

# GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



**VANESSA BORDIN VIERA  
NATIÉLI PIOVESAN  
(ORGANIZADORAS)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



**VANESSA BORDIN VIERA  
NATIÉLI PIOVESAN  
(ORGANIZADORAS)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadoras:** Vanessa Bordin Viera  
Natiéli Piovesan

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G393 Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-450-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.501212009>

1. Alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin (Organizadora).  
II. Piovesan, Natiéli (Organizadora). III. Título.

CDD 641.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O *e-book* “Gestão da qualidade e (bio)tecnologia aplicada a alimentos” traz 10 artigos científicos com temáticas atuais como bioprospecção, compostos antioxidantes, microbiologia, gastronomia, entre outros assuntos que envolvem diversas áreas.

Convidamos todos para uma leitura visando obter conhecimento e promover reflexões sobre os temas deste *e-book*.

Vanessa Bordin Viera

Natiéli Piovesan

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A CULTURA DO FEIJÃO, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE**

Priscila Dabaghi Barbosa  
Cássia Ribeiro de Moura  
Juliana Stoffella Zattar Coelho  
Caroline Mellinger  
Ligia Alves da Costa Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120091>

### **CAPÍTULO 2..... 19**

#### **AVALIAÇÃO SOBRE O USO DE NEMATICIDAS BIOLÓGICOS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇUCAR**

Sabrina Rossafa Ramos  
André Lazaro  
Gian Campos  
Alexandre Pinto César  
Luiz Miguel de Barros  
Uderlei Doniseti Silveira Covizzi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120092>

### **CAPÍTULO 3..... 33**

#### **BIOPROSPECÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE NOVOS MICRO-ORGANISMOS EM CONDIÇÕES ATÍPICAS**

Marcelo Augusto de Souza Costa  
William Renzo Cortez-Vega  
Cinthia Aparecida de Andrade Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120093>

### **CAPÍTULO 4..... 47**

#### **DETERMINAÇÃO DE FENOIS TOTAIS E AÇÃO ANTIOXIDANTE NA FARINHA DA CASCA DA PITAYA (*Hylocereus costaricensis*)**

Carolina Ayumi Tominaga Espinoza  
Elaine Amorim Soares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120094>

### **CAPÍTULO 5..... 59**

#### **ESTUDIO DEL MODELO CINÉTICO Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS EN EL PROCESO DE SECADO CONVECTIVO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)**

Alfredo Fernandez Ayma  
Maryluz Cuentas Toledo  
Osmar Cuentas Toledo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120095>

**CAPÍTULO 6..... 73**

**MICROBIAL BIOMASS CARBON AND CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES UNDER IRRIGATED CROPS IN THE MATOPIBA REGION**

Djavan Pinheiro Santos  
Rosana Andrade Cavalcante de Castro  
Eliana Paula Fernandes Brasil  
Marco Aurélio Pessoa-de-Souza  
Tiago Camilo Duarte  
Rodrigo Gomes Branquinho  
Francisco José Lino de Sousa  
Alcinei Ribeiro Campos  
Ana Caroline da Silva Faquim  
Emiliane dos Santos Belo  
Carlos Augusto Oliveira de Andrade  
Gustavo Cassiano da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120096>

**CAPÍTULO 7..... 85**

**MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS DE PRERREFRIGERACIÓN Y CONSERVACIÓN ÓPTIMAS PARA DISTINTOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS**

Jorge Cervera Gascó  
Santiago Laserna Arcas  
Miguel Ángel Moreno Hidalgo  
Jesús Montero Martínez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120097>

**CAPÍTULO 8..... 98**

**PROJETO TÓPICOS EM GASTRONOMIA: GRUPO DE ESTUDOS REMOTO**

David de Andrade Cabral  
Filipe Duarte Silva Dias  
Giulli Pacheco de Oliveira  
Juciara Silva Correa Fonseca  
Julia dos Santos Azevedo  
Karine Von Ahn Pinto  
Luiza Medeiros da Silva  
Luiz Guilherme Prospero Nunes  
Tatiane Tavares Fujii  
Vitoria Pivatto  
Eliezer Avila Gandra  
Tatiane Kuka Valente Gandra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120098>

**CAPÍTULO 9..... 107**

**VARIABILIDADE GENÉTICA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES CULTIVADAS - 236/CAP/2013 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE HÍBRIDOS**

## DE MILHO PRODUZIDOS EM MATO GROSSO

Ana Paula Sampaio Morais

Alice Alves da Silva

Aline Cassiano Costa

Aline Queiroz de Freitas

Alisson Nadin

Barbara Antonia Simioni Silva

Bianca Neves de Souza Silva

Bruno Luciano Caires Ferreira

Cezar Luiz Costa Filho

Heitor Pereira Xavier

Poliana Torres Silva

Rafael Faria Villela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5012120099>

## **CAPÍTULO 10..... 116**

### **UMA SÍNTESE DO PROCESSO BIOTECNOLÓGICO DA CERVEJA ARTESANAL**

Mariana Landenberger dos Santos

Bruno Pinto Ferreira

Andresa de Toledo Triffoni-Melo

Sônia Marli Zingaretti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50121200910>

## **SOBRE AS ORGANIZADORAS..... 128**

## **ÍNDICE REMISSIVO..... 129**

# CAPÍTULO 1

## A CULTURA DO FEIJÃO, CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 06/08/2021

### Priscila Dabaghi Barbosa

Universidade Positivo  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2139105784405579>

### Cássia Ribeiro de Moura

Universidade Positivo  
Curitiba - Paraná

### Juliana Stoffella Zattar Coelho

Universidade Positivo  
Curitiba - Paraná

### Caroline Mellinger

EMBRAPA-Agroindústria de Alimentos  
Rio de Janeiro - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/4981972339690532>

### Ligia Alves da Costa Cardoso

Universidade Positivo  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5655205350391160>

**RESUMO:** O feijão é uma leguminosa produzida em vagens, a qual possui uma extensa adaptação climática e uma ampla variedade, o que favorece o seu cultivo por várias civilizações no mundo todo. No Brasil temos cerca de 16 espécies em cultivo, e para seu beneficiamento, assim que os grãos são recebidos, passam por alguns procedimentos como operações de limpeza, classificação e empacotamento. São poucos os subprodutos gerados neste processo, destacando-se a

bandinha de feijão, grão que sofreu a abertura física dos cotilédones, classificando-se no grupo de feijão partido e quebrado. Embora esta seja uma leguminosa de alto valor nutricional, estudos mostram uma grande queda no consumo de feijão, em decorrência do longo tempo necessário para o seu preparo. A comunidade científica tem tido um grande interesse por proteínas vegetais, consequentemente incentivando a indústria de alimentos a desenvolver novos produtos, utilizando o feijão para o enriquecimento nutricional. Visto isso, a disponibilização de alimentos industrializados à base de feijão tem sido alternativa para que este alimento seja consumido com maior frequência, pois trata-se de um alimento de alto valor nutricional, que vem chamando atenção de estudiosos por ser também um alimento funcional, contendo um número considerável de compostos bioativos em sua composição, associando-se assim a um efeito metabólico benéfico na prevenção e promoção de saúde para aqueles que o consomem. O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre a cultura do feijão e seus benefícios nutricionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Leguminosa; *Phaseolus vulgaris* L; Valor Nutricional; Classificação, Bandinha de Feijão.

**ABSTRACT:** Bean is a legume produced in pods, which has an extensive climatic adaptation and a wide variety, which favors its cultivation by various civilizations around the world. In Brazil there are about 16 species that is cultivated, after the crop is removed, the beans go through some procedures such as cleaning, classification and

packaging operations. There are few by-products generated during this process, the bean by-product is a grain that had a physical opening of the cotyledons, being classified in the group of broken beans. Although this is a legume with high nutritional value, studies show a reduction of the consumption of beans that occurs due to the difficult and the long time required for its preparation. The scientific community is shown the interest in vegetable proteins, consequently encouraging the industry to develop new food products using beans for nutritional enrichment. In view of this, it can be used as source of nutrition ingredient and be consumed more frequently, as long it is a with high nutritional value, which has been attracting the attention of the researchers for the use as a functional food, because it contains a considerable number of bioactive compounds in its composition, thus associating itself with a beneficial metabolic effect in prevention and health promotion for those who consume it. This study aimed to conduct a literature review on the bean crop and its nutritional benefits.

**KEYWORDS:** Legume; *Phaseolus vulgaris* L; Nutritional Value; Classification, Bean by-product.

## 1 | ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO FEIJOEIRO

A leguminosa “feijão” (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta originária do Novo Mundo juntamente com o milho, foi base da alimentação primitiva dos povos incas, astecas e maias sendo atualmente cultivado em todos os continentes (FREITAS, 2006). O *Phaseolus vulgaris* L. (feijão comum) é a espécie mais produzida e consumida no mundo, somente no Brasil temos 16 tipos: Azuki, Branco, Bolinha, Canário, Carioca, Fradinho, Jalo, Jalo Roxo, Moyashi, Mulatinho, Preto, Rajado, Rosinha, Roxinha, Verde, Vermelho (FAO, 2016).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande importância na dieta da população mundial e faz parte da base do cardápio da população brasileira. O Brasil juntamente com Índia, China, Myanmar, México e Estados Unidos concentra 60% da produção mundial dessa leguminosa, sendo também o seu maior consumidor (CONAB, 2017). A proporção da produção mundial está dividida da seguinte forma: Índia e Mianmar (16%), Brasil (13%), EUA, México e Tanzânia (5%), e China (4%) (FAO, 2016).

O Brasil é o maior produtor isoladamente e consumidor de feijões comuns do mundo, todos os anos produz e consome por volta de 3,4 milhões de toneladas. O plantio de feijão é estendido a todos os estados brasileiros, no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas. Entretanto, as condições de clima e solo das regiões produtoras e as características agronômicas da planta interferem na escolha da melhor época de semeadura (CONAB, 2019).

A produção desse grão está dividida em três safras ao longo do ano. A primeira safra, ou safra das águas é semeado entre agosto e dezembro, o de segunda safra, ou safra da seca entre janeiro e abril e o de terceira safra, de maio a julho. O cultivo de feijão é denominado como de cultura anual, porém com a modernização do campo, a terceira safra vem obtendo alta produtividade devido ao processo de irrigação, sementes melhoradas e a utilização de insumos na produção (CONAB, 2013). Fatores como a resistência deste

cultivar à seca são apontados como um dos principais fatores positivos para a sua produção, especialmente na região Nordeste do Brasil (CONAB, 2013).

Hoje, a Embrapa conta com ampla variedade de cultivares desenvolvidos para as diferentes condições de clima e solo do País, desta forma, a produção desse grão é bastante disseminada em todo o território nacional. A Região Sul é o principal polo produtor de feijão e respondeu na safra de 2017 por 27,7% do total, seguida pela Região Sudeste (23,8%), Centro-Oeste (24,6%), Nordeste (20,0%) e Norte (3,8%) (CONAB, 2019). voltar a referencia CONAB 2019.

A estimativa total para a safra brasileira de feijão neste ano safra 2020/21 é de destinação de 2.938,7 mil hectares para o seu cultivo (analisando o feijão-comum cores, o feijão-comum preto e o feijão-caupi) e uma produção de 3.009,6 mil toneladas, na soma das três safras do ano, com o balanço entre estoque inicial (250,3 mil toneladas), o consumo (3,050 mil toneladas), e as exportações (160 mil toneladas) (CONAB, 2021). O Estado do Paraná lidera o ranking dos principais produtores nacionais com 21,67% do total produzido, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás, Bahia e São Paulo (CONAB, 2020).

Assim, de norte a sul é disponibilizado na mesa do brasileiro algum tipo de feijão que alimenta diariamente a população, independente da renda familiar, o que demonstra a importância econômica, cultural e alimentar do produto (BRASIL, 2020).

