUSIONS

In the first selection cycle, ear length (EL) and ear diameter (ED) were significant, with high coefficients of genetic variation. However, in the second cycle, only ED remained significant, showing a reduction in genetic variation. Path analysis indicated the potential for indirect gains in grain weight (GW) through the selection of EL in the first cycle, with expected gains of 4.70% for EL and 3.55% for ED, but no gains were observed in the second cycle due to a lack of genetic variance.

These results reinforce the viability of the breeding program and the need to introduce new genetic materials to increase variability. The continuous selection of superior families will facilitate the development of a new variety adapted to local conditions, particularly benefiting family farming and small producers by ensuring productivity and reducing costs compared to hybrid seeds.

After two cycles of selection, the results indicate a positive potential for maize productivity, making this

research relevant for small farmers, research entities, and breeding companies. Strengthening genetic variability is crucial for developing new cultivars that meet the sector's needs.

REFERENCES

ALMEIDA, P. H. S. *et al.* Genetic potential of maize populations derived from commercial hybrids for interpopulation breeding. **Revista Caatinga**, v. 37, p. 1-7, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v3711736rc>. Acesso em: 29 maio 2024.

ALVARADO-BELTRÁN; G. *et al.* Morphological variability of native maize (*Zea mays L.*) of the west highland of Puebla and east highland of Tlaxcala, Mexico. **Revista FCA Uncuyo**, v. 51, n. 2, p. 217-234, 2019. Disponível em: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA>. Acesso em: 01 nov. 2024.

BARBOSA, M. H. *et al.* Path analysis and canonical variables of intervarietal maize hybrids. **Plant Omics**, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/poj.12.01.19.pt848>. Acesso em: 05 jun. 2024.

BERNINI, C. S. *et al.* Parâmetros genéticos de progênies interpopulacionais de milho para caracteres relacionados com tolerância à seca. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 9, p. 25-31, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/14920211453>. Acesso em: 29 maio 2024.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2021. 384 p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 29 out. 2024.

CANTARELLA, H. *et al.* **Boletim 100**: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022.

CARVALHO, F.I.F. *et al.* **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPEL, 2001. 99 p.

CARVALHO, H. W. L. de *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos da variedade BR 5028-São Francisco no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 929-935, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000800005>. Acesso em: 11 jul. 2024.

CINTRA, P. H. N. *et al.* Cinco ciclos de seleção recorrente intrapopulacional em progênies de meio irmãos de milho fresco. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 723-730, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n324rc>. Acesso em: 29 maio 2024.

COELHO, I. F. **Análise dialélica multi-ambiente no melhoramento de milho**, 2019. 49 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2019. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/180530f1-e304-4b51-93bd-097a993feb2e/content>. Acesso em: 01 nov. 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a Agropecuária**, Brasília, DF, 11, safra 2023/2024, 64-82, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria/item/download/49233_95da3461776e-fa87eb07df9ddcc0b9c4. Acesso em: 28 out. 2024.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n.3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006. 285 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. 668 p.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do milho**, 6. ed. Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2024.

FALEIRO, F. G. *et al.* Otimização da extração e amplificação de DNA de *Theobroma cacao* L. visando a obtenção de marcadores RAPD. **Agrotrópica**, v. 14, n. 2, p. 31-34, 2002.

GRESPLAN, D. S.; ZUFFO, A. M.; REGO, M. da S.; SANTOS, J. C. dos.; SILVA, F. C. dos. S.; BARROZO, L. M. Correções e Análise de Trilha em Caracteres Agro-nômicos de Híbridos de Milho Segunda Safra Cultivados em Balsas-MA. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 27, n. 1, p. 49-54, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n1p49-54>. Acesso em: 11 jul. 2024.

KAPPES, C. *et al.* Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 251- 259, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/5756>. Acesso em: 01 nov. 2024.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1948. 474 p.

LEYVA-MADRIGAL, K. Y. *et al.* Maize genetic diversity in traditionally cultivated polycultures in an isolated rural community in Mexico: implications for management and sustainability. **Plant Ecology & Diversity**, v. 13, n. 1, p. 15–28, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1708985>. Acesso em: 01 nov. 2024.

LOPES, S. J. *et al.* Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1536-1542, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MEIRELLES, W. F. Milhos especiais da Embrapa: variedades e multiplicação para a agricultura familiar. In: **EMBRAPA MILHO E SORGO**, Sete Lagoas, Minas Gerais. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1005320/1/p.4952.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.

MODESTO, L. R.; LUSTRI, E. A.; SOARES, F. J. V. L.; DA SILVA, R. P. F.; FLUMINHAN JR, A. Seleção recorrente fenotípica visando à obtenção de uma variedade sintética de milho (*Zea mays* L.). In: **Colloquium Agrariae**, 2014. p. 20-31. Disponível em: <https://doi.org/10.5747/ca.2014.v10.n2.a104>. Acesso em: 07 jun. 2024.

NASCIMENTO JÚNIOR, I. R. do; MÔRO, G. V.; MÔRO, F. V. Relação entre caracteres agrônômicos e anatômicos da folha visando seleção indireta de plantas de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, p. e20196593, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210019>. Acesso em: 01 nov. 2024.

NASCIMENTO, L. de. O. *et al.* Parâmetros genéticos e predição dos valores genotípicos via REML/BLUP em famílias de meios-irmãos de milho tradicional. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 2, p. 509-523, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/269504.5.2-3>. Acesso em: 12 jul. 2024.

OROZCO-RAMÍREZ, Q., PERALES, H., HIJMAN, R. J. Geographical distribution and diversity of maize (*Zea mays* L. *subsp. mays*) races in Mexico. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 5, p. 855–865, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0>. Acesso em: 01 nov. 2024.

PANDEY, Y. *et al.* Heritability, correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Pure and**

Applied Bioscience, v. 5, n. 2, p. 595-603, 2017.
Disponível em: <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2921>.
Acesso em: 01 jun. 2024.

SANTOS JUNIOR, D. R. dos. **Estimação de componentes de variância intra e interpopulacionais na implementação de seleção recorrente recíproca em milho-pipoca**. 2023. 70 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, 2023. Disponível em: <https://pgmp.uenf.br/wp-content/uploads/2023/05/Tese-DS-Divino-Rosa-dos-Santos-Jr-assinada.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2024.

SANTOS, E. A. *et al.* Genotypes selection by REML/BLUP methodology in a segregating population from na interspecific *Passiflora* spp. crossing. **Euphytica**, p. 1-11, 2015. Disponível em: DOI 10.1007/s10681-015-1367-6. Acesso em: 30 maio 2024.

SILVA, G. C. *et al.* Desempenho de cultivares para a produção de milho verde na agricultura familiar do sul de Roraima. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 2, p. 273-282, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p273-282>. Acesso em: 01 nov. 2024.

SILVEIRA, E. S. **Caracterização morfológica e seleção de genótipos de milho para a região semiárida**. 2021. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Sergipe, Campos do Sertão, 2021. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/14640>. Acesso em: 22 maio 2024.

TABA, S.; SHANDS, H. L.; EBERHART, S. A. The growth of CIMMYT's maize collection with the introduction of Latin American maize landrace accessions through the cooperative regeneration project. **Latin American Maize Germplasm Conservation**, p. 1, 2005.

TUCKER, S. L. *et al.* Evaluating maize phenotypic variance, heritability, and yield relationships at multiple biological scales across agronomically relevant environments. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 4, p. 880-902, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pce.13681>. Acesso em: 01 nov. 2024.

USDA – United States Department of Agriculture. World Agricultural Supply and Demand Estimates, Washington, DC, WASDE -648, p. 22, 2024. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0524.pdf>. Acesso em: 29 maio 2024.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF SPECIALTY COFFEES MARKETED IN MINAS GERAIS, BRAZIL

Flávio Meira Borém¹ , Luana Haeberlin² , Laís de Oliveira Silva¹ ,
Ana Paula de Carvalho Alves¹ , Cláudia Mendes dos Santos¹ 

¹Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, Brasil

²Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Viçosa-MG.

Abstract: The law of supply and demand is a fundamental concept in buying and selling relationships, and describes the interaction between the availability of a product or service (supply) and the willingness of consumers to purchase it (demand). In the specialty coffee market it is no different, the best beans, normally harvested on a small scale, are the most desired and, therefore, people pay more for them, therefore coffees with different levels of quality have different values, although very high values potentially can demotivate the consumer when purchasing a product. Thus, the aim of this study is to evaluate the selling price and sensory quality linked to the chemical composition and physical characteristics of specialty coffees marketed in Minas Gerais, Brazil. For that purpose, 20 specialty roasted coffees commercialized as specialty coffees in coffee shops in Belo Horizonte and Lavras, MG, were randomly purchased. The quality of the products was evaluated by sensory analysis, color determination (Agtron), and the profile of volatile and bioactive compounds. All coffees were classified as specialty coffees, with sensory scores from 81.1 to 87.8 points. The volatile compound profile allowed identification of the compounds related to the coffees with sensory scores ≥ 84.5 points and < 84.5 points. Bioactive compounds, selling price, and Agtron color were not related to the sensory quality of the coffee samples evaluated.

Keywords: *Coffea arabica* L., selling price, bioactive compounds, volatile compound profile, Agtron

* Autor correspondente:
flavioborem@ufla.br

Recebido: 22/02/2024.
Aprovado: 21/03/2024.

Como citar: Meira Borém, F., Haeberlin, L., de Oliveira Silva, L., de Carvalho Alves, A. P., & Mendes dos Santos, C. QUALIDADE QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS COMERCIALIZADOS EM MINAS GERAIS, BRASIL. Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal. Recuperado de <https://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/view/1378>

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron 
Dr. Lucas Arantes Pereira 

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



QUALIDADE QUÍMICA E SENSORIAL DE CAFÉS ESPECIAIS COMERCIALIZADOS EM MINAS GERAIS, BRASIL

Resumo: A lei da oferta e demanda é um conceito fundamental nas relações de compra e venda, e descreve a interação entre a disponibilidade de um produto ou serviço (oferta) e a disposição dos consumidores em adquiri-lo (demanda). No mercado de cafés especiais não é diferente, os melhores grãos, normalmente colhidos em pequena escala, são os mais desejados e, por isso, paga-se mais por eles, portanto cafés com diferentes níveis de qualidade apresentam valores diferentes, contudo valores muito elevados potencialmente desmotivam o consumidor a comprar um produto. Sendo assim, o objetivo deste estudo é avaliar o preço de venda e a qualidade sensorial atrelados à composição química e às características físicas de cafés especiais comercializados em Minas Gerais, Brasil. Para tanto, foram adquiridos aleatoriamente 20 cafés especiais torrados comercializados como especiais em cafeterias de Belo Horizonte e Lavras, MG. A qualidade dos produtos foi avaliada por análise sensorial, determinação de cor (Agtron) e perfil de compostos voláteis e bioativos. Todos os cafés foram classificados como especiais, com notas sensoriais de 81,1 a 87,8 pontos. O perfil de compostos voláteis permitiu identificar os compostos relacionados aos cafés com escores sensoriais $\geq 84,5$ pontos e $< 84,5$ pontos. Os compostos bioativos, o preço de venda e a cor Agtron não estiveram relacionados com a qualidade sensorial das amostras de café avaliadas.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., preço de venda, compostos bioativos, perfil de compostos voláteis, Agtron

INTRODUCTION

Coffee is a crop of great economic importance, and it produces one of the most widely consumed beverages in the world. A total of 170.3 million 60-kg bags were consumed in the 2021/22 crop year, with projected growth of 3.3% over the previous crop year (ICO, 2022).

Though traditionally sold as a commodity, since 2000, coffee has followed the trend of highlighting quality, and specialty coffees have gained space in the market, meeting consumer demands and requirements (Schuit *et al.*, 2021). According to the Specialty Coffee Association (SCA), specialty green coffee beans must be free of primary defects, and up to five equivalent secondary defects are tolerated. After roasting, the coffee must be free of quaker (immature) beans. In sensory analysis performed by certified judges, the beverage evaluated for fragrance/aroma, flavor, acidity, body, aftertaste, balance, uniformity, absence of defects (clean cup), sweetness, and overall impression. The coffees must have a minimum score of 80 points according to the international methodology proposed by The Coffee Quality Institute (CQI) (Lingle, 2011).

The specialty coffee market has shown notable growth through new products, market research, and an increase in specialty coffee shops (Guimarães *et al.*, 2018). Brazilian consumers identified "excellent aroma", "freshly ground", and "concern with sustainability" of the coffee as essential characteristics for sale of the coffee beverage. However, as groups of consumers (experts, enthusiasts, and general public) diversify, other characteristics become important, due to the consumption profile. The general public considered "strong/full-bodied", "vacuum-packed", and "having the ABIC seal" as relevant aspects for quality coffee. Enthusiasts considered "strong/full-bodied" as important, and experts considered "specialty coffee" and "small producer" as significant points for identifying quality. This shows that the consumer profile affects the desire and demand for specialty coffees in the domestic market (ABIC, 2022).

It is known that the chemical and physical changes that occur during the coffee roasting process provide the beverage with its flavor and aroma. Precise control of time and temperature is crucial in the process because these factors affect coffee organoleptic properties, as well as the intensity and relative concentration of the chemical compounds in the beans, determinants of the quality parameters of the beverage (Pramudita *et al.*, 2017). Other parameters that can be used to monitor the roasting process are bean color and aroma. During the roasting process, the color of the coffee bean changes from green to yellow and from yellow to shades of brown, ending up as dark brown. These color changes are due to the degradation and/or formation of chemical compounds that occur due to temperature (Anastácio *et al.*, 2022). In the industry, roasting quality is typically evaluated by a master roaster who determines the degree of coffee roasting according to sensory properties (color, aroma, and flavor) and physical parameters of the process (air temperature and roasting time) (Silva *et al.*, 2022).