O feijão carioca ocupa mais de 85% do mercado nacional, quando comparado a 10% do feijão preto, além disso, o feijão carioca é mais barato e o mais utilizado em programas de biofortificação graças aos seus altos teores de ferro e zinco. Pelo fato de o feijão-carioca não ter mercado externo (só brasileiros consomem esse tipo no mundo), os preços não sofrem variações intensas (CONAB, 2019).

Segundo o censo agropecuário da agricultura familiar (IBGE, 2015), aproximadamente 70% do feijão produzido no Brasil é proveniente da agricultura familiar. A especialização da produção para atender ao mercado fez com que o agricultor familiar passasse a produzir para a comercialização em maior escala, buscando alternativas como a redução dos custos de produção, a agregação de valor ao produto produzido, a substituição de insumos e a utilização de técnicas compatíveis com a preservação dos recursos disponíveis. Como indicado, o feijão ocupa lugar de destaque na agricultura e na economia paranaense como geradora de emprego e renda no campo. O cultivo da leguminosa é a principal alternativa para pequenos e médios estabelecimentos, e apresenta a característica de grande demandadora de mão de obra tanto familiar como contratada (DIDONET, 2009).

## 2 | CLASSIFICAÇÃO DO FEIJÃO

A qualidade do grão de feijão é um parâmetro de grande importância durante a colheita e armazenamento, estando relacionada com o valor nutricional e a aceitabilidade pelo consumidor. Na industrialização, a partir do recebimento dos grãos, o feijão passa por

operações de limpeza, classificação e empacotamento. Esse processo tem como objetivo definir a identidade e qualidade do feijão com fins de enquadramento em grupo, classe, tipo e teor de umidade, estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2008).

Sua classificação em tipos baseia-se na análise física visual, com auxílio de instrumentos de medição de umidade e peneiras, buscando a identificação de defeitos nos grãos ocasionados por intempéries, danos mecânicos e ação de organismos vivos. A classificação em grupos, estabelece em Grupo I o feijão comum, da espécie *Phaseolus vulgaris* L. e o Grupo II, o feijão-caupi, da espécie *Vigna unguiculata* L. Walp. De acordo com a coloração do tegumento (película) sub classificados em feijão branco, preto e cores, e ainda há o tipo misturado que não atende às especificações de nenhuma das classes anteriores. Ao chegar à indústria de beneficiamento, o feijão passa por três tipos de avaliação para verificação da qualidade do grão (EMBRAPA, 2012). A Tabela 1 resume os parâmetros utilizados para classificação do feijão em tipos.

Enquadramento do Produto	Defeitos Graves				Total de Defeitos Leves
	Matérias Estranhas e Impurezas			Total de carunchados e atacados por lagartas das vagens	
	Total	Insetos mortos*	Total de mofados, ardidos e germinados		
Tipo 1	0-0,5%	0-0,1%	0-1,5%	0-1,5%	0-2,5%
Tipo 2	>0,5 – 1%	>0,1-0,2%	>1,5-3%	>1,5-3%	>2,5-6,5%
Tipo 3	>1-2%	>0,2-0,3%	>3-6%	>3-6%	>6,5-16%
Fora de tipo	>2-4%	>0,3-0,6%	>6-12%	>6-12%	>16%
Desclassificado	>4%	>0,6%	>12%	>12%	-

\*Máximo de insetos mortos permitido, dentro do total de Materiais Estranhos e Impurezas.

Tabela 1. Classificação usada para o enquadramento do produto: Feijão Comum (Grupo I) e Feijão-caupi (Grupo II) e Tolerância de Defeitos Expressos em % / Peso e Respectivo.

Fonte: Adaptado EMBRAPA, 2012.

Poucos subprodutos são gerados neste processo de beneficiamento, destacando-se a bandinha de feijão, grão que sofreu a abertura física dos cotilédones e representa 0,025% da produção, sendo classificado no grupo de feijão partido e quebrado (EMBRAPA, 2012).

Normalmente de cozimento difícil e, portanto, com baixo valor comercial, a bandinha de feijão possui a mesma composição química do grão inteiro, entretanto, as indústrias retiram este produto do mercado para manter o padrão de qualidade da marca comercial (EMBRAPA, 2003; FAO, 2010; LOPES, 2010). Favorecendo assim a diferença de preço entre os produtos, de forma que, enquanto o feijão do tipo 1 chegou a ser vendido comercialmente em 2021 por até R\$ 270,00 (saca de 60 kg) (IBRAFE, 2021), a bandinha de feijão pode ser encontrada a preço de R\$ 0,50/Kg em sites de comerciais (MERCADO

## 2.1 A Bandinha de Feijão

Bandinha de feijão é um termo popularmente utilizado para classificar os grãos de feijão quebrados e/ou partidos obtidos durante o beneficiamento do produto (Figura 1).



Figura 1 – Ilustração do feijão classificado como partido e quebrado, a bandinha de feijão.

Estes grãos quebrados, com abertura dos cotilédones, aumentam a exposição dos componentes do grão ao meio ambiente, o que favorece as reações físicas e químicas que reduzem o seu *shelf life*, indicando assim a necessidade do seu consumo em menor tempo que os grãos inteiros. Ainda, podem causar contaminação ambiental e o crescimento de microrganismos indesejáveis, que podem causar acidificação do solo e/ou afluentes (CARVALHO et al., 2012; BATISTA; PRUDÊNCIA; FERNANDES, 2010).

Embora a bandinha de feijão tenha a mesma composição química do grão inteiro, a indústria de beneficiamento retirou este produto do mercado para manter o padrão de qualidade, sendo assim, é um subproduto de baixo aproveitamento comercial, tendo como principal destino o uso em ração animal. Enquanto o feijão do tipo I chegou a ser vendido comercialmente em 2021 por até R\$270,00 (saca de 60 Kg) (IBRAFE, 2021), a bandinha de feijão pode ser encontrada a preços de R\$32,00 a saca em sites comerciais (MERCADO FÍSICO RURAL, 2021).

Contudo, a bandinha de feijão apresenta grande potencial para a indústria alimentícia, pois esse subproduto pode ser submetido ao processo de moagem e peneiramento, dando origem a farinhas, que podem ser utilizadas como ingrediente na preparação de produtos de conveniência que oferecem propriedades funcionais, tecnológicas e nutricionais próximas às da matéria prima. Outra forma de agregar valor a esses grãos quebrados seria a extração de suas proteínas (BASSINELLO et al., 2011; BERRIOS, 2006; CARVALHO et al., 2012).

Pesquisas apresentam testes de aceitabilidade dos produtos elaborados com farinha de bandinha de feijão extrusadas, onde os materiais amiláceos e/ou proteínicos umedecidos, expansíveis, são plastificados e cozidos, pelo conjunto de umidade, pressão,

temperatura e cisalhamento mecânico (TEBA; ASCHERI; CARVALHO 2009). Assim, quando utilizada em substituição à farinha de trigo, agrega valor nutricional ao produto e valor econômico aos subprodutos das cadeias produtivas do feijão, diversificando seu aproveitamento na indústria alimentícia (BASSINELLO et al., 2011). Sendo assim, acreditando no potencial desta matéria-prima, justifica-se elegê-la para o desenvolvimento de novos produtos que possam aliar praticidade de consumo aos benefícios fisiológicos demonstrados para as proteínas do feijão.

### 3 I CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E SEU IMPACTO NA SAÚDE

O feijão, do ponto de vista nutricional, tem grande importância na dieta, pois é fonte de carboidratos, proteínas, fibras, minerais e vitaminas do complexo B e polifenóis, principalmente na área do tegumento, que apresentam atividade antioxidante (CAMPOS-VEGA, 2010; ROY et al., 2010).

O feijão, do ponto de vista nutricional, tem grande importância na dieta (Tabela 2), pois é fonte de carboidratos complexos, fibras, vitaminas do complexo B (principalmente tiamina), minerais como potássio, fósforo, magnésio, zinco, ferro não heme, cálcio e pouca de sódio (SPINELLI, 2014).

Cultivar	Lipídios (1) (g/100 g)	Proteínas (1) (g/100 g)	Umidade (1) (g/100 g)	Cinzas (1) (g/100 g)	Carboidratos (2) (g/100 g)
Feijão Carioca	1,15 ± 0,05c	19,76 ± 0,80b	14,42 ± 0,37b	3,43 ± 0,02b	61,25
Feijão Preto	1,44 ± 0,06b	20,21 ± 1,08ab	15,47 ± 0,71b	3,33 ± 0,09b	59,55
Feijão BRS Pontal	1,44 ± 0,09b	22,47 ± 1,07a	16,81 ± 0,24a	3,48 ± 0,13b	55,80
Feijão BRS Esplendor	1,78 ± 0,14 <sup>a</sup>	18,29 ± 0,86b	15,14 ± 0,12b	4,11 ± 0,03a	60,68

(1) Valores das médias das triplicatas ± desvio padrão;

(2) Calculado pela Equação (100 – Lipídios – Proteína – Umidade – Cinzas);

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (p<0,05), pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Composição centesimal das cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cru.

Fonte: (LOVATO et al., 2018).

Os carboidratos em forma de amido são os principais constituintes dos feijões (22-45%) (LIN et al., 2008). Contudo, muitos benefícios nutricionais são atribuídos aos seus carboidratos que são classificados como de índice glicêmico baixo, pela sua proporção amilose/amilopectina, sendo o amido do feijão classificado como amido resistente, o qual é lentamente digerível (BEDNAR et al., 2001; HAYAT et al., 2014), e está relacionado a etiologia e redução do risco das doenças crônicas não transmissíveis (CAMBRODÓN; MARTIN-CARRÓN, 2001), sobretudo em relação ao controle da glicemia.

O feijão possui rafinose e a estaquiase, oligossacarídeos que são sintetizados e armazenados em tubérculos e sementes, os quais mudam de acordo com o grau de maturação da planta e do cultivo como composição do solo e temperatura (ZHAO et al., 2017). Esses carboidratos não são digeríveis e sofrem fermentação pela microbiota intestinal, sendo reconhecidos como FODMAPS (Fermentable Oligosaccharides, Disaccharides, Monosaccharides and Polyols (MOLINA-INFANTE et al., 2016) e justificam o desconforto abdominal e flatulência após a ingestão do feijão ou outros legumes (SINGH; BANERJEE; ARORA, 2015).

Estes oligossacarídeos hidrossolúveis, podem ser reduzidos por lixiviação, ou seja, o processo de remolho pré-cozção deve ser usado para diminuir as proporções dos oligossacarídeos presentes, tornando-se mais efetiva com o descarte da água utilizada para o remolho antes do cozimento (OLIVEIRA et al., 2001).

Embora possuam alto teor de micronutrientes e antioxidantes (SIEVENPIPER et al., 2009; HALVORSEN et al., 2002; MITCHELL et al., 2009; CAMPOS-VEJA et al., 2013), a composição química dos grãos de feijão varia conforme a localização geográfica, a condições edáficas (tipo de solo, pH, fertilidade, textura, matéria orgânica, entre outros) e as variações climáticas (RIBEIRO, 2008) (Tabela 3).

Entretanto, os feijões possuem compostos conhecidos como fatores antinutricionais como os polifenóis, fitatos, inibidores enzimáticos, fitohemaglutininas e fatores de flatulência e cianogênicos que podem diminuir sua biodisponibilidade mineral (BONETT; BAUMGARTNER; KLEIN, 2007).

Cultivar	Ferro (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)	Magnésio (mg/100 g)	Sódio (mg/100 g)
Feijão Carioca	7,7 ± 0,12 <sup>*b</sup>	1389,48 ± 31,43 <sup>b</sup>	210,81 ± 8,59 <sup>a</sup>	1,02 ± 0,12 <sup>a</sup>
Feijão Preto	6,52 ± 0,13 <sup>b</sup>	1408,56 ± 9,64 <sup>b</sup>	186,83 ± 1,21 <sup>b</sup>	1,07 ± 0,13 <sup>a</sup>
Feijão BRS Pontal	8,16 ± 0,30 <sup>a</sup>	1465,06 ± 6,03 <sup>a</sup>	212,61 ± 4,41 <sup>a</sup>	1,00 ± 0,30 <sup>a</sup>
Feijão BRS Esplendor	8,25 ± 0,26 <sup>a</sup>	1473,4 ± 9,55 <sup>a</sup>	188,1 ± 1,80 <sup>b</sup>	1,02 ± 0,26 <sup>a</sup>

\* Valores das médias das triplicatas ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (p<0,05), pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Conteúdo mineral das cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cru.

Fonte: (LOVATO et al., 2018).

Contudo, os inibidores de enzimas digestivas, normalmente maléficos para a saúde, pelo seu espectro amplo de ações heterólogas, tem demonstrado benefícios controlando vários processos biológicos, atuando na regulação da hiperatividade de certas enzimas ou mesmo as inativando-as (DE ASSIS et al, 2018 repercutindo em efeitos positivos à saúde como funções anticancerígena, anti-inflamatória, antiobesidade, entre outras (SERQUIZ, 2016).

Assim, o ácido fítico do feijão normalmente considerado componente indesejável do grão, se liga ao amido por meio dos seus grupamentos fosfato diminuindo, assim, a sua digestibilidade. Existe também, a possibilidade formação de quelatos com o cátion bivalente cálcio e isso afetar a estabilidade das  $\alpha$ -amilases, que são enzimas cálcio-dependentes, presentes sobretudo na saliva e secreção pancreática de mamíferos, e são as principais responsáveis por hidrolisar as ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 dos carboidratos. Assim, o fitato presente no grão pode reduzir a digestão do polissacarídeo e contribuir para o impacto positivo sobre a glicemia (YOON, THOMPSON; JENKINS, 1983; THOMPSON; BUTTON; JENKINS, 1987; HAYAT et al., 2014).

Desta forma, pela ação sinérgica entre as características físico-químicas de cadeia glicosídica que o tornam um amido resistente, a presença de fibras solúveis e inibidores da  $\alpha$ -amilase, observa-se após o consumo de feijão, redução da glicemia pós-prandial, além de aumento no tempo de esvaziamento gástrico contribuindo, assim também, para o aumento da saciedade (BARRETT; UDANI, 2011).

A proteína é o segundo maior constituinte desses grãos e os valores variam de 18 a 30% dependendo do cultivar. Com relação às comparações de valores nutricionais de alguns tipos de feijão, observa-se que a quantidade de proteína varia muito para cada tipo de grão. Por exemplo, o feijão preto apresenta 2,7 g de proteína, o carioca com 2,8 g, o popularmente denominado de rajado com 3,3 g, e o feijão branco que se destaca dentre os outros, com 14 g de proteína por cada 100 g. Possui no seu perfil de aminoácidos oito dos nove essenciais aos seres humanos, sendo a metionina seu aminoácido limitante, ao passo que a leucina e lisina são os aminoácidos que se encontram em maior proporção (RIBEIRO et al., 2007).

Embora sejam importantes fontes dietéticas de proteína vegetal, dietas com soja, feijão ou outras leguminosas têm sido descritos como causadoras da diminuição da digestibilidade de proteínas e aminoácidos em ratos e/ou porcos (até 50%) afetando sua propriedade proteica (ARAÚJO, 2011; GILANI; XIAO; COCKELL, 2012).

A digestibilidade do feijão cru é por volta de 25 a 60%, no entanto o tratamento térmico aumenta para 65 a 85% sua digestibilidade, dependendo da variedade do feijão e do método de cozimento utilizado (BATISTA et al., 2010; MENDONÇA et al., 2003), relacionados sobretudo à atividade remanescente de inibidores de enzimas proteolíticas. Alguns inibidores de protease podem ser desnaturados por processamento térmico devido à sua natureza proteica específica, embora alguma atividade residual possa ainda permanecer em produtos produzidos comercialmente (PIRES, 2002; GIRI; KACHOLE, 1998).

A maior parte das proteínas de feijão são de armazenamento, representando cerca de 80% das suas proteínas totais. Não possuem atividade catalítica e localizam-se em corpúsculos proteicos no cotilédone (OOMAH et al., 2011). O feijão não contém quantidades expressivas de prolaminas e de glutelinas, porém, possui elevados teores de globulinas e

albuminas (BROUGHTON et al., 2003). As globulinas são proteínas de reserva, enquanto as albuminas desempenham papéis metabólicos essenciais como participação na constituição de enzimas como a lipoxigenase e as lectinas, por exemplo (PARK et al., 2010). O grupo das globulinas é formado pelas faseolinas (ou vicilinas) e leguminas, de acordo com a sua precipitação. As proteínas restantes, glutelinas e prolaminas, estão fortemente ligadas às organelas e membranas celulares e são pouco estudadas (PIRES, 2002).

A faseolamina (fração 7S), representa cerca de 40 a 50% das proteínas, sendo a maior proteína de armazenamento desta leguminosa. É uma proteína oligomérica composta de três subunidades polipeptídicas com massa molecular entre 43 a 53 kDa (YIN et al., 2008), enquanto outra fração legumina (fração 11S) representam apenas 10% (MONTROYA et al., 2010).

A proteína faseolamina é dita inibidora da enzima alfa-amilase, sendo fundamental no metabolismo de carboidratos em animais, em plantas e em outros organismos. Assim, sugere-se que o uso da faseolamina deveria ser usada como auxílio no tratamento da obesidade e diabetes (ARBO et al, 2009; PEREIRA, 2008). Por volta da década de 80, suplementos contendo inibidores de alfa-amilase foram comercializados como “bloqueadores de amido”, desta forma cápsulas de faseolamina foram amplamente indicadas como coadjuvante nas dietas com objetivo de redução de peso e também para pacientes com diabetes (COLAÇO; DEGÁSPARI, 2014).

Neste sentido, alguns estudos demonstraram a propriedade antidiabetes do *Phaseolus vulgaris* L. aliada a redução ponderal (FANTINI et al., 2009), ou ainda evidenciaram sua ação hipoglicemiante 60 e 120 após as refeições, comparado à metformina (hipoglicemiante padrão) (HELMSTÄDTER, 2010). O estudo de Maccioni et al. (2010) realizado com animais demonstrou que o consumo de extrato seco de *Phaseolus vulgaris* L. diminui a vontade de ingestão de consumir doces além de aumentar a saciedade, ainda, a administração diária (22 dias consecutivos) de dose única (100 mg/Kg) de extrato de feijão branco em estudo com ratos Wistar demonstrou uma redução de cerca de 25% do consumo diário de alimentos, contribuindo para a diminuição do peso corporal (TORMO et al., 2004).

Ainda, graças também aos seus peptídeos bioativos, verificou-se em modelos experimentais animais e com seres humanos correlação inversa entre a concentração de extrato de feijão comum e feijão caupi, e os níveis plasmáticos de colesterol total e triglicerídeos ( $p < 0,05$ ) (FROTA, 2015; ZHU et al., 2012). Outro estudo com obesidade induzida por dieta constatou que a alimentação hipercalórica mais a suplementação de feijão branco reduziu o colesterol total ( $p = 0,032$ ) e LDL-C ( $p = 0,067$ ) (THOMPSON et al., 2008).

O consumo diário de feijão contribui com 28% de proteína e 12% das calorias ingeridas pelo ser humano e, nesse sentido, a importância alimentar do feijão deve se, especialmente, ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal, tendo se tornado a principal fonte de proteína para as populações de baixa renda, visto que

possui pronta aceitação nos mais diferentes hábitos alimentares (MESQUITA et al., 2007). No Brasil, historicamente, a principal fonte proteica da alimentação é derivada da ingestão de arroz combinado com feijão, o qual tem deficiência em aminoácidos sulfurados e rico em lisina, enquanto o arroz é deficiente em lisina e relativamente rico em aminoácidos sulfurados, desta forma, há complementariedade entre os aminoácidos essenciais limitantes de cada fonte (PIRES et al., 2006), com boa digestibilidade e acessível economicamente (TEBA et al., 2009).

Contudo, segundo dados da POF (2019), o consumo per capita domiciliar do arroz e feijão diminuiu. O consumo de feijão caiu 52% nos últimos 15 anos, e entre os alimentos *in natura* ou minimamente processados, o feijão correspondeu a 4,3% das calorias totais. Conforme estimativa da POF (Pesquisa Orçamentária Familiar) o consumo alimentar médio de feijão per capita é de 5,34 Kg/hab/ano, existindo preferências de cor e tipo de grão, sendo o rajado o mais consumido com 2,61 Kg/hab/ano, seguido do feijão preto com 1,30 Kg/hab/ano, sendo os mais consumidos nas regiões Centro-Oeste e Sul, respectivamente. (POF 2019).

As possíveis causas desta queda no consumo estão relacionadas à substituição por fontes de proteína de origem animal, em consequência do êxodo rural e das mudanças de hábitos alimentares devido ao advento do *fast food*, além das fortes flutuações de oferta e preços, que impactaram no orçamento das famílias e a alta demanda de tempo para o preparo do produto (BEVILACQUA, 2010).

A tendência de queda do consumo do feijão em geral no Brasil causa preocupação pela perda na dieta de uma excelente fonte de proteínas, associada a perda de possíveis fatores de proteção contra doenças cardiovasculares, obesidade e diabetes. Estudos apontam que esta redução do consumo de feijão pelos brasileiros pode estar associada ao aumento diabetes e obesidade, por conta da drástica redução na oferta da proteína faseolamina (presente exclusivamente no feijão) e que, por este motivo, pode estar contribuindo para o aumento considerável de doenças crônicas não transmissíveis na nossa população (COLAÇO; DEGÁSPARI, 2014).

No entanto, por mais que tenha sido observada uma queda no consumo do arroz e feijão, esta base de cardápio ainda prevalece na mesa da população de menor renda. Já a população com renda mais alta, consegue optar pelo consumo de alimentos processados e ultraprocessados, que embora não tenham uma boa qualidade nutricional e custem mais caro, trazem mais praticidade ao seu dia-a-dia (IBGE, 2020).

O consumo *per capita* de pão no Brasil é de 2,250 kg de, já o de biscoitos 4 vezes superior ao do pão (ABIMAPI, 2019), ou seja, o biscoito é um produto estratégico para poder popularizar a utilização de farinha de feijão azuki, e deverá atender, no aspecto da inclusão, também os mais de 7% da população que apresentam desordens relacionadas à ingestão de glúten (CABRERA-CHÁVEZ et al., 2017).

Assim, ao analisar esta tendência da indústria de alimentos, cada vez mais

pesquisas voltadas para o desenvolvimento de produtos utilizando o feijão como fonte proteica visando o enriquecimento nutricional de produtos muito utilizados na alimentação, como biscoitos, pães, e pós para preparos de produtos instantâneos como sopas, caldos e papinhas têm sido realizadas, e a oferta de produtos processados utilizando feijão associado ou não a outros grãos e leguminosas como snacks, biscoitos, macarrões é crescente nas lojas físicas e online (CARDOSO-FILHO, 1993; MATTOS, 2010; FROTA, 2010; SANTOS, 2017; CARVALHO, 2012).

Estudos apresentam que a farinha da bandinha do feijão-caupi pode ser utilizada para desenvolver snacks com boas características tecnológicas (SILVA et al, 2019), podendo ser agregar valor a este subproduto da agroindústria alimentar, como forma de incentivo ao desenvolvimento regional, mas principalmente, resgatando um importante alimento da cultura alimentar da população brasileira, atualmente ameaçado pela vida moderna, mas que tem potencial para ser recomendado também como alimento funcional.