The study of the chemical composition of specialty coffee enables better understanding of the aspects related to its quality. Chromatographic analysis methods have become relevant tools for the detection and quantification of different chemical compounds in coffee that may be related to the sensory profile of the beverage (Pereira *et al.*, 2020). The aromatic sensory profile is very important to indicate authenticity among coffees, and the basic taste sensations of coffee are formed by volatile compounds that are present in the beans and are precursors of aroma (Knysak, 2017). Bioactive compounds also make an important contribution to flavor. Caffeine, for example, contributes to the bitterness and body of the beverage (Casas *et al.*, 2017). Trigonelline plays a vital role in the composition of coffee flavor and aroma; its degradation helps form volatile compounds that benefit the beverage (Prakash *et al.*, 2022). Chlorogenic acids (CGAs) provide acidity, astringency, and bitterness to the coffee beverage (Aachary; Eskin, 2017).

The law of supply and demand is a fundamental concept in buying and selling relationships, and describes the interaction between the availability of a product or service (supply) and the willingness of consumers to purchase it (demand). In the specialty coffee market it is no different, the best beans, normally harvested on a small scale, are the most desired and, therefore, people pay more for them, therefore coffees with different levels of quality have different values, although very high values potentially can demotivate the consumer when purchasing a product. Thus, the objective of this study was to evaluate the sensory quality, selling price, and chemical and color characteristics of twenty roasted coffees sold in Minas Gerais, Brazil, as specialty coffees of the *Coffea arabica* species.

MATERIALS AND METHODS

For this study, twenty roasted *Coffea arabica* L. specialty coffees of different brands, regions, producers, cultivars, and processing methods were randomly purchased in coffee shops in Belo Horizonte and Lavras (Minas Gerais, Brazil). Nineteen were purchased as roasted beans, and one as roasted and ground (coffee identified by the letter F).

To evaluate the physical, sensory, and chemical quality of the roasted specialty coffees, the profiles of color, sensory analysis, bioactive compounds, and volatile compounds were analyzed.

Sensory Analysis

Sensory analysis was conducted by five judges certified as Q-graders according to the recommendations of the SCA Protocols - Cupping Specialty Coffee (Lingle, 2011). The sensory quality evaluation was performed using methodology for the aroma, flavor, acidity, and body attributes. The intensity scales of the attributes and the final sensory score were obtained according to the methodology described by

Salvio *et al.* (2023). Ethical approval for the involvement of human subjects in this study was granted by 63934322.3.0000.5148 the Ethics Committee on Human being Research of the Federal University of Lavras, Reference number 5.966.787, 03/27/2023.

Color Analysis

The color of the roasted coffee beans was evaluated using a Delta Color colorimeter/spectrophotometer, model Delta Vista d.0°, with measurement through reflectance and spectral range between 400nm and 700nm, calibrated with a D65 light source and observation angle of 10°. This instrument has its own calibration program for coffee in the Agtron (Ag) parameter, which is used in the official roasting color classification system of the SCA (Specialty Coffee Association).

For the analysis, approximately 13 g of ground roasted coffee was inserted (fine grinding, for filtered coffee) without compacting it, filling the container provided by the device. The reading was performed in triplicate. The mean of the results on the Agtron scale was obtained.

Volatile Compound Profile

The volatile compounds were determined by gas chromatography. The roasted coffee beans were ground in a 11A basic grinder (IKA, Brazil) for about 1 minute, with the addition of liquid nitrogen to facilitate grinding and prevent oxidation of the samples. Samples of 2 g of ground coffee were packed in hermetically sealed vials.

The volatile compounds were extracted using static headspace of the GC-MS device, model QP - 2010 SE (Shimadzu), equipped with an NST-100 column (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm) with a polyethylene glycol phase similar to Carbowax®, using the methodology described by Rabelo *et al.* (2021).

Data were analyzed and compounds were identified using the GCMS solution software (version 4.42, Shimadzu Corporation, Japan) and the NIST NIST/EPA/NIH 2014 database. Chemicals were identified by comparing the MS spectra with the database. The results were expressed as relative percentage area, which corresponds to the peak area for each identified compound as a proportion of the total chromatogram area of all detected peaks.

Bioactive Compounds

The non-volatile compounds caffeine, trigonelline, and chlorogenic acid were determined by High Performance Liquid Chromatography (HPLC), according to a methodology from Borém *et al.* (2023). The roasted coffee beans were ground in a basic 11A grinder (IKA, Brazil) for about 1 minute, with the addition of liquid nitrogen to facilitate grinding and prevent oxidation of the samples. Samples of 0.25 g of ground roasted coffee were extracted in 25 ml of distilled

water at boiling point and placed in a water bath with boiling water for 3 minutes. The extract was filtered through regular filter paper and then filtered through a 0.45 µm membrane.

The compounds present were determined in an Agilent chromatograph, model 1260 Infinity II, with an ultraviolet detection system, C18 chromatographic column, and wavelength of 272 nm. The mobile phase consists of 85% A (aqueous solution of 1% acetic acid) and 15% B (methanol), with a flow rate of 1 ml.min⁻¹. A standard curve was prepared using caffeine, trigonelline, and 5-caffeolquinic acid (5-CQA) standards for identification and quantitative analysis.

Experimental design and data analysis

The experiment was performed according to a completely randomized design with three replications. Analysis of variance (ANOVA) was performed on the results obtained in the analysis of color, selling price, sensory score, and intensity of the sensory attributes using the SISVAR software, version 5.3 (Ferreira, 2011). When significant differences were found in the F test, the Scott-Knott test was applied.

To better understand the relationship of treatments with chemical composition, sensory quality, and color, principal component analysis (PCA) was performed using the statistical software CHEMOFACE, version 1.4 (Nunes *et al.*, 2012). An m × n matrix was constructed with the chemical compound content identified, the color, price and the sensory attributes for the m samples evaluated. Autoscaling was used to pre-treat the data, and then graphs were generated.

RESULTS AND DISCUSSION

The mean results obtained for sensory score, attribute intensities, and selling price are presented in Table 1. All the coffees acquired for this study had a final score above 80 points; therefore, they were classified as specialty coffees according to the SCA. These coffees were already sold commercially as specialty coffees.

However, the coffee identified as K stands out as it obtained the significantly highest sensory score, in addition to the greatest intensities of the attributes considered positive for the specialty coffee beverage, such as sweetness, acidity, body, and aftertaste.

A significant difference was identified between the final scores and the intensity of the sweetness, acidity, body, and aftertaste attributes among the commercial specialty coffee samples. However, the intensities of the bitterness and astringency attributes showed no significant difference. Bitterness is the perception considered opposite to sweetness, and astringency is the complex sensation accompanied by a retraction of the skin or mucous membrane of the mouth (Sakata *et al.*, 2022). These two attributes are desirable at low intensity concerning the specialty coffee beverage, as was found in the sensory analysis of commercial coffees.

Table 1: Mean results obtained for sensory analysis (score and intensity of the attributes: sweetness, acidity, body, astringency, bitterness, and aftertaste) and selling price (R\$/250g) of commercial specialty coffees.

Coffee sample	Score	Sweetness	Acidity	Body	Astringency	Bitterness	Aftertaste	Selling Price
A	83.0 d*	4.9 b	5.9 b	5.0 b	0.7 a	0.7 a	4.7 b	R\$ 35.00 h
B	83.0 d	5.5 b	5.7 b	5.3 b	0.8 a	1.5 a	4.4 b	R\$ 32.00 i
C	84.4 c	5.2 b	6.5 a	5.0 b	0.4 a	0.4 a	4.3 b	R\$ 65.00 a
D	82.8 d	5.5 b	6.6 a	5.5 b	1.3 a	0.9 a	4.5 b	R\$ 29.90 j
E	83.0 d	5.2 b	5.3 b	5.2 b	0.4 a	0.5 a	4.8 b	R\$ 27.90 k
F	82.8 d	5.3 b	6.1 b	5.5 b	0.9 a	1.5 a	4.9 b	R\$ 29.90 j
G	82.2 e	5.2 b	5.6 b	5.3 b	0.7 a	1.3 a	4.7 b	R\$ 55.00 c
H	84.7 c	5.7 b	6.7 a	5.9 a	0.5 a	0.7 a	4.8 b	R\$ 59.00 b
I	85.1 c	5.5 b	6.3 a	5.4 b	0.2 a	0.5 a	5.1 b	R\$ 55.00 c
J	86.3 b	6.4 a	7.2 a	6.0 a	0.2 a	0.5 a	5.7 a	R\$ 59.00 b
K	87.8 a	7.6 a	7.6 a	6.9 a	0.0 a	0.3 a	6.5 a	R\$ 52.00 d
L	84.6 c	6.9 a	7.2 a	6.2 a	0.3 a	0.8 a	5.6 a	R\$ 48.00 f
M	84.0 c	5.5 b	5.8 b	5.4 b	0.4 a	1.1 a	4.8 b	R\$ 45.00 g
N	84.7 c	6.7 a	6.8 a	6.8 a	0.1 a	0.5 a	5.6 a	R\$ 48.00 f
O	85.8 b	6.8 a	7.0 a	6.6 a	0.2 a	0.3 a	6.1 a	R\$ 50.00 e
P	84.7 c	5.6 b	6.7 a	5.6 b	1.2 a	1.4 a	4.9 b	R\$ 43.80 g
Q	83.3 d	4.6 b	5.2 b	4.9 b	0.5 a	1.4 a	3.7 b	R\$ 43.80 g
R	84.1 c	6.0 a	6.2 a	5.5 b	0.1 a	0.5 a	4.7 b	R\$ 43.80 g
S	85.0 c	6.2 a	6.9 a	5.7 b	0.5 a	0.7 a	5.8 a	R\$ 43.80 g
T	81.1 e	4.1 b	4.6 b	4.4 b	0.8 a	1.8 a	3.8 b	R\$ 27.90 k
Mean	84.12	5.72	6.30	5.61	0.51	0.87	4.97	R\$ 44.70

* Means followed by the same lowercase letter in the column do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability of error.

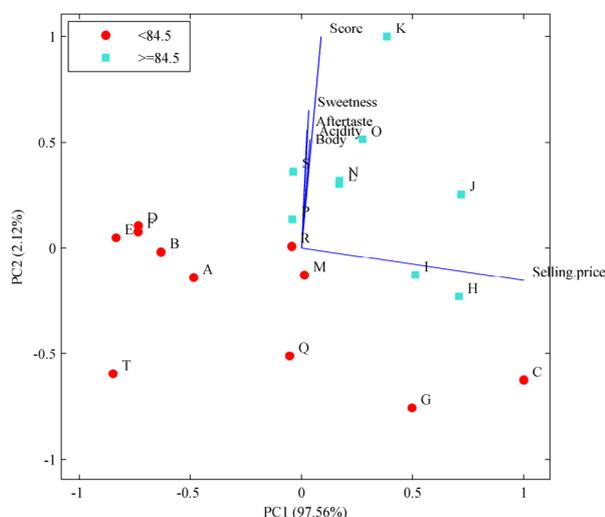
Source: Prepared by the authors (2023)

Furthermore, a distinction can be noted between the selling price for 250g packages of the evaluated coffees. Selling prices were from R\$ 27.90 to R\$ 65.00/250g, with an average selling price of R\$ 44.70/250g. The specialty coffees differ in quality and in price from the lower quality coffees sold on the market.

To better understand the quality of the commercial coffees and the selling price, principal component analysis (PCA) was carried out (Figure

1) with the intensities of the attributes that showed significant difference among the samples studied (sweetness, acidity, body, and aftertaste), sensory score, and the selling price of the coffee (R\$/250g). The samples were classified according to the final score obtained: less than 84.5 points (<84.5), 11 coffees, and greater than or equal to 84.5 points (≥ 84.5), 9 coffees. The choice of the cut-off score of 84.5 was the closest overall average score for the coffees (84.12), as can be seen in Table 1.

Figure 1: Principal Component Analysis (PCA) of sensory score, intensity of the sensory attributes of sweetness, acidity, body, and aftertaste of sensory analysis of commercial specialty coffees, and the price paid, ranked according to sensory score.



Where, ●: commercial coffees scoring below 84.5 points, ■: commercial coffees scoring 84.5 points or higher; Commercial coffees evaluated: ●A, ●B, ●C, ●D, ●E, ●F, ●G, ●H, ●I, ●J, ●K, ●L, ●M, ●N, ●O, ●P, ●Q, ●R, ●S, ●T; Sensory attributes of sweetness, acidity, body, and aftertaste, and the selling price.

Source: Prepared by the authors (2023)

In this PCA analysis, it was possible to differentiate the commercial coffees according to price that explains 97% of the distribution, while note and sensory attributes explain 3%, the interaction between these variables is capable of separating a group of coffee that comprises notes greater than or equal to 84.5 points. Moreover, the sweetness, acidity, body, and aftertaste attributes are closely related to the sensory score, since their vectors are superimposed. Due to the dimension of the vector, the sensory score was mainly responsible for dispersion of the centroids (coffee samples) in the vertical direction, while the selling price vector was responsible for dispersion of the centroids in the horizontal direction.

The commercial coffees that scored higher than 84.5 obtained the highest intensities of sweetness, acidity, body, and aftertaste. The coffees that scored lower than 84.5 were opposite or distant from the vectors of the intensities of the attributes. This contrasts with the quality and price relation, in which the samples of coffee C and G are located close to the vector of selling price and have sensory scores lower than 84.5 points.

In sensory analysis, the C sample had high acidity, sweetness, and body, and regular aftertaste, acquiring a final score of 84.4 points. However, it was the most expensive coffee in this study, with a selling price of R\$ 65.00 for 250g of roasted coffee. In contrast, the ■K coffee sample stood out through intense sweetness, acidity, body, and aftertaste, with a consequent high sensory score of 87.8 points; yet, it was purchased for a significantly lower price than the ●C sample. Thus, in this case, the higher sensory quality of the specialty coffee is not represented by a higher sales price.

Significant differences were found not only in the sensory quality of the specialty commercial coffees, but also in their color (Agtron scale), as shown in Table 2. There were significant differences among the roasting patterns of the commercial specialty coffees studied. The roasting profiles ranged from Agtron #36.0 to #67.7, with an average of #56.0.