Sendo assim, acreditando no potencial desta matéria-prima, justifica-se elegê-la para o desenvolvimento de novos produtos que possam aliar praticidade de consumo aos benefícios fisiológicos demonstrados para as proteínas do feijão, sobretudo sobre doenças crônicas não transmissíveis, em especial o diabetes *mellitus*.

#### 4 | INDUSTRIALIZADOS DO FEIJÃO

A busca por novas fontes alimentares tem despertado o interesse da comunidade científica a respeito de proteínas vegetais alternativas, englobando culturas tradicionais e subprodutos gerados a partir do beneficiamento de produtos *in natura* (FERRI, 2006). Um dos motivos é a queda do consumo de feijão pela população, que está relacionada ao difícil e longo tempo de preparo, assim, a disponibilização de alimentos industrializados à base de feijão é uma alternativa para que este alimento seja consumido com maior frequência, por fornecerem maior praticidade.

Diante disso, têm surgido cada vez mais pesquisas voltadas para o desenvolvimento de produtos utilizando o feijão para o enriquecimento nutricional por meio da elaboração de farinhas com concentrados de feijão destinadas ao preparo de produtos de panificação como macarrões, biscoitos, rocamboles, biscoitos, snacks, muffins (CARDOSO-FILHO, 1993; FROTA et al., 2010; BASINELLO et al., 2011; CARVALHO, 2012; SANTOS, 2017; BARROS, 2018) e também de produtos instantâneos como preparados de sopas, caldos e papinhas (MATTOS, 2010). Neste sentido, a bandinha de feijão, que possui baixo valor comercial, poderia ser melhor aproveitada para o desenvolvimento de alimentos proteicos.

Ainda, nos últimos anos a indústria alimentícia vem buscando aproveitar o potencial nutricional deste grão como concentrados proteicos para a suplementação alimentar (BERRIOS, 2006; MATTOS, 2010). O consumo de concentrados proteicos à base de leguminosas também vêm aumentando, a exemplo dos produtos derivados da soja na

alimentação humana, em decorrência da divulgação dos benefícios da soja para a saúde e do crescimento da oferta no mercado de produtos de melhor qualidade. Contudo, as características sensoriais, sempre representaram um desafio a ser superado pela indústria, que hoje conta com produtos destinados inclusive ao público infantil, com muito boa aceitabilidade sensorial (CARRÃO-PANNIZZI, 2001).

Outras leguminosas como ervilhas, grão-de-bico e lentilhas, além de serem ricas em nutrientes, sobretudo proteínas, também têm seu consumo associado a inúmeros benefícios de saúde como controle de dislipidemias, diabetes tipo 2 e na prevenção de vários tipos de câncer (ROY et al., 2010).

Apesar de também haver um crescimento de opções no mercado de produtos derivados destas leguminosas, com a intenção de aumentar o valor proteico da dieta, grande parte dessas matérias-primas são importadas, China e Índia respondem por 84% da produção das ervilhas verdes; a produção mundial de grão-de-bico está em torno de 14,2 milhões de toneladas, mas concentrada em poucos países como a Índia que corresponde por 69% do total mundial; no caso da lentilha a produção fica em torno de 4,8 milhões de toneladas, sendo o Canadá o maior exportador. O Brasil não produz grão de bico e lentilha, e apresenta uma pequena produção de ervilha seca, o que demonstra fragilidade e dependência do setor produtivo nacional à demanda interna e às importações destes produtos. Em 2015 o Brasil importou aproximadamente 51,8 mil toneladas de ervilha seca, lentilha e grão de bico, a um custo total de US\$ 32,9 milhões (FAO, 2016).

Ainda, sabe-se que há um progressivo aumento no número de pessoas que estão excluindo alimentos de origem animal a estimativa é que 14% da população brasileira seja vegetariana, ou seja, aproximadamente 29,3 milhões de pessoas (IBOPE, 2018), refletindo uma tendência mundial de uma busca por uma alimentação mais saudável, sustentável e ética. Nos EUA, cerca de 50% dos vegetarianos (16 milhões de pessoas) se declararam veganos. No Reino Unido, cerca de 33% dos vegetarianos (1,68 milhões de pessoas) se declararam veganos (VEGANBUSINES, 2020).

A busca por uma alimentação saudável, sustentável e ética é definido por pessoas que estão optando por excluir alimentos de origem animal. O reconhecimento dos benefícios de uma alimentação vegetariana para a saúde é cada vez maior, e grandes organizações, como a Organização Mundial de Saúde (OMS), se pronunciam sobre os riscos do consumo elevado de carnes. Por outro lado, o número de pessoas que se preocupa com os impactos trazidos pelos seus hábitos de consumo é crescente, e optam por excluir ou reduzir o consumo de carnes e seus derivados do seu dia a dia. Dentre estas preocupações está o impacto ambiental negativo que a produção de carne gera (SVB, 2018). A produção de leguminosas também auxilia na diminuição dos gases de efeito estufa (IBRAFE, 2019). Em contrapartida esses gases são produzidos em grande escala pela indústria pecuária (CSR, 2015).

Assim, um dos mercados que também está tentando para se adequar a esta nova

demanda alimentar, é o mercado dos suplementos alimentares, em especial os concentrados proteicos vegetais, visto que majoritariamente os únicos disponíveis no mercado eram aqueles à base de leite, ovos e carne vermelha. Se estima que o mercado para os produtos *plant based* cresça 40% ao ano (SVB, 2016), ainda, maior parte da população brasileira afirma que consumiria mais alimentos de origem vegetal se o preço fosse mais acessível (IBOPE, 2018).

O mercado de suplementos proteicos à base de vegetais, deve experimentar um crescimento sem precedentes nos próximos anos, chegando a alcançar US\$ 16,3 bilhões em faturamento até 2025, relacionado a maior demanda de suplementos proteicos concentrados e isolados comercializados em forma de pó, bebidas, snacks, barras, alternativas não lácteas e também como ingrediente em substitutos de carne, ou seja, complementos alimentares que possam substituir os típicos alimentos consumidos à base de leite e carnes (VEGAZETA, 2019).

É necessário adaptar-se a este novo cenário, com a implementação de tecnologia para criação e diversificação de novos suplementos proteicos à base de outros vegetais, pois atualmente o mercado de *plant based* é dominado produtos à base de soja e ervilha. Assim, a partir deste trabalho sugere-se maior investimento no desenvolvimento de produtos à base de feijão, uma matéria prima vasta em território nacional e acessível, promissora para o mercado de produtos de origem vegetal, pelos seus destacados benefícios nutricionais, à saúde, ao meio ambiente, econômicos e sociais.

## REFERÊNCIAS

ABIMAPI (Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias, Pães e Bolos.

**Estatísticas – Geral.** Disponível em: < <https://www.abimapi.com.br/estatisticageral.php>.> Acesso em: 05/08/2021.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática.** Viçosa. UFV. 2011. 601p.

BARRETT, M. L.; UDANI, J. K. **A proprietary alpha-amylase inhibitor from white bean (*Phaseolus vulgaris*): A review of clinical studies on weight loss and glycemic control.** Nutrition Journal, v. 10, n. 24, p.1-10, 2011.

BATISTA, K. A.; PRUDÊNCIO, S. H.; FERNANDES, K. F. **Changes in the functional properties and antinutritional factors of extruded hard-to-cook common beans (*Phaseolus vulgaris*, L.).** Food Chemistry, v. 75, n. 3, p. 286-290, 2010.

BEVILACQUA, C., ORILIO, C.; VERRE, C. **Brasileiro consome cada vez menos feijão, mostra pesquisa. Piracicaba:** Universidade Metodista de São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.metodista.br/ironline/noticias/economia/2010/06/brasileiro-consomecada-vez-menos-feijao-diz-pesquisa>> Acessado em: set. 2019.

BONETT, L. P., BAUMGARTNER, M. S. T., KLEIN, A. C., SILVA, L. I. **Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum (*Phaseolus Vulgaris* L.).** Arq. Ciênc. Saúde Unipar, Umuarama, v. 11, n. 3, p. 235-246, set/dez, 2007.

BRACKMANN, Auri et al. **Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada.** Ciência Rural. 2002. v. 32, n. 6. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000600001>>. Acesso em: 30 julho 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico do Feijão. Instrução Normativa nº12 de 28 de março de 2008.

BROUGHTON, W. J.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS P.; VANDERLEYDEN, J. **Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes.** Plant and Soil, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

BUSINESS, Vegan. **Veganismo no Brasil: como funciona.** 3 jan. 2021. Disponível em: <Veganismo no Brasil: como funciona ([veganbusiness.com.br](http://veganbusiness.com.br))>. Acesso em: 05/08/2021.

CABRERA-CHÁVEZ, F.; DEZAR, G. V. A.; ISLAS-ZAMORANO, A. P.; ESPINOZA ALDERETE, J. G.; VERGARA-JIMÉNEZ, M. J.; MAGAÑA-ORDORICA, D.; ONTIVEROS, N. **Prevalence of self-reported gluten sensitivity and adherence to a gluten-free diet in Argentinian adult population.** Nutrients, v. 9, n. 81, p. 1-11, 2017.

CAMBRODÓN, I. G.; MARTÍN-CARRÓN, N. **Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente.** In: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. Fibra dietética en Iberoamérica tecnología y salud -obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. São Paulo. Varela. 2001. p.311-337.

CARVALHO, A. V.; BASSINELO, P. Z.; MATTIETTO, R. A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. O.; SECCADIO, L. L. **Processamento e caracterização de snack extrudado 2a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 15, n. 1, p. 72-83, 2012.

COLAÇO, P. C., DEGÁSPRI, C. H. **Benefícios da faseolamina (*Phaseolus vulgaris* L.) - uma revisão.** Visão Acadêmica, Curitiba, v.15, n.1, Jan/Mar., 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos,** safra 2020/2021 -n.5 – 10º Levantamento. Julho de 2021. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em:06/08/2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos,** safra 2018/2019 -n.5 – 5º Levantamento. Fevereiro de 2019. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 16/02/2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **CONJUNTURAS da Agropecuária.** p. 1-1, 21 fev. 2020. Disponível em: <08Z-ZFeijaoZ-ZConjunturaZSemanalZ-Z17ZaZ21.02.pdf> Acesso em: 28/07/2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a Agropecuária:** Brasília, DF. 2013. 1-156 p. v. 1. Disponível em: <file:///C:/Users/nutri/Downloads/Perspectivas\_para\_a\_Agropecuaria\_-\_V.1\_-\_Safra\_2013-2014.pdf > Acesso em: 27/07/2021.

DE ASSIS, L.O., DE MOURA ANDRADE, H.B., COIMBRA DE CARVALHO, F.M., SERQUIZ, R.P. E SERQUIZ, A.C. **Determinação da atividade inibitória de enzimas digestivas em suplementos vendidos no comercio internacional à base de proteína vegetal.** RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. v. 11, n. 67, p. 925-933, 2018.

DIDONET, Agostinho D.; MOREIRA, José A.A; FERREIRA, E. P. B. **Sistema de Produção Orgânico de Feijão para agricultores familiares**. Comunicado Técnico, 1 ed. 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/663541/1/comt173.pdf>> Acesso em: 27/ 02/ 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The International Year of Pulses**. 2016. Disponível em:<<http://fao.org/pulses/en/>> Acesso em 15 de fevereiro de 2019.

FERRI, Priscila. **The extraction of protein from the Manioc Leaf (Manihot esculenta Crantz) to obtain protein essence**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

FREITAS, F.O. **Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n.7, p.43-56, 2006.

FROTA, K. M. G.; SANTOS, R.D.; RIBEIRO, V. Q.; ARÊAS, J. A G. **Cowpea protein reduces LDL-cholesterol and apolipoprotein B concentrations, but does not improve biomarkers of inflammation or endothelial dysfunction in adults with moderate hypercholesterolemia**. Nutr. Hosp, v. 31, n. 4, p. 1611-1619, 2015.

GILANI, G. SARWAR; XIAO, CHAO WU; COCKELL, KEVIN A. **Impact of Antinutritional Factors in Food Proteins on the Digestibility of Protein and the Bioavailability of Amino Acids and on Protein Quality**. British Journal of Nutrition. v. 108. n. 2. p. 315-332. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/s0007114512002371>>. Acesso em: 05/08/2021.

GIRI, A.P.; KACHOLE, M.S. **Amylase inhibitors of pigeon pea (*Cajanus cajan*) seeds**. Phytochemistry. v. 47. p.197-202.1998.

GOMES, J. C.; SILVA, C. O.; COSTA, N. M. B.; PIROZI, M. R. P. **Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão**. Cereais, Viçosa, v. 309, n. 53, p. 548-558, 2006.

GUIA, **Guia Alimentar para a População Brasileira**. Brasília — DF: 2, 2014. 1-158 p.

HELMSTÄDTER, A. **Beans and Diabetes: *Phaseolus vulgaris* Preparations as Antihyperglycemic Agents**. Journal of Medicinal Food, v. 13, n. 2, p. 251-254, 2010.

IBGE. **Brasileiros com menor renda consomem mais arroz e feijão e menos industrializados**. IBGE Notícias, 21 ago. 2020. Disponível em: < Brasileiros com menor renda consomem mais arroz e feijão e menos industrializados | Agência de Notícias | IBGE>. Acesso em: 05/08/2021.

IBRAFE. **Preço nacional feijão. Negócios Reportados** – PNF Preço Nacional do Feijão – IBRAFE, 2021. Disponível em:<<https://www.ibrafe.org/clube/negocios-reportados-pnf-preco-nacional-do-feijao-ibrafe-241/>> Acesso em: 27/07/2021.

KOBLITZ, M.G.B. **Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 301p.

LOVATO, FREDERICO et al. **Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão biofortificado (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Brazilian Journal of Food Technology [online]. 2018, v. 21, e2017068. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-6723.6817>> Acesso em: 05/08/2021.

MATTOS, L. C. **Determining the best conditions for extrusion and characterization of bean flour for use as an ingredient of instant foods.** 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MAZUR, C. E. **Efeitos do feijão branco (*Phaseolus vulgaris* L.) na perda de peso.** Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, v. 8. n. 48. p.404-411. Nov/Dez. 2014.

MESQUITA, A. D.C.; ABREU, C. M.P; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. **Linhagens de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição Química e Digestibilidade Proteica.** Ciênc. Agrotec. Lavras, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MFRURAL **Bandinha do feijão de corda.** 2021. Disponível em: <[MOLINA-INFANTE, J.; SERRA, J.; FERNANDEZ-BAÑARES, F.; MEARIN, F. \*\*The low FODMAP diet for irritable bowel syndrome: Lights and shadows.\*\* Gastroenterología y Hepatología, v. 39, n. 2, p. 55–65, 2016.](https://www.mfrural.com.br/busca/bandinha-feijao#:~:text=R%2432%2C00%20o%20saco,60kg%2C%20para%20retirada%20no%20local.>https://www.mfrural.com.br/busca/bandinha-feijao#:~:text=R%2432%2C00%20o%20saco,60kg%2C%20para%20retirada%20no%20local.> Acesso em: 27/07/2021.</p></div><div data-bbox=)

MONTOYA, C. A.; LALLÈS, J. P.; BEEBE, S.; LETERME, P. **Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*).** Food Research International, v. 43, n. 1, p. 443-449, 2010.

OLIVEIRA, A. C.; CARRARO, F.; REIS, S. M. P. M. **The elimination of the not absorbed water during common bean soaking resulted in weight gain in rats.** Brazilian Journal of Nutrition, v.14, p.153-155, 2011.

OOMAH, B. D.; PATRAS, A.; RAWSON, A.; SINGH, N.; COMPOS-VEGA, R. **Chemistry of pulses. In: Pulse foods: processing, quality and technological applications.** Academic press, p. 9-56, 2011.

PARK, S. J.; KIM, T.W.; BAIK, B-K. **Relationship between proportion and composition of albumins, and in vitro protein digestibility of raw and cooked pea seeds (*Pisum sativum* L.).** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 90, n. 10, p.1719-1725, 2010.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. G. A.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; DE RIOS, A. O.; ABREU, S. M. P.; CÔRREA, A. D. **Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Ciência e Tecnologia dos Alimentos, v. 23, p. 39-45, 2003.

POF- **Pesquisa de Orçamentos Familiares.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 1-72 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101670.pdf>> Acesso em: 27/07/2021.

RESENDE, O. et al. **Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento.** Ciência e Agrotecnologia. 2008, v. 32, n. 2 pp. 517-524. Disponível em: <[RIBEIRO, M.A. \*\*Zinc Absorption in Brazilian Subjects Fed A Healty Meal.\*\* Journal of Human Nutrition and Dietetics, v.1, p. 313-320, 2013.](https://www.scielo.br/j/cagro/a/xSHYT9nPvT3bJPPKXRhmTKt/?lang=pt#>https://www.scielo.br/j/cagro/a/xSHYT9nPvT3bJPPKXRhmTKt/?lang=pt#> Acesso em: 28/07/2021.</p></div><div data-bbox=)

RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; FILHO, A. C.; JOST, E.; POERSH, N. L.; MALLMANN, C. A. **Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético.** Pesq Agropec Bras, v.42, n.10, p.1393-1399, 2007.

SANTOS, J. B. & GAVILANES, M. L. Botânica. In: Vieira, C.; Júnior, T. J. P.; Borém. (Ed.). **Feijão.** 2ª edição, p.41-65. UFV, 2011. Disponível em: <<http://www.agn.ufv.br/wp-content/uploads/2017/08/SantosF.Q.-73619.pdf>> Acesso em: 27/ 02/ 2020.

SANTOS, W. P. C.; RIBEIRO N. R.; GUERREIRO, E. S.; NANO, R. M. W.; BENEVIDES, C. M. J.; LOPES M. V.; MIRANDA, K. E. S. **Prospecção Tecnológica de Leguminosas na Produção de Alimentos Funcionais Destinados ao Setor de Panificação e Confeitaria.** Cad Prospecr, v. 10, n. 4, p. 919-933, 2017.

SERQUIZ, A. C.; et.al. **Supplementation with a new trypsin inhibitor from peanut is associated with reduced fasting glucose, weight control, and increased plasma CCK secretion in an animal model.** Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. v. 31. n. 6. p.1261-1269. 2016.

SILVA, I. C. V. et al. **Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades tecnológicas de extrusado de feijão-caupi.** p. 1-5, 2019. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1120380/1/Efeitodosparametros294.pdf>>. Acesso em: 05/08/2021.

SINGH, R. D.; BANERJEE, J.; ARORA, A. **Prebiotic potential of oligosaccharides. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre,** v. 5, p. 19-30, 2015.

SPINELLI, M. G. N. **Leguminosas.** In: ABREU, E. S; SPINELLI, M. G. N. Seleção e preparo de alimentos: gastronomia e nutrição. São Paulo: Metha, 2014. 411p.

STARLING, C. A.; SOUZA, F. G.; CARVALHO, A. A. **Efeito da Extrusão nas Propriedades Bioquímicas e Tecnológicas da Farinha Bandinha de Feijão.** Revista Processos Químicos, jan-jun, p.39-49, 2016.

SVB - Sociedade vegetariana brasileira. **IBOPE aponta crescimento histórico no número de vegetarianos no Brasil.** SVB Sociedade Vegetariana Brasileira, [s. l.], 2018. Disponível em: <Pesquisa do IBOPE aponta crescimento histórico no número de vegetarianos no Brasil (svb.org.br)> Acesso em: 05/08/2021.

SVB - Sociedade vegetariana brasileira. **Mercado vegetariano: Estimativa de Porcentagem de Vegetarianos e Veganos no Brasil.** SVB Sociedade Vegetariana Brasileira, 12 out. 2016. Disponível em: < <https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/mercado-vegetariano#:~:text=No%20Brasil%2C%2014%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o,este%20percentual%20sobre%20para%2016%25.> > Acesso em: 05/08/2021.

TEBA, C. S; ASCHERI, J. L.R; CARVALHO, C. W. P. **Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré cozidas de arroz e feijão.** Alimentos e Nutrição, Araraquara. v. 20, n. 3, p. 411-426, jul./set., 2009.

THOMPSON, M.D.; THOMPSON, H.J.; BRICK, M.A.; MCGINLEY, J.N.; JIANG, W.; ZHU, Z.; WOLFE, P. **Mechanisms associated with dose-dependent inhibition of rat mammary carcinogenesis by dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** Journal of Nutrition, v. 138, n.11, p.291-297, 2008.

VEGAZETA. **Mercado de suplementos proteicos à base de vegetais terá alto crescimento até 2025**. Disponível em: <<https://vegazeta.com.br/mercado-de-suplementos-vegetais-tera-alto-crescimento/>> Acesso em: 06/08/2021.

YASMIN A, ZEB A, KHALIL AW, PARACHA GMD, KHATTAK AB. **Effect of Processing on Anti-nutritional Factors of Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*) Grains**. Food Bioprocess Technol., v.1, p.415-419, 2008.

YIN, S.-W.; TANG, C.-H.; WEN, Q.-B.; YANG, X.-Q.; LI, L. **Functional properties na in vitro trypsin digestibility of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) protein isolate: effect of high-pressure treatment**. Food Chemistry, v. 110, n. 4, p. 938-945, 2008.

ZHAO, C.; WU, Y.; LIU, X.; LIU, B.; CAO, H.; YU, H.; SARKER, S. D.; NAHAR, L.; XIAO, J. **Functional properties, structural studies and chemo-enzymatic synthesis of oligosaccharides**. Trends in Food Science & Technology, v. 66, p. 135-145, 2017.

ZHU, Z.; JIANG, W.; THOMPSON, H.J. **Edible dry bean consumption (*Phaseolus vulgaris* L.) modulates cardiovascular risk factors and dietinduced obesity in rats and mice**. British Journal of Nutrition, v. 108, n. 1, p.66-73, 2012.

# CAPÍTULO 2

## AVALIAÇÃO SOBRE O USO DE NEMATICIDAS BIOLÓGICOS NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR

*Data de aceite: 01/09/2021*

### **Sabrina Rossafa Ramos**

Centro Universitário do Norte Paulista- UNORP  
São José do Rio Preto

### **André Lazaro**

Centro Universitário do Norte Paulista- UNORP  
São José do Rio Preto

### **Gian Campos**

Centro Universitário do Norte Paulista- UNORP  
São José do Rio Preto

### **Alexandre Pinto César**

Eng. Agrônomo  
São José do Rio Preto

### **Luiz Miguel de Barros**

São José do Rio Preto

### **Uderlei Doniseti Silveira Covizzi**

São José do Rio Preto

Trabalho de conclusão do curso – TCC: Artigo científico apresentado para obtenção do grau de Engenharia Agrônoma no Curso de Agronomia do centro Universitário do Norte Paulista, UNORP.