Agtron roast profiles in coffee range from very light to very dark, a scale decreasing from #95 to #25, respectively. In the Agtron scale, the range of #95 to #85 describes roasts from very light to light; #85 to #75, light to moderately light; #75 to #65, moderately light to medium light; #65 to #55, medium light to medium; #55 to #45, medium to moderately dark; #45 to #35, moderately dark to dark; and #35 to #25, dark to very dark (Agtron; SCAA, 2010). Thus, coffee sample J had the highest Agtron value (#67.7) and was classified as a moderately light to medium-light roast, according to the descriptions presented above, while coffee sample T had the lowest Agtron value (#36.0) and can be classified as a moderately dark to dark roast. Furthermore, the average color of the coffees analyzed is considered as medium roast, with the Agtron value of #56.0. According to the SCAA (2015), the Agtron standard for gourmet coffee roasting is #63, and for commercial coffee it is #48. That said, samples were found with lighter and darker roasts than the standards defined by the SCAA.

Many physical and chemical changes occur during coffee roasting. The method and intensity of roasting depend on the origin of the coffee beans and consumer preferences. Colorimetric differences in roast profiles are associated with chemical reactions in green coffee beans during roasting. Depending on its intensity, roasting produces more or less drastic changes in the compositional characteristics of green coffee beans. For example, a very light roast profile produces an unpleasant coffee aroma and flavor, without the aroma of roasted coffee. In contrast, a very dark roast carbonizes the coffee and leads to undesirable flavors and a burnt aroma (Yergenson; Aston, 2020).

Table 2: Mean results obtained for color analysis of commercial specialty coffees.

Coffee sample	Agtron
A	#58.0 c
B	#54.3 c
C	#59.3 c
D	#58.3 c
E	#57.0 c
F	#59.3 c
G	#56.0 c
H	#61.7 b
I	#59.3 c
J	#67.7 a
K	#57.3 c
L	#56.0 c
M	#57.7 c
N	#41.7 d
O	#37.7 e
P	#61.7 b
Q	#56.7 c
R	#61.7 b
S	#62.3 b
T	#36.0 e
Mean	#56

* Means followed by the same lowercase letter in the column do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability of error.

Source: Prepared by the authors (2023)

In addition to color change, roasting intensity also affects important attributes of the coffee beverage, such as body, aroma, and acidity. Body is the tactile sensation the coffee has in the mouth, and it generally increases during roasting; it is less intense in light roasts and more intense in dark roasts, although it decreases again in very dark roasts (Davids, 2003). The aroma is also modified according to the degree of roasting because of the large variety of chemical compounds generated in small amounts at different times during roasting (Sunarharum

et al., 2014). Acidity initially increases with roasting intensity, then reaches a peak and begins to decrease. Most roasts are finished at some point after this peak (Yergenson; Aston, 2020). Therefore, medium roasts enhance the flavor and aroma of the coffee beverage, preserve the acidity, and have characteristic bitterness and body for the sensory profile of specialty coffees.

However, sensory analysis consists of a complex process based on the experiences and sensory memory of the judges, which can generate some inconsistency in the results (Pereira *et al.*, 2019). In addition, although color analysis of roasted coffee is directly related to sensory and chemical quality, it is only a physical characterization of the samples. As such, an alternative theoretical method is to find chemical indicators based on volatile compounds in order to objectively assess coffee quality. Coffee aroma and flavor are formed by a complex mixture of approximately three hundred volatile compounds, mainly consisting of the aliphatic hydrocarbon classes, sulfur compounds, pyrazines, pyridines, oxazoles, pyrroles, furans, aldehydes, esters, alcohols, ketones, and phenols (Borém *et al.*, 2021; Flament, 2002; Poyraz *et al.*, 2016).

In this study, twenty-four volatile compounds were identified in the samples of commercially roasted specialty coffees (Table 3). These are seven furans (furan, 2-methyl-, 2-methyltetrahydrofuran-3-one; furfural; furfuryl formate; 2-furanmethanol, acetate; 2-furancarboxaldehyde, 5-methyl-, 2-furanmethanol), five pyrazines (pyrazine; pyrazine, methyl-, pyrazine, 2,5-dimethyl-, pyrazine, 2,6-dimethyl-, pyrazine, ethyl-), three aldehydes (butanal; butanal, 2-methyl-, butanal, 3-methyl-), three ketones (2,3-pentanedione; 1-hydroxy-2-butanone; ethanone, 1-(2-furanyl)-), one ketoacid (pentanoic acid, 4-oxo-), one acid (acetic acid), one pyrrole (1H-pyrrole, 1-methyl), one pyridine (pyridine), one thiol (propane,1-thiol), and one diazole (imidazole).

The characteristics of the beverage are strongly affected by the degree of roasting of the coffee, in which the light roast has the most accentuated and vibrant acidity, expressing the individual qualities of the coffees. The medium roast strikes a balance between acidity and body, accentuating the aroma and flavor of the coffee. The dark roast, in turn, has pronounced body and bitterness, masking subtler aspects of acidity, flavor, and aroma (ITC, 2022). Volatile compounds are also associated with beverage quality, because they are related to aroma and flavor, which are the main factors for identifying the characteristics of the beverage.

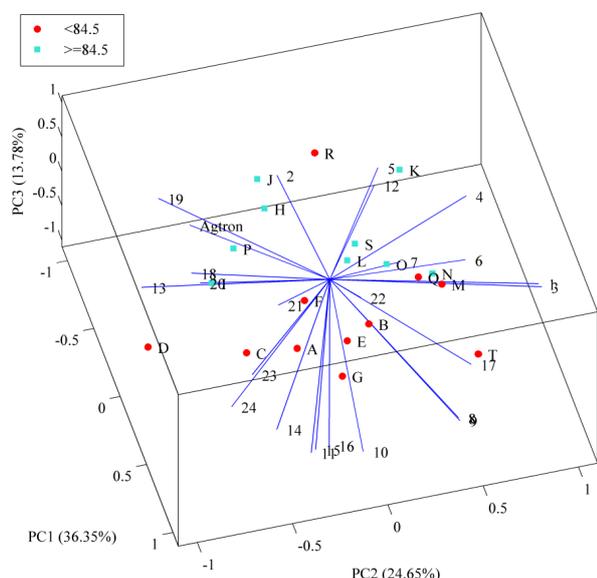
Subsequently, the volatile compounds were analyzed together with the Agtron color values by means of principal component analysis (PCA), presented in Figure 2. In addition, the same classification of commercial coffees was used according to the final score of coffees that obtained less than 84.5 points (<84.5) and those that obtained greater than or equal to 84.5 points (≥84.5).

Table 3: Mean relative area (%) of peaks of volatile compounds in commercial specialty coffees.

Coffee samples	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	7.16	0.00	1.65	8.37	2.38	1.70	4.69	1.29	9.37	1.58	10.84	0.00	2.24	1.49	1.30	1.46	0.91	7.34	9.87	2.16	2.02	1.41	4.05	13.16
B	8.85	0.00	1.79	9.85	3.04	1.72	4.96	1.30	9.10	1.52	10.25	0.00	2.09	1.39	1.27	1.27	1.12	6.77	9.20	1.39	1.20	1.77	3.84	12.27
C	6.37	0.00	1.56	8.77	2.79	1.78	4.76	0.91	5.89	1.79	11.52	0.00	2.79	1.72	1.49	1.61	1.17	9.70	11.77	1.76	1.84	0.00	4.40	13.42
D	3.65	0.00	0.84	5.47	1.99	1.59	3.83	0.86	6.38	1.60	10.40	0.00	2.88	1.46	1.32	1.48	0.00	10.42	16.28	2.02	1.74	1.62	4.81	17.11
E	7.91	0.18	1.70	8.50	3.18	1.91	4.64	1.24	9.60	1.67	10.74	0.00	2.12	1.40	1.32	1.43	1.15	7.13	9.11	1.53	1.39	1.52	3.66	12.91
F	7.47	0.00	1.62	10.16	3.61	1.82	4.38	1.05	6.56	1.65	9.77	0.00	2.29	1.25	1.10	1.21	1.08	8.22	11.84	1.96	1.30	1.34	3.99	14.47
G	8.75	0.21	1.83	8.04	2.58	1.84	4.32	1.29	9.64	1.84	11.68	0.00	1.96	1.55	1.49	1.62	1.15	6.28	8.91	1.88	1.81	1.74	3.90	12.24
H	4.26	11.38	1.23	8.66	3.75	1.77	3.57	0.79	4.57	1.32	7.49	0.00	2.19	0.90	0.85	1.06	0.00	5.46	20.74	1.75	1.39	1.30	2.63	9.16
I	4.92	0.19	1.23	7.26	2.44	2.09	4.78	0.93	4.42	1.53	9.57	0.00	3.54	1.34	1.07	1.10	1.06	11.60	14.76	1.73	2.12	0.92	3.15	14.57
J	6.01	5.89	1.34	9.73	4.21	1.65	5.25	0.59	3.84	0.89	7.38	0.00	2.32	0.89	0.82	0.94	0.00	7.79	19.84	2.02	1.05	1.76	3.05	10.24
K	11.76	0.00	2.01	10.76	3.33	2.50	5.42	0.83	4.95	1.13	3.84	4.70	2.23	1.01	0.89	1.03	1.02	8.96	9.86	1.53	1.78	1.30	3.37	10.30
L	10.75	0.00	2.01	10.30	2.90	2.17	6.16	0.90	5.92	1.23	9.75	0.00	2.12	1.26	1.07	1.15	0.97	8.27	8.76	2.47	1.95	1.53	3.93	10.70
M	10.26	0.61	2.02	15.23	3.79	1.87	4.66	1.17	7.83	1.67	10.12	0.00	1.62	1.14	1.11	1.37	1.15	5.01	8.77	1.24	1.24	1.47	2.64	9.71
N	11.67	0.00	2.03	10.33	3.36	2.24	4.76	1.20	9.49	1.48	9.09	0.00	1.73	1.11	0.99	1.06	0.95	7.57	7.90	1.34	1.64	1.27	3.26	10.84
O	10.83	0.79	1.97	11.20	3.54	1.92	4.87	0.83	6.26	1.37	9.05	0.00	1.92	1.18	1.07	1.21	1.08	7.93	10.03	1.51	1.91	1.16	3.84	10.12
P	4.79	4.64	1.30	7.08	2.53	1.38	3.65	0.71	5.55	1.34	8.71	0.00	2.42	1.09	0.97	1.02	0.00	7.52	20.88	1.60	1.40	2.18	2.78	11.02
Q	11.04	0.19	2.02	11.99	3.73	2.22	5.34	1.08	7.89	1.46	9.82	0.00	1.94	1.24	1.14	1.28	1.07	6.97	7.62	1.35	1.35	1.29	2.67	10.94
R	5.33	13.21	1.53	13.71	7.23	1.39	3.03	0.60	3.05	1.08	6.49	0.00	1.72	0.98	0.80	0.89	0.00	5.80	16.37	1.66	1.49	0.88	1.53	8.12
S	7.01	6.14	1.43	11.44	3.74	1.74	4.08	0.96	6.84	1.36	8.60	0.00	1.92	1.04	1.01	1.18	0.86	5.32	14.92	1.24	0.92	1.39	2.09	9.77
T	12.36	0.00	2.17	7.82	2.87	2.22	4.15	1.67	12.72	1.90	9.96	0.00	1.51	1.17	1.20	1.35	1.36	4.97	5.41	1.40	1.43	1.82	2.59	13.54

Source: Prepared by the authors (2023)

Figure 2: Principal component analysis (PCA) of volatile compounds and the Agtron color scale of commercially roasted specialty coffees ranked according to sensory score.



Where, ●: commercial coffees scoring below 84.5 points, ■: commercial coffees scoring 84.5 points or higher; Commercial coffees evaluated: ●A, ●B, ●C, ●D, ●E, ●F, ●G, ■H, ■I, ■J, ■K, ■L, ■M, ■N, ■O, ■P, ●Q, ●R, ■S, ●T; Volatile compounds: (1) furan, 2-methyl-; (2) pentanoic acid, 4-oxo-; (3) butanal; (4) butanal, 2-methyl-; (5) butanal, 3-methyl-; (6) Imidazole; (7) 2,3-pentanedione; (8) 1H-pyrrole, 1-methyl; (9) pyridine; (10) pyrazine; (11) pyrazine, methyl-; (12) 2-methyltetrahydrofuran-3-one; (13) propane, 1-thiol; (14) pyrazine, 2,5-dimethyl-; (15) pyrazine, 2,6-dimethyl-; (16) pyrazine, ethyl-; (17) 1-hydroxy-2-butanone; (18) furfural; (19) acetic acid; (20) furfurylformate; (21) ethanone, 1-(2-furanyl)-; (22) 2-furanmethanol, acetate; (23) 2-furancarboxaldehyde, 5-methyl-; and (24) 2-furanmethanol.

Source: Prepared by the authors (2023)

The volatile compound analysis and Agtron were able to differentiate the coffees according to the final score, between those with scores greater than or equal to 84.5 points and those with scores lower than 84.5 points. The grouping of coffees with scores greater than or equal to 84.5 with a smaller amount of volatile compounds can be seen in the upper region of the graph; next to this grouping is sample ●R, which scored less than 84.5. In the lower region of the graph are the samples with sensory scores lower than 84.5. The Agtron e SCAA (2010) roasting recommendation is to roast between #65 and #45 (medium light to moderately dark) to enhance aroma and flavor. Only four coffees (J, N, O, and T) are not within that recommended range –■J is lighter than recommended and the others are darker. The coffee identified as ●T (the darkest roast of all those analyzed) differs from the others in all the analyses performed, possibly because in the dark roast, the coffee becomes less acidic, more bitter, and less full-bodied, which caused it to be undervalued in sensory analysis. In addition, in more intense roasts, there is considerable modification of the chemical matrix of the coffee, which was also identified in the analysis of volatile compounds.

The volatile compounds responsible for separating the samples into the group with sensory scores lower than 84.5 points are the compounds 1H-pyrrole, 1-methyl; pyridine; and pyrazine, as they were found with larger relative areas in these samples. The compound 1H-pyrrole, 1-methyl has smoky, woody, and herbal scents (TGSC, 2023). Flament (2002) found that the pyridine compound has a hot, burning, and smoky scent; and the pyrazine compound has a sweet, pungent scent. Thus, coffees with sensory scores lower than 84.5 points exhibited smoky, burnt, woody, herbal, and sweet notes.