**RESUMO:** A cana-de-açúcar é atualmente uma das principais culturas do agronegócio brasileiro. Entretanto, diferentes problemas fitossanitários podem ocorrer e causar danos significativos a cultura, acarretando perda em sua produção. Dentre esses problemas, os nematoides estão entre as mais comuns e impactantes. Sabe-se

que o ataque de nematoides causa vários danos ao sistema radicular, que se torna deficiente e pouco efetivo, reduzindo a produtividade agrícola. Dentre as medidas de controle, o uso de nematicidas no plantio de cana-de-açúcar, em áreas infestadas por nematoides tem sido comum nos últimos anos. A utilização de produtos de origem biológicos vem ganhando espaço nas mais diferentes culturas, dentre elas o controle de nematoides no plantio de cana-de-açúcar tem se destacado. Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo analisar e comparar a produtividade da cana-de-açúcar quando submetida ao tratamento de diferentes tipos de nematicidas biológicos. Este trabalho experimental foi conduzido a partir de doze tratamentos com três repetições realizados em uma área composta por cinco ruas com espaçamento de um metro e meio por dez metros de comprimento, com intervalo de dois metros entre cada tratamento. Cada tratamento foi composto por cinquenta unidades de mudas de cana-de-açúcar, com o plantio realizado sob as devidas condições de assepsia a fim de evitar a contaminação e o descarte das mudas. Após o plantio, foram aplicados diferentes nematicidas para posterior análise na resposta ao controle dos nematoides. Com base nos resultados dessa pesquisa realizada, concluiu-se que as culturas de cana-de-açúcar submetidas ao tratamento com os diferentes tipos de nematicida apresentaram um aumento na sua produtividade. O uso de nematicidas biológicos mostrou-se viável com bons resultados para o controle de nematoides.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cana-de-açúcar. Nematoides.

## EVALUATION OF THE USE OF BIOLOGICAL NEMATICIDES ON SUGARCANE PRODUCTIVITY

**ABSTRACT:** The sugarcane crop is currently one of the main crops for agribusiness in Brazil. However, different phytosanitary problems can occur and cause significant damage to the crop, resulting in loss of production. Among these problems, nematodes are among the most common and impactful. It is known that nematode attacks cause great damage to the root system, which becomes deficient and unproductive, reducing agricultural productivity. Among the control measures, the use of chemical nematicides in sugarcane plantations in areas infested with nematodes has been common in recent years. Thus, this article aimed to analyze and compare the productivity of sugarcane when subjected to treatment with different types of nematicides. This research was an experiment conducted by twelve treatments and three repetitions carried out in an area composed of five streets with spacing of one and a half meters by ten meters in length, with two meters from each treatment. Each treatment consisted of fifty units of sugarcane seedlings, with planting carried out under the proper aseptic conditions to avoid contamination and disposal of the seedlings. After planting, different nematicides were applied for further analysis in response to chemical control. Based on the results of this research, it was concluded that sugarcane, when subjected to treatment with different types of nematicide, can increase its productivity. The use of biological nematicides proved to be viable with good result for the control of nematodes

**KEYWORDS:** Sugar Cane. Nematodes. Nematicides. Agricultural Productivity.

### 1 | INTRODUÇÃO

De origem do Sudeste Asiático, especificamente da Região da Nova Guiné e Indonésia, a cana-de-açúcar é uma cultura perene, de fácil implantação e manejo. No Brasil, ela chegou logo após o descobrimento do país a fim de quebrar o monopólio da França no mercado mundial de açúcar. A cultura ganhou significativa importância econômica para o Brasil a partir da segunda metade do século XVI, com os engenhos situados na região Nordeste do país. A cultura é perene, podendo produzir por um período médio de quatro a seis anos e sua implantação e manejo é relativamente fácil (TOWSEND, 2000).

Atualmente a produção de cana-de-açúcar se concentra nas regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor e com a maior área plantada da cultura. As indústrias de cana-de-açúcar visam o lucro, tentando minimizar as perdas no processo e aumentar a quantidade de cana produzida por área, isto é, aumentar sua produtividade. (SILVA & SILVA, 2012, p. 20).

Entretanto, diferentes problemas fitossanitários podem ocorrer e causar danos significativos a cultura, acarretando perda em sua produção. Dentre esses problemas, os nematoides estão entre as mais comuns e impactantes na cultura.

Segundo a Pesquisadora Dra. Leila Luci Dinardo-Miranda, do Instituto Agrônomo

de Campinas (2002), em casos de variedades muito suscetíveis e níveis populacionais muito altos, as perdas provocadas pela praga podem chegar a 50% da produtividade, somente na cana planta. Na soqueira da cana as perdas podem chegar a 20% a cada ciclo e até antecipar a reforma do canavial. Sabe-se que o ataque de nematoides causa grandes danos ao sistema radicular, que se torna deficiente e pouco produtivo, reduzindo a produtividade agrícola.

Todavia, as reduções podem variar com a espécie e população encontrada de nematoides, e variedade de cana-de-açúcar cultivada no talhão, portanto a escolha de variedade resistente é uma das medidas de controle essencial.

Nas condições brasileiras, três espécies de nematoides são reconhecidamente importantes para a cana-de-açúcar, em função dos danos que causam à cultura, que são: *Meloidogyne Javanica*, *M. Incognitae*, *Pratylenchus Zeae*, sendo essa última a mais comum e a *M. Incognita* causadora de danos mais severos, chegando a ocasionar grandes prejuízos econômicos na agricultura brasileira. (DINARDO-MIRANDA, L.L. & V. GARCIA, 2002 *apud* DINARDO-MIRANDA, 2005).

O ataque dos nematóides à cana-de-açúcar ocorre no sistema radicular, de onde se extraem os nutrientes para seu crescimento e desenvolvimento, e para isso, injetam toxinas nas células radiculares, resultando em deformações ou necrose. Em consequência do ataque dos nematoides, as raízes tornam-se podres e incapazes de absorver água e nutrientes necessários ao adequado desenvolvimento das plantas, ficando menores, raquíticas, cloróticas e menos produtivas (TORRES *et al*, 2008 *apud* GABIA, 2019).

Dentre as medidas de controle, o uso de nematicidas químicos e biológicos no plantio de cana-de-açúcar, em áreas infestadas por nematoides tem sido comum nos últimos anos, devido aos incrementos de produtividade.

Dessa forma, o presente artigo teve por objetivo analisar e comparar a produtividade da cana-de-açúcar quando submetida ao tratamento de diferentes tipos de nematicida. E priorizar nematicidas biológicos que são formulados com o uso de fungos e/ou bactérias que atuam como agentes biocontroladores de nematoides de plantas. Além de quantificar o ganho na produtividade da cana-de-açúcar quando o cultivo foi efetuado na presença dessas diferentes substâncias.

## 2 | NEMATOIDES E O DESAFIO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* L.) se reveste de grande importância socioeconômica para o Brasil, enquanto a aceitação internacional do etanol como combustível aliado à lucratividade alcançada pelo setor sucroalcooleiro incentiva os produtores à intensificarem e expandirem o seu cultivo (IAIA *et al.*, 2006).

Como outras culturas de grande valor econômico, além da alta vulnerabilidade à compactação do solo devido ao manejo, a cana-de-açúcar é susceptível a diferentes

componentes da microbiota e microfauna do solo (MIRANDA *et al*, 2003). Dentre as pragas existentes na agricultura brasileira, os nematoides estão entre as mais comuns e impactantes. Responsáveis por perdas expressivas na produção agrícola e prejuízos bilionários, eles podem ser encontrados nas mais diversas culturas e afetam diretamente a produtividade das lavouras.

Nas condições brasileiras, três espécies de nematoides são reconhecidamente importantes para a cana-de-açúcar, em função dos danos que causam à cultura: *Meloidogyne javanica*, *M. incognitae* e *Pratylenchus zaeae*. *P. zaeae* é, sem dúvida, o mais comum, embora *M. incognita* seja a espécie que causa danos mais severos ao canavial (DINARDO-MIRANDA, 2005).

De acordo com Miranda e colaboradores (2003), entre as espécies de nematoide de maior importância para a cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro se destaca a *M. incognita*, cujas reduções na produtividade podem variar de 36 a 77%.

Os nematoides, sobretudo *Meloidogyne spp* provocam grandes perdas agrícolas que, em média, variam entre 20 e 40% da produtividade da massa foliar da concentração de açúcar no primeiro corte em variedades susceptíveis reduzindo, além da produtividade, a longevidade da cana soca (CAMPOS *et al*, 2006).

Ainda segundo Dinardo-Miranda (2005), em campo, os sintomas de ataque de nematoides são reboleiras de plantas menores e cloróticas, com «fome de minerais», murchas nas horas mais quentes do dia e menos produtivas, entre outras de porte e coloração aparentemente normais. Esses sintomas na parte aérea são reflexos do ataque dos nematoides às raízes, de onde esses parasitos extraem nutrientes e injetam toxinas, resultando em deformações. Como consequência, as raízes se tornam pouco desenvolvidas, deficientes e impossibilitadas de desempenhar normalmente suas funções.

A grandeza dos danos causados por nematoides varia em função do nível populacional dos parasitos, do tipo de solo e da variedade cultivada, por exemplo, os neumatoides *M. javanica* e *P. zaeae* causam, em média, cerca de 20 a 30% de redução de produtividade, no primeiro corte de variedades suscetíveis. Já a *M. incognita* pode ocasionar perdas maiores, em torno de 40 %. Alguns nematoides podem chegar a provocar 50% da perda da produtividade somente na cana da planta quando há níveis populacionais altos ou variedades da planta que são consideradas muito suscetíveis (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Autores como Sousa e colaboradores (2014) ressaltam que, apesar da realização de vários estudos para conhecer e caracterizar os nematoides, informações quanto a sua influência na resposta da planta à compactação do solo ainda são bem escassas.

Para Pattison *et al* (2008), Mondino *et al* (2009) e Cardoso *et al* (2012), os nematoides apresentam grande potencial como bioindicadores de qualidade do solo devido à resposta rápida às mudanças no ambiente e ações de gestão do solo.

Kimenju e colaboradores (2009) observaram que a distribuição dos nematoides

depende das características do solo no qual habita e que permite a orientação, movimentação e reprodução desses organismos, estando frequentemente relacionada com a distribuição de raízes, assim como com a estrutura, textura, umidade e temperatura do solo.

Dinardo-Miranda (2005) pontua que uma medida ideal para o controle de nematoides seria o uso de variedades resistentes a eles, por não implicar em custos ao produtor e riscos ao ambiente, pois a variedade resistente poderia ser plantada em áreas infestadas. No entanto, não há variedades comerciais resistentes às espécies de nematoides. Dessa forma, dada a ausência de variedades comerciais resistentes a uma ou a mais espécie de nematoide, o manejo de áreas infestadas, atualmente, tem se baseado principalmente no uso de nematicidas químicos aplicados no plantio e/ou nas soqueiras.

### 3 | O USO DE NEMATICIDAS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O uso de nematicidas químicos no plantio de cana-de-açúcar, em áreas infestadas por nematoides, tem sido comum, devido aos incrementos de produtividade (GARCIA *et al*, 1997 *apud* DINARDO-MIRANDA; PIVETTA; FRACASSO, 2008).

Segundo Moura (2016), a primeira opção que se apresenta para o controle dos nematoides em canaviais é o método químico, que se fundamenta no uso de um nematicida sistêmico. Trata-se de uma técnica especialmente buscada pelos agricultores por trazer resultados objetivos, em curto prazo. Os nematicidas podem ser granulados ou líquidos, carbamatos ou organofosforados, e a seleção do produto deverá ser coerente com as previsões das condições climáticas do local no momento da aplicação, ou seja, se é época de chuvas ou de estiagem.

Ainda segundo o autor citado acima, consideram-se também as condições gerais do solo; se mais arenoso ou argiloso. A aplicação do método químico é mais indicada nos casos de populações em níveis médios, para serem reduzidas para o nível baixo. Para populações em níveis altos a aplicação de um nematicida sistêmico passa a ser uma decisão de risco, com baixa probabilidade de sucesso. Para a escolha do nematicida, como armazená-lo e para as recomendações de segurança na aplicação, manuseio e destino das embalagens vazias, um especialista deve ser obrigatoriamente consultado.