The volatile compounds responsible for separating the coffee samples into the group with sensory scores greater than or equal to 84.5 were the volatile compounds pentanoic acid, 4-oxo- and butanal, 3-methyl-. The compound pentanoic acid, 4-oxo- has a sweet, caramel, sour smell (Flament, 2002) and a sweet, sour, vanilla flavor (TGSC, 2023). The volatile compound butanal, 3-methyl- is described as having a peachy and fatty smell, along with a fruity, dry, green, chocolatey, nutty, and cocoa flavor (TGSC, 2023). Therefore, the coffees with the highest scores had sweet (caramel and vanilla), acidic, and fruity (peach) notes; these descriptions make the coffee flavor and aroma more complex, which differentiated these samples from the coffees with a score of less than 84.5 points.

Furthermore, there is a strong relationship between the vector of the volatile acetic acid compound and the vector of the Agtron color scale. Among the coffees studied, those with a lighter roasting color were found to have the largest relative areas of acetic acid. Acetic acid is associated with more perceptible acidity in the coffee beverage, and it has a sour, pungent smell (Flament, 2002) and a sour, pungent, and overripe fruity flavor (TGSC, 2023). This acid is formed during the roasting process, and its main precursor is the sucrose present in the green coffee beans. Throughout the roasting process, the acetic acid concentration increases up to the medium degree of roasting and then starts to decrease as roasting continues (Ginzet *et al.*, 2000).

This result is in agreement with the studies having shown that better quality coffees have fewer volatile compounds (Toci; Farah, 2008, 2014). Ribeiro *et al.* (2009) reported the compounds 3-methylbutanal and 2,3-pentanedione as markers of good quality beans; these compounds were also identified in this study in the group of coffees that obtained higher scores. Pyridine and methyl pyrrole, which have been identified as negative quality markers (Toci; Farah, 2008), appear in the coffees that scored lower. Pyridine has also been described as a compound characteristic of dark roasts (Franca *et al.*, 2009), and this compound is present in larger quantities in the sample with the darkest roast, ●T.

The concentrations of bioactive compounds (trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine) found in commercially roasted specialty coffees are presented in Table 4 and were analyzed using PCA, shown in Figure 3. The classification according to the sensory score of the samples was also used for this analysis.

Table 4: Mean concentrations (g.100g_{d.m.}⁻¹) of trigonelline, chlorogenic acids and caffeine in commercial specialty coffees.

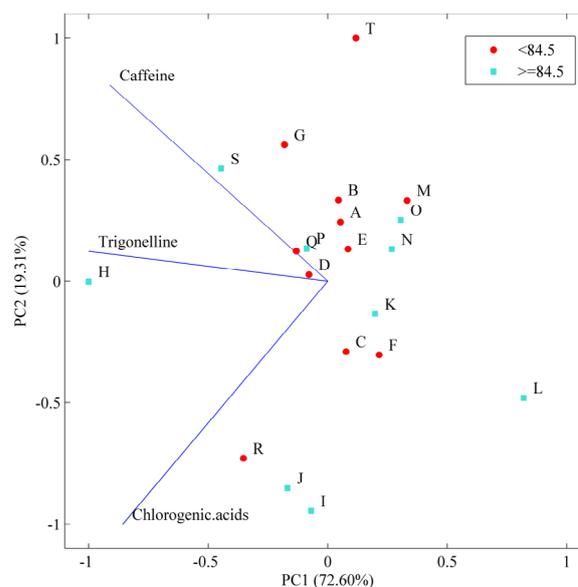
Coffee samples	Trigonelline	Chlorogenic Acids	Caffeine
A	1.0457	1.2706	2.1058
B	1.0408	1.2542	2.1383
C	1.0395	1.4719	2.0368
D	1.0458	1.4628	2.1790
E	1.0434	1.2616	2.0355
F	1.0363	1.4084	1.9845
G	1.0566	1.2752	2.2461
H	1.0707	1.9902	2.5850
I	1.0552	1.6515	1.8271
J	1.0402	1.8533	2.1070
K	1.0336	1.3384	1.9963
L	1.0118	1.0777	1.6194
M	1.0200	1.1741	2.1082
N	1.0412	1.1266	1.9143
O	1.0311	1.1607	2.0370
P	1.0466	1.3937	2.1574
Q	1.0561	1.4273	2.1809
R	1.0402	1.8754	2.1627
S	1.0506	1.5546	2.4646
T	1.0389	1.0201	2.2699

Source: Prepared by the authors (2023)

The bioactive compounds were not grouped according to the sensory quality of commercial specialty coffees, unlike the volatile compounds.

Green coffee beans have abundant bioactivity, and this has mainly been attributed to phenolic compounds, such as chlorogenic acids (Pimpley *et al.*, 2020). However, during the roasting process, several modifications occur in the chemical matrix, such as the degradation of bioactive compounds through depletion of phenolic compounds and formation of Maillard reaction products (Alongi *et al.*, 2020). In green coffee the levels are chlorogenic acids 2.80-5.42 g/100 g, trigonelline 0.80-1.30 g/100 g and caffeine 0.85-3.00 g/100 g. For roasted coffee the chlorogenic acid content varies from 1.30-3.54 g/100 g. Trigonelline also reduces to around 0.72-1.03 g/100; however, caffeine is a more stable compound during the roasting process. It has levels of 0.88-1.53 g/100 g (Tarigan *et al.*, 2022). The three bioactive compounds, chlorogenic acids (CGA), caffeine and trigonelline, affect the quality of the cup of coffee and are closely linked to the formation of volatile compounds in coffee. Trigonelline plays a vital role in the formation of coffee aroma; it is a precursor of several volatile compounds, including pyridines and pyrroles, which contribute to pleasant aroma (Prakash *et al.*, 2022), especially in lighter roasts. Chlorogenic acids are degraded during roasting, forming acidic and phenolic derivatives responsible for the acidity, astringency, and bitterness of the coffee beverage (Cheng *et al.*, 2016). Therefore, they are important compounds in the formation of the aroma of roasted coffee. The

volatile phenols are products derived from the degradation of chlorogenic acid and have already been confirmed as predictors of the acidity and aftertaste attributes (Wang *et al.*, 2020). Caffeine, on the other hand, has a bitter taste and a nutty or chestnut aroma, and may or may not show a sensation of astringency. (Pino; Vegro, 2008).

Figure 3: Principal component analysis (PCA) for bioactive compounds of commercially roasted specialty coffees ranked according to sensory score.

Where, ●: commercial coffees scoring below 84.5 points, ■: commercial coffees scoring 84.5 points or higher; Commercial coffees evaluated: ●A, ●B, ●C, ●D, ●E, ●F, ●G, ●H, ●I, ●J, ●K, ●L, ●M, ●N, ●O, ●P, ●Q, ●R, ●S, ●T; Bioactive compounds: trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine.

Source: Prepared by the authors (2023)

The sensory complexity of coffee is related to several factors that affect flavor and bioactive components, such as the production environment, post-harvest processing, the degree of roasting, and the method of beverage preparation (Worku *et al.*, 2018). There is correlation between the bioactive compounds and the sensory quality of coffee, due to the participation of these compounds in roasting and the formation of aroma and flavor (Bolca; Emire, 2020). Yet, because of several variables that affect the concentration of trigonelline, chlorogenic acids, and caffeine, no variability was observed in the profile of bioactive compounds according to the sensory quality of commercial specialty coffees.

CONCLUSIONS

The characteristics of the beverage were affected by the degree of roasting and also by the chemical compounds present. The coffees considered to be of better sensory quality had volatile compounds as 3-methylbutanal and 2,3-pentanedione as markers of good quality. It was not possible to relate the quality of the coffees with the Agtron color or with the bioactive compounds.

Prices vary greatly between samples of specialty coffees sold in the state of Minas Gerais, where the higher quality of the drink does not necessarily reflect the higher price of the coffee.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the company Suntory Beverage & Food Limited- Japan, CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, FAPEMIG - Fundação de Amparo para Pesquisa do Estado de Minas Gerais, CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, and INCT/Café - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café.

DECLARATIONS OF INTEREST:

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

REFERENCES

- AACHARY, A. A.; ESKIN, M. N. A. Bitterness in Beverages. In M. Aliani, M., & M. N. A. Eskin (Eds.), **Bitterness: Perception, Chemistry and Food Processing** (p. 83–103). John Wiley & Sons, Inc.: [s.n.]: 2017. p. 83-103. <https://doi.org/10.1002/9781118590263.ch5>. Available in: onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118590263. Access in: 20 nov. 2022.
- ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. **Perfil o consumidor de café que busca qualidade**: de julho a setembro de 2021. Available in: estatisticas.abic.com.br/estatisticas/pesquisas. Access in: 31 oct. 2022.
- AGTRON. Specialty Coffee Association. **Roast Color Classification System**. Long Beach: SCA, 2010. 9 p.
- ALONGI, M.; FRÍAS CELAYETA, J. M.; VRIZ, R.; KINSELLA, G. K.; RULIKOWSKA, A.; ANESE, M. In vitro digestion nullified the differences triggered by roasting in phenolic composition and α -glucosidase inhibitory capacity of coffee. **Food Chem**, v. 342, p. 128289, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128289>. Access in: 1 dec. 2022.
- ANASTÁCIO, L. M. *et al.* Relationship between physical changes in the coffee bean due to roasting profiles and the sensory attributes of the coffee beverage, **Eur. Food Res. Technol.**, n. 249, p. 327–339, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04118-4>. Access in: 31. oct. 2023.
- BOLCA, M.; EMIRE, S. Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. **Food Sci. Nutr**, v. 8, n. 11, p. 6120-6130, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1904>. Access in: 11 feb. 2022.
- BORÉM, F. M. *et al.* Effect of storage conditions on the chemical and sensory quality of pulped natural coffee. **J Stored Prod Res.**, v. 104, e102183, 2023. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102183>. Access in: 15 oct. 2022.
- BORÉM, F. M. *et al.* Volatile compounds indicating latent damage to sensory attributes in coffee stored in permeable and hermetic packaging. **Food Packag. Shelf Life.**, v. 29, p. 100705, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2021.100705>. Access in: 15 oct. 2022.
- CASAS, M. I. *et al.* Identification of biochemical features of defective *Coffea arabica* L. beans. **Food Res. Int.**, v. 95, p. 59-67, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.015>. Access in: 7 oct. 2022.
- CHENG, B. *et al.* Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends Food Sci. Technol.**, v. 57, p. 20-30, 2016. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>. Access in: 7 aug. 2022.
- DAVIDS, K. **Home coffee roasting**: revised, updated Edition: Romance and Revival. New York, NY: Macmillan. 2003.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Cienc. e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. Available in: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Access in: 13 jan. 2022.
- FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd. 2002.
- FRANCA, A. S. *et al.* A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. **J Food Eng.**, v. 92, p. 345-352, 2009. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.012>. Access in: 15 oct. 2022.
- GINZ, M. *et al.* Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **Eur. Food Res. Technol.**, v. 211, p. 404-410, 2000. Available in: <https://doi.org/10.1007/s002170000215>. Access in: 7 aug. 2022.
- GUIMARÃES, E. R. *et al.* The brand new Brazilian specialty coffee market. **J. Food Prod. Mark.**, v. 25, p. 49-71, 2018. Available in: <http://dx.doi.org/10.1080/010454446.2018.1478757>. Access in: 15 oct. 2022
- ICO – INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Coffee Market Report**, October 2022. Available in: <https://ico.org/Market-Report-22-23-e.asp>. Access in: 29 nov. 2022.

ITC – CENTRO DE COMÉRCIO INTERNACIONAL. **O guia do café**. Genebra, ITC, 2022.

KNYSAK, D. Volatile compounds profiles in unroasted *Coffea arabica* and *Coffea canephora* beans from different countries. **Food Sci. Technol.**, v. 37, p. 444-448, 2017. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.19216>. Access in: 7 aug. 2022.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook**: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011.

NUNES, C. A. *et al.* Chemoface: a novel freeuser-friendly interface for chemometrics. **J Braz Chem Soc.**, v. 23, p. 2003-2010, 2012. Available in: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532012005000073>. Access in: 15 oct. 2022.

PEREIRA, L. L. *et al.* Very beyond subjectivity: The limit of accuracy of Q-Graders. **J. Texture Stud.** v. 50, p. 172-184, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1111/jtxs.12390>. Access in: 7 aug. 2022.

PEREIRA, L. L. *et al.* New propositions about coffee wet processing: chemical and sensory perspectives, **Food Chem.**, v. 310, p. 125943, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125943>. Access in: 20 nov. 2022.

PIMPLEY, V. *et al.* The chemistry of chlorogenic acid from green coffee and its role in attenuation of obesity and diabetes. **Prep. Biochem. Biotechnol.**, v. 50, p. 969-978, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1080/10826068.2020.1786699>. Access in: 20 nov. 2022.

PINO, F.A.; VEGRO, C.L.R. **Café um guia do apreciador**. 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva. 2008, 200 p. ISBN 978-85-02-06785-1

POYRAZ, I. E *et al.* Volatile compounds of *Coffea arabica* L. green and roasted beans. **Anadolu University Journal of Science and Technology C - Life Sciences and Biotechnology**, v. 5, p. 31-35, 2016. Available in: <https://doi.org/10.18036/btdc.13390>. Access in: 3 nov. 2022.

PRAKASH, I. *et al.* Metabolomics and volatile fingerprint of yeast fermented robusta coffee: a value added coffee, **LWT - Food Sci. Technol.**, v. 154, p. 112717, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112717>. Access in: 20 nov. 2022.

PRAMUDITA, D. *et al.* H. Roasting and colouring curves for coffee beans with broad time-temperature variations. **Food Bioproc Tech.**, v. 10, p. 1509-1520, 2017. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1912-5>. Access in: 23 aug. 2022.

RABELO, M. H. S. *et al.* Impacts of quaker beans over sensory characteristics and volatile composition of specialty natural coffees. **Food Chem.**, v. 342, Article 128304, 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128304>. Access in: 3 nov. 2022.

RIBEIRO, J. S. *et al.* Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by Headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. **Anal. Chim. Acta.**, v. 634, p. 172-179, 2009. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.12.028>. Access in: 23 aug. 2022.