Os nematicidas podem ser utilizados no plantio onde são aplicados no sulco; sobre os toletes, imediatamente antes da cobertura dos sulcos; ou nas soqueiras onde são aplicados ao lado da linha de cana ou sobre elas (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Para Dinardo-Miranda (2005): “a aplicação de nematicidas no plantio em áreas infestadas resulta em significativos incrementos de produtividade que podem chegar a 40 ou 50t/ha, em função da variedade cultivada, do nível populacional de nematoides e do tipo de solo”.

Em cana soca, os incrementos de produtividade obtidos em função do tratamento nematicida são menores, mas também economicamente vantajosos em muitas situações.

No entanto, Dinardo-Miranda (2005), ressalta que a decisão sobre o tratamento químico em soqueira deve considerar, além da infestação na área (nível populacional de nematoides), o potencial produtivo da cultura e o tempo de espera para a aplicação dos nematicidas depois da corte do canavial. Áreas nas quais se espera baixa produtividade, em função de falhas na brotação da soca, mato, entre outros, não devem ser tratadas, mesmo se as populações de nematoides forem elevadas, pois os incrementos de produtividade obtidos podem ser inferiores (em função da baixa produtividade) aos custos de aplicação dos nematicidas.

O controle químico dos nematoides na cana-de-açúcar possui vantagens e desvantagens. A primeira vantagem é a praticidade da aplicação do produto, que é feita por meio de equipamentos acoplados ao trator. Esses aplicadores depositam o nematicida no fundo do sulco, no momento do plantio, com controle de gastos. Quanto aos resultados esperados, as pesquisas e o uso comercial têm demonstrado aumentos significativos da brotação, perfilamento, desenvolvimento e produção de colmos na colheita da cana-planta, gerando aumento da produtividade. Este aumento pode ser da ordem de até 50%, comparando plantas tratadas com não tratadas. Entretanto, o uso dos nematicidas em cana-de-açúcar apresenta riscos e limitações epidemiológicas, que podem comprometer o sucesso das aplicações (MOURA, 2016).

A primeira é relacionada com o desaparecimento do efeito residual nematicida, que ocorre, em média, 90 dias contados após a aplicação. Este fato proporciona a volta dos nematoides para um sistema radicular sadio e sem necroses. Também, aos 90 dias, os inimigos naturais ainda não estão presentes de modo efetivo na rizosfera, fato que proporciona alta taxa de reprodução do nematoide-alvo (MOURA, 2016).

O autor aponta um segundo problema que traz implicações diretas quanto ao sucesso do uso do controle químico é a ocorrência de chuvas durante os 40 dias, contados após a aplicação. Ausência de chuvas durante esse período impossibilita ou diminui a taxa de liberação da molécula nematicida para absorção pelas raízes, enquanto chuvas torrenciais provocam lixiviação, com perdas do produto e consequências ambientais negativas.

Em uma série de experimentos, nos quais diversos nematicidas foram utilizados, DINARDO-MIRANDA e colaboradores (2001) concluíram que, embora os nematicidas tenham reduzido as populações de nematoides nas raízes, não contribuíram de modo consistente para aumentos da produtividade agrícola. Nos anos mais recentes, as várias atividades voltadas ao desenvolvimento do controle biológico vêm tomando espaço e incorporando novas estratégias, a exemplo da criação da Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (IEA, 2018). O aumento está relacionado a busca dos agricultores por ferramentas mais sustentáveis e que preservem a qualidade do solo. Além disso, os bioprodutos apresentam a vantagem de serem mais baratos e acessíveis aos agricultores.

Existem vários organismos que são considerados inimigos naturais dos nematoides. Dentre estes, se destacam algumas espécies de fungos e bactérias que também sobrevivem

no solo. Os fungos atuam capturando, parasitando ou paralisando os nematoides em qualquer fase de suas vidas. O resultado é a morte do verme por inanição.

Os bioprodutos mais utilizados no controle são os fungos *Trichoderma* sp. e *Pochonia* sp., e a bactéria *Bacillus subtilis*. A aplicação destes micro-organismos também é realizada via tratamento de sementes ou sulco da semeadura. Por isso, a ciclagem de nutrientes e matéria orgânica do solo através de micro-organismos é fundamental. Os nematicidas químicos podem afetar a microbiota do solo e reduzir a capacidade produtiva do solo. (FRANCHI, 2020).

Já os nematicidas biológicos não afetam a microbiota e sim causam um efeito residual. Ao inserir micro-organismos no solo através de nematicidas biológicos, estes acabam participando de outros processos biológicos importante do solo. (FRANCHI, 2020).

Por serem organismos vivos, se reproduzem no solo aumentando sua população, porém, o produto além de resolver a infestação de nematoides de forma sustentável, também traz benefícios diretos para a qualidade do solo.

Para a operacionalização deste estudo, foram utilizados a pesquisa bibliográfica e a de campo, que se configuram como procedimentos essenciais, pois possibilitam a aproximação teórica com o objeto de estudo. Assim sendo, esta pesquisa de natureza quantitativa e qualitativa, de caráter exploratório foi um experimento conduzido por doze tratamentos e três repetições realizados em uma área composta por cinco ruas com espaçamento de um metro e meio por dez metros de comprimento, com distância de dois metros de cada tratamento.

## 4 | METODOLOGIA

Conforme previamente dito, este estudo teve por objetivo comparar a produtividade da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tipos de nematicida, analisando os perfilho e a produtividade de ton/ha.

O experimento foi realizado na Fazenda Castelo da Santa Maria, no município de Onda Verde, interior do estado de São Paulo.

Para tanto, os materiais utilizados para este estudo foram: balança de precisão, bomba costal pressurizada com CO<sub>2</sub>, enxada, facão, estacas de madeira, linha de pedreiro, trena de cinquenta metros, baldes, seringas, bureta de um litro, trator BH 180, água sanitária, *Quatermom*.

O experimento foi composto por doze tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram realizados em uma área dividida em cinco ruas com espaçamento de um metro e meio por dez metros de comprimento.

Os tratamentos ficaram a uma distância de dois metros entre eles. Cada tratamento foi composto por cinquenta unidades de cana-de-açúcar usadas como mudas, totalizando dez canas por rua.

O método de plantio empregado foi o método tradicional, denominado “pé com ponta” observando os devidos cuidados com a assepsia e higienização. Para o preparo dos colmos de cana-de-açúcar para o plantio, utilizou-se facões esterilizados quimicamente com o emprego de *Quatermom*, evitando, assim, a contaminação das mudas.

Após a distribuição das mudas no sulco, foram aplicados os nematicidas sugeridos, com posterior cobertura de 5 a 7 cm de terra.

Os tratamentos realizados foram são listados a seguir, sendo que o número 8 foi usado como testemunho.

Tratamento 1: Utilização do inseticida químico PONTIAC, cujo princípio ativo o Metilcarbamato de oxima (Thiodicarbe), numa dosagem de 2,5L/ha;

Tratamento 2: Inoculação do nematicida microbiológico QUARTZO, composto pelas bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, com uma aplicação de 200 g/ha;

Tratamento 3: Inoculação do nematicida microbiológico RIZOTEC, composto por esporos do fungo *Pochonia chlamydosporia*, numa dosagem de 1 kg/ha;

Tratamento 4: Conjugação dos produtos QUARTZO + RIZOTEC, conforme descritos anteriormente, numa dosagem de 120 g/ha de QUARTZO e 600 g/ha de RIZOTEC;

Tratamento 5: Combinação de TRICHODERMIL 1306 que apresenta o fungo *Trichoderma hazianum* e AZOKOP composto pela bactéria *Azospirillum brasilense*, utilizando uma dosagem de inóculo de 1,50 L/ha e 0,30 L/ha respectivamente;

Tratamento 6: Combinação de QUARTZO + TRICHODERMIL 1306 + AZOKOP nas respectivas doses de 120 g/ha, 900 mL/ha e 180 mL/ha;

Tratamento 7: Combinação de QUARTZO + TRICHODERMIL 1306 + RIZOTEC nas respectivas doses de 100 g/ha, 750 mL/ha, 50 g/ha;

Tratamento 8: Testemunha

Tratamento 9: Utilização do nematicida microbiológico BIOBACI, constituído por *Bacillus subtilis*, cepa UFV 3918 numa dosagem de 1,50 L/ha;

Tratamento 10: Combinação de BIOBACI + TRICHOTURBO, sendo esse último um produto baseado no fungo *Trichoderma asperellum*, com as doses de 2,0 L/ha e 0,200 L/ha respectivamente;

Tratamento 11: Utilização do fertilizante MASKIO (ROTAM), composto por micronutrientes como o Boro, Zinco e aminoácidos que colabora com o equilíbrio nutricional e fisiológico das plantas e favorecem o desenvolvimento da microbiota do solo.

Tratamento 12: Utilização apenas dos produtos de cobertura como o FIPRONIL na dose de 300 g/ha, PRIORI EXTRA na dose de 250 mL/ha, STOLLER BONO na dose de 0,5 l/ha, NUTRYZINCO na dose de 1.150 L/ha e STIMULAT na dose de 0,5 L/ha.

Ressalta-se que os produtos de cobertura citados acima foram utilizados em todos os tratamentos, com exceção do PRIORI que não foi utilizado nos tratamentos com TRICHODERMIL 1306 + AZOKOP (tratamento 5); QUARTZO + TRICHODERMIL 1306 + AZOKOP (tratamento 6); QUARTZO + TRICHODERMIL 1306 + RIZOTEC (tratamento 7); e

BIOBACI + TRICHOTURBO (tratamento 10).

#### 4.1 Metodologia de Montagem da Parcela

Para a montagem das parcelas, foi feito o reconhecimento e medição da área. Cada parcela tinha 75m<sup>2</sup> com espaçamento de 2 metros entre elas. Além disso, cada parcela tinha 5 ruas de 10 metros com espaçamento de 1 metro entre linhas.

#### 4.2 Metodologia de Plantio

O plantio foi feito manualmente, onde foram plantados 50 pés de cana-de-açúcar por linha, sendo um plantio cruzado. Dividiu-se a quantidade de cana-de-açúcar por linha, plantando pé com ponta. Após a distribuição da cana-de-açúcar nos sulcos, foi feito a picagem com facões desinfectados com amônia quaternária a fim de evitar a contaminação, picando-as com aproximadamente 50 cm de tamanho. Após a picagem, foram feitas as aplicações dos produtos de forma manual em uma bomba costal de 20 litros, pressurizada com CO<sub>2</sub>. Finalizadas as aplicações, fez-se a cobertura de 5 a 7 centímetros de terra.

#### 4.3 Recomendações do Adubo

Utilizou-se uma dosagem de 350 Kg/ha. A formulação foi composta de 11/52/00 Map Aplicou-se 300 kg/ha de cloreto de potássio no quebra-lombo.

### 5 | RESULTADO E DISCUSSÃO

Esse trabalho utilizou nematicidas microbiológicos baseados em fungos ou bactérias para controlar o crescimento dos nematoides. Os tratamentos foram realizados com produtos comerciais conhecidos como: RIZOTEC, TRICHODERMIL 1306, AZOKOP, BIOBACI, MASKIO e TRICHOTURBO. Comparou-se a eficácia dos produtos microbiológicos com um inseticida químico, o PONTIAC. O experimento avaliou também a aplicação dos nematicidas isoladamente ou conjugado com mais de um produto.

A tabela 1 mostra os resultados dos tratamentos realizados nos experimentos conduzidos a campo.

	CROQUI EXPERIMENTAL											
BLOCO A	6	12	5	9	1	7	10	2	4	3	11	8
BLOCO B	5	1	4	10	7	2	12	6	8	3	9	11
BLOCO C	8	7	3	12	2	9	1	11	5	10	4	6

TABELA 1. CROQUI – Disposição dos tratamentos experimentais utilizando um inseticida químico e nematicidas biológicos, realizados na fazenda Castelo, talhão 16. O plantio foi realizado nos dias 21 e 22/05/2019 e a variedade empregada foi a RB 98-5517.