SALVIO, L. G. A. *et al.* Fermented natural coffee followed by pulping: analysis of the initial sensory quality and after six months of storage. **Coffee Sci.** n. 18, p. 2120, 2022. Available in: <https://doi.org/10.25186/v18i.2120>. Access in: 20 nov. 2022.

SAKATA, W. M.; ABTEW, W. G.; GAREDEW, W. Organoleptic quality attributes and their association with morphological traits in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) genotypes. **J Food Qual.**, p. 2906424, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1155/2022/2906424>. Access in: 15 oct., 2022.

SCAA – SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **SCAA protocols: cupping specialty coffee**. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2015.

SCHUIT, P. *et al.* The potential for income improvement and biodiversity conservation via specialty coffee in Ethiopia. **PeerJ.**, p. 9e10621, 2021. Available in: <https://doi.org/10.7717/peerj.10621>. Access in: 15 may, 2022.

SILVA, C. S. *et al.* Post-harvest of coffee: factors that influence the final quality of the beverage. **Revista Eng. Agrícola.**, v. 30, p. 49-62, 2022. Available in: <https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.12639>. Access in: 20 nov., 2022

SPENCE, C.; CARVALHO, F. M. The coffee drinking experience: Product extrinsic (atmospheric) influences on taste and choice. **Food Qual Prefer.**, v. 80, p. 103802, 2020. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103802>. Access in: 20 oct., 2022.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Res. Int.**, v. 62, p. 315-325, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>. Access in: 20 oct., 2022.

TARIGAN, E. B.; *et al.* The changes in chemical properties of coffee during roasting: A review. **Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.**, v. 974, p. 012115, 2022. Available in: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012115>. Access in: 24 may, 2024.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. **Food Chem.**, v. 108, p. 1133-1141, 2008. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.064>. Access in: 15 may, 2022.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile fingerprint of Brazilian defective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators. **Food Chem**, v. 153, 298-314, 2014. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.040>. Access in: 2 may, 2022.

TGSC – THE GOOD SCENTS COMPANY INFORMATION SYSTEM. 2023. Available in: <http://thegoodscentscopy.com/search2.html>. Access in: 31 oct., 2022.

WANG, C. *et al.* Q. Coffee flavor modification through controlled fermentations of green coffee beans by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kluyveri*: Part I. Effects from individual yeasts. **Food Res. Int.**, v. 136, p. 109588, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109588>. Access in: 3 nov. 2022.

WORKU, M. *et al.* Effect of altitude on biochemical composition and quality of green Arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. **Food Res. Int.**, v. 105, p. 278-285, 2018. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>. Access in: 10 nov. 2022.

YERGENSON, N.; ASTON, D. E. Online determination of coffee roast degree toward controlling acidity. **J Near Infrared Spectrosc.**, v. 28, p. 175-185, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1177/0967033520924493>. Access in: 26 oct., 2022.

● REVISTA

INOVA Ciência & Tecnologia

● CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SISTEMA COOK-CHILL DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO

*Geralda Vanessa Campos Machado¹ , Eric Batista Ferreira² 

1 Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, Brasil.

2 Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica Inclusiva, Instituto Federal do Triângulo Mineiro, (IFTM) Campus Avançado Uberaba (Parque Tecnológico), Uberaba, MG, Brasil.

RESUMO: O mercado de produção de refeições para coletividades está constantemente focado em garantir a qualidade sensorial, nutricional e microbiológica dos alimentos. Diversas técnicas de produção oferecem diferentes níveis de qualidade. O sistema cook-chill (cozinhar-resfriar) é uma técnica que permite a produção de refeições que podem ser armazenadas sob refrigeração após a cocção e reaquecidas antes do consumo. Espera-se a manutenção da qualidade global do alimento. Este processo segue um fluxo padrão: cocção, resfriamento rápido, armazenamento refrigerado, regeneração e distribuição, exigindo um controle rigoroso de tempo e temperatura. No entanto, há uma carência de produções científicas sobre a eficácia e os desafios do sistema cook-chill. Este trabalho visa revisar a literatura existente sobre o sistema cook-chill, explorando seus aspectos administrativos e nutricionais desde a década de 1970, quando a técnica foi introduzida na Europa e nos Estados Unidos, até os dias atuais. Os resultados mostram que não há um consenso sobre a superioridade do sistema cook-chill, destacando a importância da gestão adequada para o sucesso do sistema. A decisão de adotar o método cook-chill deve ser cuidadosamente considerada pelos gestores dos serviços de alimentação, especialmente em relação à economia de custos. Este sistema é especialmente relevante para ambientes com produção descentralizada de alimentos. A implementação de um sistema híbrido, que combine técnicas cook-chill com métodos tradicionais, pode ser uma solução viável para atender às necessidades, tanto dos consumidores, quanto dos gestores.

Palavras-chave: Alimentos resfriados; conservação de alimentos; tecnologia de alimentos.

FOOD PRODUCTION COOK-CHILL SYSTEM: A REVIEW

ABSTRACT: The collective meal production market is constantly focused on ensuring the sensory, nutritional, and microbiological quality of food. Various production techniques offer different levels of quality. The cook-chill system is a technique that allows meals to be stored under refrigeration after cooking and reheated before consumption, aiming to maintain overall food quality. This process follows a standard flow: cooking, rapid cooling, refrigerated storage, regeneration, and distribution, requiring strict control of time and temperature. However, there is a lack of scientific production on the effectiveness and challenges of the cook-chill system. This study aims to review the existing literature on the cook-chill system, exploring its administrative and nutritional aspects since the 1970s, when the technique was introduced in Europe and the United States, to the present day. The results indicate no consensus on the superiority of the cook-chill system, highlighting the importance of proper management for its success. The decision to adopt the cook-chill method should be carefully considered by food service managers, especially in terms of cost savings. This system is particularly relevant for environments with decentralized food production. Implementing a hybrid system that combines cook-chill techniques with traditional methods may offer a viable solution to meet the needs of both consumers and managers.

Keywords: Chilled foods; food conservation; food technology.

*** Autor correspondente:**

geraldavanessacampos-machado@gmail.com

Recebido: 12/08/2022.

Aprovado: 09/07/2024.

Como citar: Vanessa Campos Machado, G. ., & Batista Ferreira, E. Sistema cook-chill de produção de alimentos: uma revisão. Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal.

Editores:

Dra. Vanessa Cristina Caron 
Dra. Fernanda Barbosa Borges 

DOI: Será atribuído posteriormente.

Copyright: este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



INTRODUÇÃO

O mercado de produção de refeições para coletividades abrange uma diversidade de campos de trabalho e uma constante preocupação no que concerne à qualidade e segurança dos alimentos. Atualmente, existem diversas técnicas que contribuem para sua preservação e conservação, as quais foram impulsionadas no século XX com a inserção da tecnologia de alimentos. Esses processos visam aumentar a variedade de produtos e a vida útil dos alimentos, evitando alterações químicas, físicas, enzimáticas e microbianas e, portanto, conservar as características sensoriais e nutricionais (Leonardi; Azevedo, 2018).

Apesar das normas higiênico-sanitárias vigentes, os estabelecimentos produtores de refeições podem estar diretamente relacionados a surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) no país (Kawasaki et al., 2007). Essas doenças, em sua maioria de origem bacteriana, ocorrem principalmente devido ao preparo inadequado dos alimentos, ausência ou precariedade da higienização de colaboradores, alimentos com validade ultrapassada ou mal acondicionados e exposição prolongada de alimentos ao ambiente antes ou após a cocção (Sousa et al., 2021).

A utilização de baixas temperaturas é considerada um método efetivo para preservação de alimentos preparados para o consumo por um curto período de tempo, conservando atributos de qualidade (textura, sabor, aparência, por exemplo) ao mesmo tempo em que retarda o crescimento de microrganismos deteriorantes (Light; Walker, 1990). Ainda que haja grande eficácia na combinação de tempo e temperatura no controle de microrganismos, a aplicação do Manual de Boas Práticas (MBP) e dos Procedimentos Operacionais Padronizados (POP) é crucial na prevenção da disseminação de DTA, uma vez que contribuem diretamente para a capacitação dos colaboradores.

Considerando os diversos fatores que interferem na produção e conservação de alimentos, o uso de técnicas que otimizem o trabalho e minimizem desperdícios é fundamental para melhorar o desempenho de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN). O sistema *cook-chill* vem, neste sentido, como uma alternativa para a produção de refeições que atendam às necessidades do setor alimentício, sem que sua qualidade sensorial e microbiológica seja afetada.

O termo *cook-chill*, com tradução direta para o português, significa cozinhar-resfriar e, como o próprio nome diz, consiste no processo de, inicialmente, preparar o alimento, deixando-o pronto para o consumo. Em seguida, este deve ser resfriado e mantido sob refrigeração até o momento em que será consumido, quando deverá passar por uma regeneração (Moraes, 2013). Este sistema, embora pareça simples, requer a utilização de equipamentos específicos para auxiliar nas etapas de aquecimento e refrigeração, além de exigir um controle rigoroso de tempo e temperatura no processo (Kawasaki et al., 2007).

A busca por alimentos que possuam maior vida de prateleira vem aumentando e a aplicação do sistema *cook-chill* se mostra interessante, pois viabiliza um tempo maior para o acondicionamento dos alimentos, sem afetar

a qualidade nutricional e sensorial, além da possibilidade de uma produção em larga escala que permita atender um número maior de pessoas (Garcia et al., 2016). No entanto, apesar da grande utilidade do sistema em questão, a literatura é carente de estudos e revisões sobre o uso desta técnica, o que o torna um sistema de pouca aplicabilidade, especialmente no Brasil.

Diante desse cenário, objetivou-se com este estudo buscar na literatura o estado da arte do sistema *cook-chill* e abordar aspectos relacionados à influência deste método na qualidade dos alimentos. Para isso, realizou-se uma revisão de literatura narrativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo realizou uma revisão narrativa da literatura com o objetivo de fornecer uma visão abrangente e detalhada sobre o sistema *cook-chill* (cozinhar-resfriar) na produção de alimentos. Foram avaliados trabalhos publicados em periódicos indexados que analisaram o sistema cook-chill, tanto no que se refere aos seus aspectos administrativos quanto nutricionais, sensoriais e microbiológicos. Sendo assim, a revisão foi realizada da seguinte forma:

1. Busca na literatura:
 - a. Bases de dados utilizadas: Google acadêmico, Scielo, PubMed, Café (Periódicos Capes);
 - b. Palavras-chave: *cook-chill*, *food*, *cook-chill system*, *regeneration food*;
 - c. Critérios de inclusão: produções literárias originais (artigos indexados, dissertações e teses) publicados entre os anos de 1970 e 2024, nos idiomas inglês e português;
 - d. Critérios de exclusão: produções de revisão de literatura.
2. Seleção de artigos:
 - a. Leitura dos títulos dos artigos, sendo excluídos aqueles que claramente não se referiam ao objeto deste estudo;
 - b. Leitura dos resumos e seleção de artigos que apresentavam os critérios de inclusão;
 - c. Leitura do artigo buscando as informações de interesse: alterações nutricionais e sensoriais decorrentes do processo *cook-chill*.
3. Extração e síntese dos dados.
4. Redação e publicação dos resultados.

DESENVOLVIMENTO

O sistema de produção *cook-chill* emergiu durante a década de 1960 em países como França, Suécia e Estados Unidos, sendo predominante em ambientes hospitalares e expandindo-se posteriormente para outros países e outras instalações – escolas, instituições de longa permanência de idosos, refeições industriais (Light; Walker, 1990).

A técnica, que envolve a cocção completa dos alimentos, seguida de um resfriamento rápido e armazenamento sob refrigeração, surgiu como uma resposta à necessidade de produzir refeições em larga escala com qualidade e segurança. O objetivo é reaquecer os alimentos rapidamente antes do consumo, mantendo suas propriedades sensoriais e nutricionais (El-Ansari; Bekhit, 2014). A princípio, teve sua aceitação restrita devido ao valor necessário de investimento e às limitações que possui (Calheiros, 2016).

Atualmente, muitas empresas já optam pelo sistema *cook-chill* devido às vantagens relacionadas tanto à parte administrativa e funcional do estabelecimento quanto à qualidade nutricional que oferece. Contudo, no Brasil, ainda não existem legislações acerca dos processos utilizados, sendo necessário basear seu processo no Manual de Boas Práticas e nas legislações sanitárias vigentes (Garcia et al., 2016).

Etapas e funcionamento do método cook-chill

O sistema *cook-chill* segue um fluxo padrão para a produção de refeições: cocção – resfriamento rápido – armazenamento refrigerado – regeneração – distribuição. O cozimento completo do alimento ocorre geralmente em temperatura inferior a 100°C, seguido de resfriamento rápido e armazenamento sob refrigeração por até 5 dias, e regeneração/aquecimento imediata antes do serviço, através de fornos de convecção, fornos combinados ou micro-ondas (Dahl; Matheus; Marth, 1978; Bekhit; Roohinejad, 2016; Williams Refrigeration, 2021).

Light e Walker (1990) descrevem o fluxo do sistema *cook-chill* da seguinte forma: cozinhar – resfriar a <3°C – armazenar a <3°C – reaquecer a >70°C – servir. Explicam ainda que este sistema pode ser utilizado em serviços centralizados ou descentralizados de distribuição de alimentos, sendo que na cozinha central os alimentos são preparados, cozidos, resfriados e armazenados sob refrigeração. Deste ponto, as refeições podem ser distribuídas refrigeradas para cozinhas satélites ou servidas na mesma unidade em que foi produzida. No caso de serem distribuídas para cozinhas satélites, o guia do sistema elaborado pela empresa especializada Williams Refrigeration (2021) recomenda que os pratos sejam transportados em seu estado refrigerado, abaixo de 5°C, em veículos refrigerados ou, pelo menos, em recipientes isolados pré-resfriados para viagens curtas. Além do transporte em temperatura controlada, o alimento deve também ser colocado em armazenamento refrigerado apropriado (3°C) até o momento do reaquecimento e distribuição.

Segundo Batista (2013), os alimentos, durante a etapa de preparação, devem alcançar a temperatura de 75°C em seu centro geométrico (ou 70°C por 2 minutos). O porcionamento, se houver, deve ser concluído dentro de, no máximo, 30 minutos após o cozimento. Para o pré-resfriamento, o período indicado é de 30 minutos e o resfriamento de 90 minutos, induzindo a redução de temperatura dos alimentos de 70°C a 3°C. O armazenamento deve ser feito em temperaturas entre 0°C e 3°C, e pode ser consumido em até cinco dias, incluindo o dia da produção. Destaca-se que esta temperatura é suficiente

para manter o alimento resfriado, porém acima da temperatura de congelamento.

A etapa de cocção consiste em submeter o alimento a tratamentos térmicos para que estes adquiram as características sensoriais desejadas, além de eliminar supostos microrganismos patogênicos e deteriorantes. Esta etapa exige um rigoroso controle de tempo e temperatura para não prejudicar a qualidade do alimento (Calheiros, 2016). Williams Refrigeration (2021), empresa especialista na área, indica que durante a cocção o alimento deve alcançar no mínimo 70°C por 2 minutos para garantir a destruição de quaisquer microrganismos patogênicos.

Na etapa de resfriamento, o controle do tempo e temperatura deve ser severo, pois há possibilidade de multiplicação de microrganismos que podem afetar a qualidade do alimento, assim como a saúde do consumidor. Sendo assim, o resfriamento deve ser iniciado não mais que 30 minutos após o término da cocção e a temperatura deve ser reduzida com segurança de 70°C para 0°C a 3°C em 90 minutos e, para tanto, a utilização de resfriador rápido se faz necessário. Essa medida, além de garantir a segurança microbiológica do alimento, é a responsável por preservar a aparência, textura, sabor e valor nutricional dos alimentos. Para o armazenamento do produto até sua reconstituição e distribuição é preciso um refrigerador ou câmara fria adequada, capazes de manter a temperatura entre 0°C e 3°C, a fim de controlar o crescimento de microrganismos (Williams Refrigeration, 2021).

Segundo a FSAI – *Food Safety Authority of Ireland* (2006) a temperatura ideal para multiplicação de bactérias patogênicas (5°C a 63°C) deve ser percorrida o mais rapidamente possível, uma vez que o resfriamento lento pode representar um risco devido a proliferação de microrganismos patogênicos vegetativos, formadores de esporos e/ou toxinas. James e James (2011) indicam que o resfriamento a vácuo, apesar de ser mais rápido que os resfriamentos por ar e por imersão, apresenta a desvantagem de promover maior perda de peso em peças de carnes. O resfriamento por imersão é uma alternativa quase duas vezes mais rápida que o resfriamento a ar na mesma temperatura. Para tanto, os alimentos devem estar embalados em material impermeável. Clodoveo et al. (2021) destacam que a utilização de embalagens inovadoras pode aumentar a vida útil dos alimentos sem comprometer suas características sensoriais, no entanto relatam a carência de iniciativas que utilizem alimentos preparados pelo sistema *cook-chill* que sejam armazenados em embalagens ativas.

As baixas temperaturas evitam a ocorrência do crescimento e proliferação de microrganismos, bem como de suas reações enzimáticas, visto que todas elas necessitam de temperatura ideal para ocorrerem (Lino, 2014). Considerando que o método *cook-chill* permite um armazenamento refrigerado por até cinco dias, a recomendação de armazenamento de todos os alimentos em temperatura ≤ 3°C se dá pelo fato de que alguns agentes não esporulados, especialmente *Listeria monocytogenes*, podem crescer a temperaturas ≤ 5°C durante armazenamento prolongado (FSAI, 2006).

Os alimentos refrigerados submetidos ao sistema *cook-chill* devem ser mantidos nas condições descritas por

tempo limitado, no máximo cinco dias, devendo seguir a norma "primeiro que entra, primeiro que sai" e, uma vez retirado do armazenamento, o alimento deve ser consumido em até 12 horas se alcançar a temperatura de 5°C a 10°C. Caso alcance 10°C ou temperatura superior ou ultrapasse o prazo de 5 dias, o alimento deve ser imediatamente destruído, pois não é considerado seguro para o consumo (Williams Refrigeration, 2021).

Light e Walker (1990) explicitam que há uma diferença entre o armazenamento congelado e o aplicado no método *cook-chill*. Neste método, o controle de temperatura deve ser rigoroso. Daí a necessidade de equipamentos adequados, uma vez que a maioria dos equipamentos comuns mantém a temperatura por volta de 5°C a 10°C, raramente operando a 4°C; enquanto que refrigeradores usados no *cook-chill catering* devem operar entre 0°C a 3°C, preferencialmente com média de temperatura entre 1°C e 2°C, conseguindo inibir mudanças químicas indesejadas no alimento e diminuir o crescimento de microrganismos. O congelamento deve ser evitado, uma vez que traz mudanças na textura da maioria dos alimentos, enquanto o resfriamento apresenta os benefícios de prover economia de energia, reduzindo custos e ainda reter melhor a qualidade da comida.

Para a etapa de regeneração, entre as alternativas de equipamentos citados, Calheiros (2016) afirma que a escolha por um forno combinado apresenta maior funcionalidade, pois pode ser aplicado a uma grande variedade de alimentos, conservando seus nutrientes e características, visto que outras opções, como a utilização de fornos convencionais, podem provocar maior perda de nutrientes e ressecamento da superfície. Além do mais, fornos combinados possibilitam a regeneração por diferentes processos como vapor, ar seco e banho-maria, e permite a utilização de vários materiais recipientes, o que requer maior cuidado e restrição para os outros métodos.

Caso o alimento seja consumido frio ou à temperatura ambiente, ele deve ser consumido dentro do prazo de 30 minutos a contar da retirada do armazenamento. Uma vez que haja necessidade de regeneração (reaquecimento), este processo deve começar dentro destes mesmos 30 minutos. A regeneração deve ocorrer logo antes do ponto de consumo e a temperatura interna do alimento deve alcançar novamente a temperatura mínima de 70°C por 2 minutos. O alimento adequadamente regenerado deve ser consumido o mais rápido possível, de preferência dentro de 15 minutos e a temperatura do alimento não deve cair abaixo de 63°C (Williams Refrigeration, 2021).

É importante destacar que todas as etapas da produção de refeições, nos moldes do sistema *cook-chill* ou outro qualquer, devem ser conduzidas com controle de temperatura e promovendo o mínimo manuseio das refeições prontas.

Outras recomendações devem ser observadas a fim de garantir maior segurança dos alimentos preparados e distribuídos no sistema *cook-chill*: superfícies e áreas separadas para o preparo e armazenamento do alimento pronto, para evitar contaminação cruzada; descongelamento da matéria prima sob temperatura controlada;

porções menores do alimento pronto para facilitar o resfriamento rápido e posterior regeneração. No geral, não devem pesar mais de 2,5kg ou medir mais de 100mm de espessura, no entanto há recomendações específicas para cada tipo de alimento devido suas características dielétricas (Williams Refrigeration, 2021).

Para o sucesso do método *cook-chill*, é fundamental a combinação de equipamentos e utensílios de boa qualidade e regularmente calibrados. A utilização de fornos combinados, panelões e fogões tradicionais permitem a cocção inicial do alimento através do calor, eliminando a microbiota e aumentando a palatabilidade e digestibilidade. O uso de câmaras frias e ultra congeladores permitem o seu resfriamento, possibilitando, portanto, o seu acondicionamento em freezers e, posteriormente, a sua regeneração para o serviço por meio do forno combinado (Lyra, 2018).

Vantagens e desafios para a implementação do sistema cook-chill

A etapa de preparação dos alimentos, momento que antecede à distribuição destes, gera um ritmo acelerado no local de processamento, sendo um dos principais pontos que abalam a qualidade e segurança dos alimentos. Esta natureza da indústria de *catering* de alimentos, que requer a oferta de um grande número de refeições resfriadas prontas para o consumo, faz com que o *cook-chill* seja considerado como um dos sistemas mais eficientes para atender a essas demandas, tornando-o mais seguro que os métodos convencionais (El-Ansari; Bekhit, 2014; Fernandes, 2017). Neste sistema, os alimentos prontos são mantidos em condições seguras de armazenamento até o momento da distribuição, quando são reaquecidos em condições igualmente seguras, tornando o processo de preparo das refeições mais célere. Entende-se por sistemas convencionais a forma de distribuição em que o alimento preparado é levado diretamente para distribuição.

Dentre as vantagens observadas no sistema *cook-chill*, destaca-se, portanto, o prolongamento da vida útil dos alimentos e a otimização do tempo e do trabalho, além de possibilitar a redução de gastos em energia e equipamentos, maior atenção à finalização dos pratos e redução de colaboradores na distribuição. Entretanto, a implementação desse sistema conta com alto investimento inicial, além de exigir colaboradores capacitados, adaptação às normas de segurança dos alimentos exigidas e perda de nutrientes em alguns alimentos após a cocção (Rodgers, 2007).

O sistema antecipa a produção e impulsiona a redução de desperdícios, uma vez que permite a sua regeneração conforme a demanda, mesmo em locais distantes (Fernandes, 2017; Costa, 2018). Light e Walker (1990) e El-Ansari e Bekhit (2014) relataram ainda que a separação entre produção e distribuição das refeições elimina altos e baixos da jornada de trabalho tradicional, tendo como exemplos: a ausência de um colaborador não representa uma crise imediata; uma maior satisfação com a jornada de trabalho, que pode ser reduzida; uma menor exigên-

cia no nível de habilidade dos colaboradores nas cozinhas satélites, bem como um menor espaço e número de equipamentos. O sistema, por si só, permite a formação de uma equipe mais satisfeita, visto que uma jornada de trabalho menos exaustiva pode permitir maior atenção ao desenvolvimento de novas receitas para possibilitar maior variedade de itens no menu. Yosuf et al (2022) identificaram forte correlação entre o uso do sistema *cook-chill* e altos níveis de satisfação dos funcionários, que relataram experiências positivas relacionadas à estabilidade e eficiência proporcionadas pelo sistema *cook-chill*, o que provavelmente contribuiu para um melhor ambiente de trabalho e uma maior satisfação no trabalho.

Segundo estudo de Nettles, Gregoire e Canter (1997), os gerentes de serviços de alimentação que optaram pela implementação do método *cook-chill*, geralmente, são de serviços maiores (hospitais com mais de 300 leitos) e para o processo de decisão estiveram mais propensos a considerar consultores de sistemas de alimentação como fonte de informação, realizaram mais visitas a outras instalações que utilizavam o mesmo sistema e também estiveram mais propensos a considerar seminários e conferências como fonte de informação. Os gerentes consideraram que visitar outras instalações foi a fonte de informação mais útil para a tomada de decisão pelo método. Gerentes que optaram pelo método convencional consideraram os representantes das fábricas e outros usuários como principal fonte de informação. As avaliações de qualidade do serviço mais importantes para os diretores dos dois métodos foram a temperatura da comida e a satisfação do cliente com a qualidade da comida.

Light e Walker (1990) indicam ainda como benefícios do sistema *cook-chill* que a introdução de um processo sistematizado permite a documentação precisa e, assim, a introdução de um programa de garantia de qualidade sistemático, como o APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle).

Administrativamente, o sistema *cook-chill* permite manter um estoque de alimentos prontos, o que suaviza problemas durante picos de demandas ou escassez de matérias primas. A produção de grandes quantidades de refeições melhora ainda o custo e a eficiência de produção e há a possibilidade de redução de mão de obra, matéria prima e outros custos de 20 a 50% (El-Ansari; Bekhit, 2014). Há também a possibilidade de redução dos custos com trabalhadores por permitir produção 8 horas por dia 5 dias por semana. Em um estudo com 60 gerentes de *catering* de hospitais no Reino Unido, o uso da tecnologia *cook-chill* aumentou a produtividade em 25%, quando calculada em termos de refeições produzidas por dia por chef. Além disso, o uso de vegetais preparados combinados com a tecnologia *cook-chill* aumentou a produtividade em até 50%. Apesar de representar um sistema com maior produtividade, as instalações com sistema *cook-chill* totalmente implementadas eram a minoria – apenas nove (Clark, 1997).

Mibey e Williams (2002), em seus estudos para comparar a satisfação de diretores de serviços de alimentação em relação aos sistemas convencionais e *cook-chill*, relataram que houve um significativo aumento na

proporção de hospitais da que aderiram o sistema *cook-chill* em oito anos (de 18% em 1993 para 42% em 2001). Além disso, esse sistema, apesar de ser encontrado em todos os tamanhos de hospitais, foi encontrado principalmente em hospitais com mais de 100 leitos (62,3%) e hospitais públicos.

Assaf et al. (2008), em suas análises de uma amostra de 101 operações de serviços de alimentação de saúde na Austrália e nos EUA, também encontraram que o sistema *cook-chill* é mais econômico que o convencional, e relatam que, assim como o *cook-chill*, o sistema híbrido (combinação de mais de um sistema de produção de alimentos) e externo (a comida é comprada pronta) também foram considerados mais econômicos. O sistema híbrido apresenta o benefício de combinar dois ou mais sistemas de produção, podendo se concentrar nos pontos positivos de cada um. Sendo assim, considerando uma mudança em direção a uma nova tecnologia, tem-se a opção de manter seu sistema tradicional, combinando-o com outro sistema, como o *cook-chill*. Esta pode ser uma opção melhor do que uma mudança completa em direção a um novo sistema devido à economia que poderia ocorrer no investimento de capital. Outros autores também enfatizam a importância dos sistemas de produção *cook-chill* como alternativa para aumento da produção e economia (Nettles; Gregoire; Canter, 1997; Mibey; Williams, 2002).

Em contradição a este argumento, Greathouse et al., (1989) relataram pouca diferença entre cozinhas convencionais, sistemas *cook-chill* e *cook-freeze* (cozinhar e congelar, em tradução livre) em termos de operação e custos em ambientes hospitalares. Calheiros (2016), ao avaliar a implementação do sistema *cook-chill* em uma UAN (unidade universitária do setor público, situada no interior de São Paulo), empregando as técnicas deste e convencionais, também encontrou resultados desfavoráveis. Após avaliar o emprego das técnicas *cook-chill* em dois tipos de proteína animal, o lagarto e o peito de frango, o autor observou um aumento de 2,7% do custo alimentício da preparação de ambos após implementação do sistema *cook-chill*, além do aumento de mão de obra, energia e uso da capacidade instalada quando comparado ao método convencional. Entretanto, o uso da técnica *cook-chill* apresentou aceitação nos atributos sensoriais analisados, fornecendo resultados satisfatórios. Da mesma forma, Bux, Zizzo e Amucarelli (2023) encontraram maior consumo de combustíveis e eletricidade e maior desperdício de alimentos do sistema *cook-chill* quando comparado ao sistema *cook-hold* (alimento preparado é mantido aquecido a +65°C até a distribuição).

Outros pontos podem ser destacados como “desvantagens” do sistema *cook-chill*, entre eles: demanda um importante investimento financeiro para instalação de equipamentos adequados que promovam resfriamento rápido sem congelamento da superfície dos alimentos, bem como armazenamento refrigerado extremamente controlado; a instalação de um sistema novo pode gerar conflitos na equipe; a necessidade de se manter rígidos padrões de higiene, treinamento e gestão nas unidades de produção centrais e satélites (como exigido pela legislação em todos os processos

alimentares); há de se conhecer a dinâmica de diferentes alimentos e embalagens, uma vez pode haver diferenças no alcance das temperaturas durante as etapas de resfriamento e regeneração; pode representar um risco para a saúde pública se não for bem gerenciado (Light; Walker, 1990; El-Ansari; Bekhit, 2014).

Mibey e Williams (2002) encontraram maior insatisfação entre os gerentes de serviços de produção *cook-chill* devido a: altos custos de capital; maiores custos de manutenção contínua; maior exigência de rigorosos e complexos procedimentos de garantia de qualidade; flexibilidade reduzida (por causa do chapeamento mais à frente dos horários das refeições); problemas de comunicação entre a produção central unidades de distribuição e locais remotos de distribuição de refeições; além da má qualidade dos alimentos.

Estes autores encontraram que 50% dos hospitais com serviço *cook-chill* reaquentavam os alimentos em forno de convecção. Outros equipamentos utilizados em proporções menores foram forno micro-ondas, forno infravermelho e sistemas de aquecimento por condução. Hospitais que usam um sistema de serviço de comida *cook-chill* tiveram uma proporção significativamente maior de leitos / FTE (*full time* equivalente = funcionário trabalhando 38 horas semanais) em comparação com sistemas tradicionais de cozinhar fresco: $8,3 \pm 5,2$ dos sistemas *cook-chill* contra $6,4 \pm 2,4$ leitos/FTE dos sistemas tradicionais). Mais refeições/FTE foram servidas por hospitais usando o sistema *cook-chill* (655 ± 341) do que aqueles que usam o sistema de cozimento fresco (545 ± 328), no entanto essa diferença não foi estatisticamente significativa. Os autores investigaram ainda o nível de satisfação dos gerentes de serviços de alimentação. No geral, houve uma redução significativa a nível de satisfação relatado pelos gerentes usando o sistema *cook-chill* em comparação com aqueles que usam o sistema *cook fresh*.

Em pesquisa realizada no Reino Unido, quase um terço das organizações que introduziram *cook-chill* para reduzir os custos gerais não conseguiu atingir esse objetivo (Light; Walker, 1990). Segundo Roseira (2019), para a execução correta deste sistema, é necessário a utilização de equipamentos adequados, além do cumprimento das boas práticas de higiene, controle de temperatura e tempo, e um design de instalações que evite contaminações durante o processo. Devemos destacar que independente do sistema de produção escolhido em uma instalação, todos os critérios de higiene dos alimentos, dos manipuladores e do ambiente devem ser seguidos (Brasil, 2004).

Em suma, pode-se assumir que a implantação do sistema *cook-chill* não traz a certeza de economia e melhora de produtividade. Sua implementação enfrenta desafios significativos, como a falta de conscientização e treinamento adequado dos funcionários, além da gestão inadequada dos processos (Yusof et al, 2022). A aceitação e o sucesso do sistema dependem da adaptação das operações e da capacitação dos funcionários para lidar com a nova tecnologia.

Diversas são as variáveis que podem influenciar essa análise: FTE, taxa de rotatividade, absenteísmo,

taxas e salários. Portanto, a implementação do sistema *cook-chill* com o objetivo principal de economia nos custos do serviço de alimentação deve ser criticamente analisada (Mibey; Williams, 2002).

Segurança Microbiológica em sistemas cook-chill

O binômio tempo-temperatura é identificado como ponto crítico de controle em diferentes sistemas de produção de alimentação, incluindo o *cook-chill*. Quando se tem um bom gerenciamento do controle de tempo e temperatura para este sistema, é possível manter a qualidade, valor nutricional, sabor e aparência dos alimentos, mantendo-os seguros para o consumo (Bekhit; Roohinejad, 2016; Williams Refrigeration, 2021).

A recomendação das organizações de saúde, incluindo a legislação brasileira, é que a temperatura interna dos alimentos seja igual ou superior a 74°C (Sawyer et al.; 1983; Brasil, 2004). No entanto, a manutenção da qualidade sensorial e microbiológica ainda é considerada uma limitação dos sistemas *cook-chill* uma vez que dependem de condições de armazenamento (tempo e temperatura).

Ribeiro (2011), ao validar um programa APPCC de um sistema *cook-chill*, analisou as temperaturas de cozimento, tempo de espera entre o final do cozimento e o início do resfriamento e o tempo de resfriamento em 11 produtos diferentes, não tendo sido constatado, em nenhuma das amostras, problemas relacionados às temperaturas finais de cozimento. Por outro lado, Garcia et al., (2016) identificou que em algumas preparações não se atingia a temperatura de 74°C sem que as texturas fossem comprometidas, especialmente carnes grelhadas. Para alcançar a temperatura ideal foram realizadas mudanças nos cortes das mesmas para espessuras mais finas e adição de molho (quanto mais água, mais facilmente o alimento atingia à temperatura recomendada).

Em relação ao aspecto microbiológico dos alimentos produzidos, Calheiros (2016), ao comparar o emprego das técnicas *cook-chill* e convencional, encontrou contagem de microrganismos satisfatórias (*coliformes*, *estafilococcus coagulase positiva*, *clostridio sulfito redutores*, esporos totais, mesófilos aeróbios e ausência de *Salmonella sp.*), com estabilidade microbiológica mantida mesmo após 5 dias de armazenamento refrigerado.

Roseira (2019) buscou validar os novos limites de tempo/temperatura nas etapas de pré-arrefecimento e armazenamento, e novos prazos de validade das refeições produzidas no sistema *cook-chill* de uma UAN, realizando análise microbiológica de 748 amostras de produtos alimentares. Em relação à vida útil do produto, após 14 dias da produção, 2% das amostras apresentaram contagens não satisfatórias para *Listeria*, no entanto, sem ultrapassar limites de referência e, portanto, não sendo suficientes para provocar a doença. A autora observou ainda que a qualidade microbiológica dos alimentos não foi afetada quando exposta a temperatura ambiente por três horas durante a fase de pré-arrefecimento.

Fernandes (2017) buscou a validação do procedimento de regeneração de refeições produzidas em sistema *cook-chill* em uma UAN. Em relação à temperatura, os pratos fracionados apresentaram o maior valor médio (85,92°C), enquanto que os pratos com molhos apresentaram o menor valor médio (82,17°C). O tempo de regeneração variou em decorrência do tipo de prato, no entanto todos alcançaram temperaturas finais acima de 74°C, como recomendado. Com isso, observou-se que a etapa de regeneração consegue reduzir a contaminação de microrganismos a 30°C.

Na etapa de resfriamento, a recomendação de reduzir a temperatura de 60°C a 7°C em 4 horas não foi alcançada em nenhuma amostra (Dahl, Mathews, Marth, 1978), podendo favorecer o crescimento de microrganismos. No estudo de Dahl et al (1980) foi observado que o aumento do tempo de aquecimento no micro-ondas diminuiu a contagem de *Staphylococcus aureus*. Não houve consistência no tempo de aquecimento dos alimentos, uma vez que o aquecimento por micro-ondas depende de fatores intrínsecos ao alimento como teor de umidade e suas propriedades dielétricas, bem como do próprio equipamento (tensão, potência). Em média, a temperatura final dos alimentos avaliados foi de 74 a 77°C. Apesar de estar dentro do recomendado, os autores sugerem que, por ser o último ponto crítico de controle, o aquecimento final acima de 74°C pode não ser garantido para todos os itens do menu. Sawyer et al. (1983) encontraram em 4% das amostras temperaturas finais abaixo de 74°C. Os autores sugerem que, para reaquecimento por micro-ondas, é preciso considerar a variedade dielétrica dos alimentos como um importante fator para o planejamento do menu.

Moraes (2013) comparou duas propostas de técnicas de *cook-chill* com o método convencional para o preparo de lagarto bovino. A qualidade microbiológica da carne foi satisfatória até o quinto dia de estocagem em ambas as técnicas. No sistema *cook-chill*, que promovia processamento de 177,7°C, 60% de injeção de vapor, 6 min 6s a 80°C no centro térmico da peça, foi observada baixas contagens microbianas até o décimo dia de estocagem.

A segurança microbiológica é uma das principais vantagens do sistema *cook-chill*. Estudos demonstram que este método é eficaz na redução de riscos de contaminação, pois permite o resfriamento rápido e o armazenamento seguro dos alimentos (Pramandari; Astawan; Papuli, 2023). Em ambientes hospitalares, este sistema ancora sua importância exatamente neste aspecto, reduzindo os riscos de contaminação ao mesmo tempo que mantém a qualidade e sabor e eficiência operacional, permitindo a produção de grandes volumes e armazenamento seguros das refeições (Hasnan; Ramli, 2022).

El-Ansari e Bekhit (2014) ressaltam que o controle rigoroso de tempo e temperatura durante todo o processo é fundamental para manter a segurança dos alimentos. Além disso, a regeneração adequada dos alimentos antes do consumo garante que eles sejam seguros e livres de patógenos (Fernandes, 2017).

Alterações sensoriais e nutricionais em sistemas *cook-chill*

Diferentes métodos de preparo e armazenamento, ainda que forneçam segurança microbiológica, podem interferir na qualidade sensorial e dos alimentos, fator imprescindível para uma boa aceitabilidade das refeições. Além disso, interferem ainda na sua composição nutricional, que pode ter impacto na saúde dos consumidores.

Como visto, o sistema *cook-chill* prevê a restauração de alimentos prontos e armazenados sob refrigeração. Para que o método seja de sucesso é preciso garantir que a qualidade da refeição seja mantida também no que se refere aos seus aspectos sensoriais e nutricionais. O fato de não promover o congelamento dos alimentos pode ser um fator benéfico do sistema, uma vez que comidas resfriadas geralmente são mais atraentes que comidas congeladas (Light; Walker, 1990).

Autores relatam que os gestores que utilizam o sistema *cook-chill* referiram menores níveis de satisfação dos clientes quando comparado com sistemas convencionais de produção de alimentos (Nettles; Gregoire, 1996; Mibey; Williams, 2002). Mais recentemente, Pramandari, Astawan e Papuli (2023) não encontrou diferenças significativas na satisfação dos pacientes e no desperdício de alimentos entre os métodos *cook-serve* (cozinhar e manter aquecido até a distribuição), *cook-chill* e *cook-freeze* para pratos de proteína, enquanto houve uma diferença significativa para pratos de vegetais, com resultados desfavoráveis para o sistema *cook-chill* e *cook-freeze*. Isso sugere que estes métodos têm o potencial de manter a qualidade nutricional e a satisfação dos pacientes de forma semelhante aos métodos tradicionais de *cook-serve*, com os benefícios adicionais de maior eficiência e segurança na preparação e armazenamento dos alimentos. Yusoff et al (2022), ao avaliarem a qualidade de refeições e a satisfação dos empregados de uma empresa de catering aéreo, encontraram que o sistema *cook-chill* mantinha uma qualidade consistente em termos de palatabilidade, sabor e aparência das refeições, características cruciais para o *catering* a bordo, onde grandes quantidades de refeições devem ser preparadas e servidas de forma eficiente.

Ao avaliar a satisfação dos diretores com o sistema *cook-chill*, Nettles e Gregoire (1996) relataram que os maiores níveis de contentamento estavam relacionados à aceitação dos clientes com a qualidade geral e temperatura da comida servida, entre outros. No entanto, diretores de sistemas convencionais estiveram significativamente mais satisfeitos com a aprovação dos pacientes com a qualidade e textura dos alimentos.

Calheiros (2016) observou que o emprego do sistema *cook-chill* não influenciou o pH, força de cisalhamento e cor objetiva de lagarto bovino e peito de frango preparados. Em relação à análise sensorial, foi observado que mais de 60% dos clientes que experimentaram o lagarto aprovaram quanto ao sabor, textura e odor, entretanto, esta preparação apresentou número superior de respostas negativas quando comparado

com o sistema convencional. O frango preparado pelo método *cook-chill* foi considerado mais “ressecado”. Para outros aspectos, não houve diferenças sensoriais significativas que pudessem alterar a qualidade do alimento preparado.

Fernandes (2017) sugere que um método de regeneração utilizando ar misto a uma temperatura de 180°C no interior do forno de convecção, seria o método universal, pois é uma temperatura que não provoca alterações danosas ao nível sensorial nas refeições e permite que os mesmos atinjam temperaturas superiores a 75°C no seu centro geométrico, ao fim de cerca de 30 minutos. Moraes (2013), ao comparar técnicas diferentes, encontrou carne assada de boa qualidade, em relação às características sensoriais, microbiológicos e físico-químicos em ambas as técnicas de produção – convencional e *cook-chill*. A carne preparada no sistema *cook-chill* apresentou maior aceitação em relação à aparência e gosto salgado, além de maior vida útil. Entretanto, a carne feita no método convencional foi melhor avaliada em relação à textura.

Em relação às alterações nutricionais decorrentes do processamento de alimentos, um dos principais nutrientes avaliados é a vitamina C, por ser mais lábil. Charlton et al. (2004) encontraram perdas de ácido ascórbico nas etapas de cozimento, armazenamento e regeneração, sendo que as perdas mais significativas foram durante as etapas de preparação e cozimento dos vegetais analisados (lixiviação da vitamina na água de cozimento). Em média, houve perda de 58% do teor de ácido ascórbico. Durante o armazenamento refrigerado, também, se observou um declínio constante nos níveis de ácido ascórbico com perda média de 4,2% por dia, variando de acordo com o tipo de vegetal. A perda durante o armazenamento refrigerado não foi considerada significativa. Durante a regeneração, a média de perda foi de 6,1%. Ao final de todo o processo de produção das refeições, as perdas médias foram de 89% com desvio padrão de 10,5%. Os autores sugerem que estas perdas podem ser reduzidas pela metade se apenas um quarto dos vegetais estiverem cobertos de água.

O sistema *cook-chill* é eficaz na manutenção da qualidade sensorial e nutricional dos alimentos. Além disso, as refeições mantêm a palatabilidade, sabor e aparência, garantindo a satisfação dos consumidores (Yusof et al., 2022). Entretanto, é crucial um rigoroso controle de tempo e temperatura para assegurar que não ocorram perdas significativas de nutrientes durante o armazenamento e reaquecimento (Pramandari; Astawan; Papuli, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado de produção de refeições está em constante transformação. Para atender um mercado cada vez mais exigente, busca-se inovações tecnológicas que favoreçam a produção de alimentos de qualidade sensorial e nutricional, observando sustentabilidade, economicidade e lucro, sem abrir mão da segurança dos alimentos.

A preservação dos alimentos é um ponto crucial que influencia desde a conservação da qualidade nutricional, a segurança dos alimentos, a natureza saudável dos alimentos, as qualidades sensoriais e o apelo do consumidor, juntamente com o cumprimento de vários pontos na cadeia de valor que inclui armazenamento, transporte e marketing.

O sistema *cook-chill* é uma alternativa de produção que busca atender a esses critérios. Divulgado como um sistema econômico, nutricionalmente seguro e que mantém a qualidade sensorial dos alimentos, esse tipo de produção precisa ser criteriosamente avaliado. Como observado nesta revisão, os resultados positivos não são encontrados em todos os estudos, sugerindo que a maneira como o sistema é gerido afeta de maneira importante os resultados. O sistema *cook-chill* por si só não é garantia de um serviço mais eficiente.

O sistema convencional apresenta maior satisfação dos clientes e menos perdas nutricionais. Por outro lado, o sistema *cook-chill* é interessante em produções descentralizadas, onde a oferta de matéria-prima é mais escassa, onde há maior dificuldade de adaptações às flutuações de rotina que acontecem numa cozinha convencional. Uma de suas principais vantagens é o fato de prolongar a vida útil de preparações.

A adoção de sistemas mistos de produção, utilizando o *cook-chill* em alguma de suas etapas, também pode ser uma alternativa interessante, visto que pode ser utilizado o melhor de cada um. O sistema *cook-chill* é indicado para molhos e pratos mais resistentes à conservação e vegetais para o sistema convencional, pois vegetais frescos são mais bem aceitos e nutricionalmente mais ricos.

Atualmente, no Brasil, o uso desta tecnologia é restrito devido, principalmente, a pouca aplicação e ao fato de não possuir uma legislação específica do processo, o que pode dificultar sua implantação. Mais estudos são necessários para determinar as melhores condições para implementação do sistema *cook-chill*, especialmente na realidade brasileira. Estudos que forneçam ferramentas para auxiliar os diretores de serviços de alimentação e nutrição a decidirem de maneira esclarecida pelo sistema *cook-chill* bem como que determinem melhores metodologias de produção que garantam ao mesmo tempo segurança microbiológica e satisfação dos clientes.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alfenas e a coordenação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Qualidade na Produção de Alimentos.

REFERÊNCIAS

ASSAF, A. G.; MATAWIE, K. M. **Cost efficiency modeling in health care foodservice operations.** *Int. J. Hosp. Manag.* 2008, 27, p. 604-613. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2007.07.021>. Acesso em: 18 nov. 2021.

BATISTA, T. C. **Proposta de implementação do método "Cook-chill" na cozinha de uma instituição particular de solidariedade social.**

2013. 83 f. Dissertação-(Mestrado em Inovação e Qualidade na Produção Alimentar), Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco, 2013.

BEKHIT, A. ED.; ROOHINEJAD, S. **Cook-Chilled and Cook-Frozen Foods.** In: SMITHERS, G. W. Reference module in food Science. Amsterdam: Elsevier, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução – RDC Nº 216, de 15 de setembro de 2004. Estabelece procedimentos de boas práticas para serviço de alimentação, garantindo as condições higiênico-sanitárias do alimento preparado.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 set. 2004.

BUX, C.; ZIZZO, G.; AMICARELLI, V. **A combined evaluation of energy efficiency, customer satisfaction and food waste in the healthcare sector by comparing cook-hold and cook-chill catering.** J. Clean. Prod, 2023, 429 (1). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139594>. Acesso em: 20 de jun. de 2024.

CALHEIROS, K. O. **Avaliação da implementação do sistema cook-chill em unidade de alimentação e nutrição-UAN.** 2016. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

CHARLTON, K. E.; PATRICK, P.; DOWLING, L.; JENSEN, E. **Ascorbic acid losses in vegetables associated with cook-chill food preparation.** S. Afr. J. Clin. Nutr, ano 17, n. 2, p. 56-63, 2004. Disponível em: <http://www.sajcn.co.za/index.php/SAJCN/article/view/70>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CLARK, J. R. **Improving Catering Productivity: By Using Cook-Chill Technology.** Cornell Hosp. Q., v. 38, n. 6, p. 60-67, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/001088049703800621>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

CLODOVEO, M.L.; MURAGLIA, M.; FINO, V.; CURCI, F.; FRACCHIOLLA, G.; CORBO, F.F.R. **Overview on Innovative Packaging Methods Aimed to Increase the Shelf-Life of Cook-Chill Foods.** Foods, 2021, v. 10, n. 9. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10092086>. Acesso em: 20 jun. 2024.

COSTA, R. F. P. M. **Shelf-life de refeições Cook-Chill em Restauração Coletiva.** 2018. 116p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar)- Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018.

DAHL, C. A.; MATTHEWS, M. E.; MARTH, E. H. **Cook/chill foodservice systems: Microbiological quality of beef loaf at five process stages.** J Food Prot, 1978, v. 41, n. 10, p. 788-793. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-41.10.788>. Acesso em: 18 nov. 2021.

DAHL, C. A.; MATTHEWS, M. E.; MARTH, E. H. **Fate of Staphylococcus aureus in Beef Loaf, Potatoes and Frozen and Canned Green Beans after Microwave-Heating in a Simulated Cook/Chill Hospital Foodservice System.** J Food Prot, v. 43, n. 12, p. 916-923, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-43.12.916>. Acesso em: 18 nov. 2021.

EL-ANSARI, A.; BEKHIT, A. ED.A. **Processing, Storage and Quality of Cook-Chill or Cook-Freeze Foods.** In: SIDDIQUI, M. W.; RAHMAN, M. S. (Eds.). Minimally Processed Foods: technologies for Safety, Quality, and Convenience. Food Engineering Series. Suíça: Springer, 2014. 306 p. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10677-9_7. Acesso em: 18 nov. 2021.

FERNANDES, S. A. S. **Validação da etapa da regeneração do sistema Hazard Analysis and Critical Control Point em refeições do tipo cook-chill em linha de distribuição a quente.** 77 f. Dissertação (Mestrado em Alimentação Coletiva) - Universidade do Porto, Porto, 2017.

FSAI. FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND. **Guidance Note nº. 15: Cook Chill Systems in the Food Service Sector - Revision 1.** [Dublin: FSAI], 2006. Disponível em: <https://www.lenus.ie/bitstream/handle/10147/110415/GN%2015%202006%20FINAL%20PRINTED%20VERSION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 10 nov. 2021.

GARCIA, J. M.; GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Validação do sistema cook chill em um hospital privado do município de São Paulo.** Higiene Alimentar, v. 30, p. 18-23, 2016. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2016/11/2687/260-261-sitecompressed-18-23.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

GREATHOUSE, K. R.; GREGOIRE, M. B.; SPEARS, M. C.; RICHARDS, V.; NASSAR, R. F. **Comparison of conventional, cook-chill, and cook-freeze foodservice systems.** J. Am. Diet. Assoc., v. 89, n. 11, 1989, p. 1606-1611. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2509536/>. Acesso em: 18 nov. 2021.

HASANAN, N. Z. N. AND RAMLI, S. H. M. **Modernizing the preparation of the Malaysian mixed rice dish (MRD) with cook-chill central kitchen and implementation of HACCP.** Int. J. Gastron. Food Sci., 2020, 19. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100193>. Acesso em: 20 jun. 2024.

JAMES, S. J.; JAMES, C. **Impact of refrigeration on processed meat safety and quality.** In: KERRY, J. P.; KERRY, J. F. (Eds.). Processed Meats: improving safety, nutrition and quality. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011. p. 567-589. Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9780857092946.3.567>. Acesso em: 18 nov. 2021.

KAWASAKI, V. M.; CYRILLO, D. C.; MACHADO, F. M. S. **Custo-efetividade da produção de refeições coletivas sob o aspecto higiênico-sanitário em sistemas cook-chill e tradicional.** Rev. de Nutr., ano 20, n. 2, p. 129-138, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732007000200002>. Acesso em: 18 nov. 2021.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. **Métodos de conservação de alimentos.** Saúde Foco, ano 10, n. 1, p. 51-61, 2018. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/006_M%C3%89TODOS_DE_CONSERVA%C3%87%C3%83O_DE_ALIMENTOS.pdf. Acesso em: 18 nov. 2021.

LIGHT, N. D.; WALKER, A. **Cook-Chill Catering: Technology and Management.** Nova York: SPRINGER, 1990. 363 p.

LINO, G. C. L.; LINO, T. H. L. **Congelamento e Refrigeração.** Londrina (PR): UTFPR, 2014. Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/lopesvieira/operacoes-unitarias/trabalhos/turma-2013-2/refrigeracao-e-congelamento/refrigeracao%20e%20congelamento.pdf/at_download/file. Acesso em: 10 nov. 2011.

LYRA, A. V. B.; XAVIER, L. A.; ALBUQUERQUE, A. P. G.; MELO, F. J. C.; MEDEIROS, D. D. **Combined approach of COOK CHILL with HACCP.** Nutr. Food Sci., ano 48, v. 3, p. 468-82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/NFS-10-2017-0222>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

MIBEY, R.; WILLIAMS, P. **Food services trends in New South Wales hospitals, 1993-2001.** Food Serv. Technol., ano 2, v. 2, p. 95-103, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2002.00037.x>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

MORAES, F. **Aplicação do sistema cook chill no preparo de lagarto bovino (músculo Semitendinosus) em restaurantes de coletividade.** 179 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

NETTLES, M.F; GREGOIRE, M. B.; CANTER, D.D. **Analysis of the decision to select a conventional or cook-chill system for hospital foodservice.** J Am Diet Assoc., ano 97, v. 6, p. 626-631, jun. 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(97\)00159-4](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(97)00159-4). Acesso em: 20 nov. 2021.

PRAMANDARI, H. W.; ASTAWAN, M.; PAPULI, N. S. Hanna Widya Pramandari, Made Astawan, & Nurheni Sri Palupi. **The Role of Cook-Chill and Cook-Freeze Methods as Indicators of Quality of Nutrition Services in Hospital.** J Res Health Sci, ano 4, n. 2, p. 86-100, 2023. <https://doi.org/10.32996/jmhs.2023.4.2.12>. Acesso em: 20 jun. 2024.

RIBEIRO, A. F. **Validação do sistema de HACCP em Cook-chill numa empresa de catering.** 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar)- Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

RODGERS, S. **Deriving Strategic Advantages from Extended Shelf-Life Foods in the Hospitality Sector.** J. Culin. Sci. Technol, ano 5, v. 2-3, p. 111-129, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1300/J385v05n02_10. Acesso em: 18 de nov. 2021.

ROSEIRA, A. I. A. **Sistema cook-chill em restauração coletiva: limites ao longo do processo.** Tese (Mestrado em Biotecnologia e Inovação), Universidade Católica Portuguesa, Euresst Portugal, 2019.

SAWYER, C. A.; NAIDU, Y. M.; THOMPSON, S. **Cook/Chill Foodservice Systems: Microbiological Quality and End-Point Temperature of Beef Loaf, Peas and Potatoes After Reheating by Conduction, Convection and Microwave Radiation.** J. Food. Prot., v. 46, n. 12, p. 1036-1043, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-46.12.1036>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

SOUSA, F. das C. A.; COSTA, C. E. O.; RODRIGUES, A. C. E.; SIQUEIRA, H. D. S.; SIQUEIRA, F. F. F. S.; SILVA, W. C. da; SILVA, F. L. da; PEREIRA, D. L. M.; MATOS, M. L. S. da S.; REIS, L. C. de M. **Análise epidemiológica dos surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs) no estado do Piauí entre os anos de 2015 a 2019.** Res., Soc. Dev., ano 10, v. 7, e42610716756-e42610716756, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16756>. Acesso em: 18 de nov. 2021.

WILLIAMS REFRIGERATION. **Cook-chill System Guide.** Disponível em: <https://www.williams-refrigeration.co.uk/guides/product-guides/cook-chill-guide>. Acesso em: 10 nov. 2021.

YUSOFF, N. M., ZAHARI, M. S. M., GHANI, F. A., & SUDONO, A. **Meal quality and employee satisfaction at inflight catering using the cook-chill system.** E-BPJ., ano 7, v. 22, p. 159-165, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21834/ebpj.v7i22.4076>. Acesso em: 20 jun. 2024.

● REVISTA
INOVA
Ciência &
Tecnologia

editora
IFTM



periodicos.iftm.edu.br

 INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Triângulo Mineiro

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

GOVERNO FEDERAL

UNIÃO E RECONSTRUÇÃO