Figura 1. A imagem mostra o campo experimental onde foram realizados os tratamentos do clone de cana-de-açúcar RB-985517 na fazenda Fazenda Castelo da Santa Maria, no município de Onda Verde-SP.



Figura 2. A imagem apresenta o crescimento do clone de cana-de-açúcar RB-985517 com 4 meses de plantio.

Fazenda: Castelo - Resultado Experimental													
	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4	Tratamento 5	Tratamento 6	Tratamento 7	Tratamento 8	Tratamento 9	Tratamento 10	Tratamento 11	Tratamento 12	Média
Tratamentos	Pontiac	Quartzo	Rizotec	Quartzo + Rizotec	Trichodermil + Azokop	Quartzo + Trichodermil + Azokop	Quartzo + Trichodermil + Rizotec	Testemunha	Biobaci	Biobaci + Trichoturbo	Maskio	Sem Nematocida	
Total cana	1454	1450	1445	1391	1479	1453	1481	1503	1466	1457	1465	1376	1451,7
Média	96,93	96,67	96,33	92,73	98,60	96,87	98,73	100,20	97,73	97,13	97,67	91,73	96,78
Cana/metro	9,69	9,67	9,63	9,27	9,86	9,69	9,87	10,02	9,77	9,71	9,77	9,17	9,68
Stand	64.616	64.438	64.216	61.816	65.727	64.571	65.816	66.793	65.149	64.749	65.105	61.149	64.512
Peso total	308,40	292,05	301,85	305,70	311,75	323,40	304,95	297,90	306,45	317,10	303,15	315,05	307,31
Peso 1 cana	1,87	1,77	1,83	1,85	1,89	1,96	1,85	1,81	1,86	1,92	1,84	1,91	1,86
TCH	120.772,7	114.055,3	117.476,0	114.528,3	124.183,7	126.559,8	121.639,3	120.592,3	120.999,5	124.436,0	119.614,9	116.758,4	120.153,7
Ranking	6º	12º	9º	11º	3º	1º	4º	7º	5º	2º	8º	10º	

TABELA 2. Mostra a análise dos tratamentos feitos a partir do plantio descrito na tabela 1. Os valores analisados equivalem ao número total de cana observado no tratamento, a média de canas por rua, o número médio de canas por metro, o stand refere-se ao total de canas por ha, o peso total por parcela, o peso médio de cada unidade de cana de açúcar e a quantidade de Toneladas de Cana por Hectare (TCH). A determinação do ranking foi realizada a partir dos valores obtidos no TCH, sendo que o primeiro classificado no ranking foi onde encontramos a maior unidade de TCH.

Com base nos dados obtidos no tratamento de solo com o uso de nematicidas, observa-se na tabela de análise dos tratamentos os resultados de produtividade, num total de 15 ruas para os 3 experimentos e a testemunha. De acordo com Dinardo-Miranda (1995), a aplicação de nematicidas diminui o número de nematoides, contribuindo assim para um melhor desenvolvimento das plantas, aumentando a sua produtividade na ordem de 15% para variedades suscetíveis. Os melhores resultados apresentados equivalem ao tratamento 6, constituído por uma combinação de QUARTZO + TRICHODERMIL 1306 + AZOKOP nas respectivas doses de 120 g/ha, 900 mL/ha e 180 mL/ha. A tabela 2 mostra a relação entre o número de plantas geradas em cada tratamento. Observou-se que esse valor no testemunho foi de 1503 contra 1453 plantas no tratamento 6. Já na média observou-se nos 3 experimentos realizados a quantidade de plantas de cada rua, obteve resultados parecidos, sendo o testemunho com 100,2 plantas e no tratamento 6 com 96,87 plantas. Em cana/metro foi analisado nos 3 experimentos a quantidade de cana por metro em cada rua, onde o testemunho apresentou 10,7 cana/metro e o tratamento 6 com 9,69 cana/metro. No Stand observamos o total de cana/ha no qual obteve destaque a testemunha 66.793 canas/ha e o tratamento 6 com 64.571 cana/ha. Em peso total, nos 3 experimentos pesou-se 165 plantas retiradas das 3 ruas centrais sendo que, retirou 60 plantas em cada experimento, descartou-se cinco plantas piores e pesou 55 canas em cada experimento totalizando o peso de 165 plantas, e de acordo com a tabela o tratamento 6 apresentou maior peso total. Foi analisado também o peso de uma cana, que foi a média do peso de 55 canas, onde as plantas submetidas ao tratamento 6 com uso dos produtos QUARTZO, TRICHODERMIL E AZOKOP se destacou com 1,96 kg de média. Apesar de observar-se que em todos os tratamentos o testemunho (tratamento 8) destacou-se em total cana, média, cana/metro e stand, os melhores resultado em produtividade definidos pelo total de Tonelada de Cana por Hectare (THC) equivaleram aos tratamentos 6, 10, 5 e 7, sendo usados nematicidas biológicos a base de fungos associados com bactéria. O tratamento 6, primeiro colocado no ranking do TCH é constituído pelas bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* (Quartzo), pelo fungo *Trichoderma hazianum* (Trichodermil) e pela bactéria *Azospirillum brasilense* (Azokop). Quando comparado com a utilização dos nematicidas biológicos separados, como ocorreu no tratamento 2, onde só foi utilizado o Quartzo (12º do ranking), tratamento 3, onde utilizou-se o produto Rizotec (9º do ranking) ou quando foram utilizados 2 produtos como o tratamento 4 onde foram utilizados Quartzo e Rizotec (11º do ranking), a associação dos três produtos utilizados no tratamento no tratamento 6 mostrou-se mais eficaz (1º do ranking). O tratamento 10, segundo classificado no ranking foi constituído por *Bacillus subtilis*, cepa UFV 3918 (Biobaci) e o fungo *Trichoderma asperellum* (Trichoturbo) mostrou-se mais eficaz do que o tratamento 9 que foi composto apenas pelo produto Biobaci. O tratamento 5 que se destacou em 3º lugar no ranking é composto por uma combinação do fungo *Trichoderma hazianum* (Trichodermil) e pela bactéria *Azospirillum brasilense* (Azokop). *Trichoderma* apresenta mecanismo de ação por uma série de propriedades

antagônicas, antibiose, microparasitismo, hidrólise enzimática, acidificação do solo e produção de hormônios de crescimento (MENEZES, 2017). De acordo com Hungria (2013), a inoculação de *Azospirillum brasilense* em plantas, atuando como rizobactéria promotora do crescimento de plantas, tem proporcionado resultados positivos em diversos estudos qualificando esta espécie bacteriana como de grande potencial para uso na agricultura. O tratamento 7, que se refere a composição pelas bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* (Quartzo), o fungo *Trichoderma hazianum* (Trichodermil) e o fungo *Pochonia chlamydosporia* (Rizotec) mostrou-se uma pequena diminuição do TCH quando comparado ao tratamento 6, sendo que a diferença dos mesmos foi a substituição do Rizotec pelo Azokop. O tratamento 1 que utilizou o inseticida químico PONTIAC, cujo princípio ativo é o Metilcarbamato de oxima (Thiodicarbe), apareceu na 6ª posição do ranking. O testemunho obteve a 7ª colocação no ranking.

## 6 | CONCLUSÃO

Nossos experimentos realizados na Fazenda Castelo de Santa Maria no município de Onda Verde-SP, pertencente ao Engenheiro agrônomo Alexandre Pinto César, utilizaram o clone de cana-de-açúcar RB-985517, compararam a utilização de diferentes produtos químicos e biológicos no tratamento de solo para o plantio dessa cultura. Nossos resultados mostraram que a utilização dos produtos isolados não apresentou uma maior produtividade quando comparados com a utilização da associação entre mais de um dos produtos.

Com base nos resultados obtidos, observou-se que a utilização de mais de um dos diferentes nematicidas biológicos mostrou-se mais eficaz no aumento da produtividade (TCH) da cultura de cana. Tratamentos que utilizaram a associação das bactérias *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* com o fungo *Trichoderma hazianum* (tratamento 6) destacaram-se na média de produtividade, com um TCH de 126,55 t/ha. A utilização de produtos baseados na presença da bactéria *Azospirillum brasilense* com o fungo *Trichoderma hazianum* apresentou também um aumento no valor do TCH (124.183 t/ha), porém um pouco menor que o encontrado quando as duas espécies de bacilos estiveram presentes juntamente com as demais (tratamento 5). Também se observou uma ligeira diminuição no TCH (121.639 t/ha) quando substituímos no experimento a bactéria *Azospirillum brasilense* pelo fungo *Pochonia chlamydosporia*. Nossos dados também revelaram uma importante participação da cepa UFV 3918 de *Bacillus subtilis* com o fungo *Trichoderma asperellum* (tratamento 10).

Portanto, conclui-se que a cana-de-açúcar quando cultivada com combinações de produtos que atuam como nematicidas biológicos demonstraram um maior êxito no aumento de sua produtividade, elevando o TCH.

## REFERÊNCIAS

- CAMPOS, A. P.; *et al.* **Manejo Integrado de Pragas**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.59-80.
- CARDOSO, M. O; *et al.* Effects of Soil Mechanical Resistance on Nematode Community Structure Under Conventional Sugarcane and Remaining of Atlantic Forest. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.184, p.3529-3544, 2012.
- DINARDO-MIRANDA, L.L. **Manejo Integrado de Pragas em Cana-de-Açúcar**. 2002. Disponível em: <[http://www.stab.org.br/palestras\\_de\\_pragas\\_2012/01\\_leila\\_pragas.pdf](http://www.stab.org.br/palestras_de_pragas_2012/01_leila_pragas.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; *et al.* Eficiência de Nematicidas em Soqueiras de Cana-de-Açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.16, p.30-33, 2001.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. **Manejo de Nematóides em Cana-de-Açúcar**. Instituto Agrônomo de Campinas, *Jornal Cana*, setembro 2005. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/5Ctecnologiaagricola\\_000fxg3tc4b02wyiv80soht9h8ex6by1.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/5Ctecnologiaagricola_000fxg3tc4b02wyiv80soht9h8ex6by1.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2021.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; PIVETTA, J. P; FRACASSO, J. V. Influência da Época de Aplicação de Nematicidas em Soqueiras Sobre as Populações de Nematóides e a Produtividade da Cana-de-Açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.179-190, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/fj/brag/a/6jXJZ8TfxCLLbvMWXgbHgnG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 mai. 2021.
- FRANCHI, L. Nematicidas Químicos ou Biológicos? Acerte na Escolha. Publicado em 16 de setembro de 2020. **Agroinovadores**. Disponível em: <<https://agro.genica.com.br/2020/09/16/nematicidas/>>. Acesso em: 28 jun. 2021.
- GABIA, A.A. Nematóides na Cultura da Cana-de-Açúcar. Agosto de 2019. Disponível em: <<https://promip.agr.br/nematoides-na-cultura-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- IAIA, A. M.; *et al.* Uso do Penetrômetro Eletrônico na Avaliação da Resistência do Solo Cultivado com Cana-De-Açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.523-530, 2006.
- IEA (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA). Controle Biológico: tecnologias na construção de oportunidades no Brasil. Publicado em 09 de março de 2018. Disponível em: <<http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14437>>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- KIMENJU, J. W.; *et al.* Nematode Community Structure as Influenced by Land Use and Intensity of Cultivation. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11, p.353-360, 2009.
- MIRANDA, L. L. D. *et al.* Danos Causados por Nematóides a Variedades de Cana-De-Açúcar em Cana Planta. **Nematologia Brasileira**, v.27, p.69-73, 2003.
- MONDINO, E. A.; *et al.* Avaliação das Comunidades de Nematóides do Solo em Agroecossistemas Orgânicos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.509-515, 2009.
- MOURA, R. M. Manejo Químico de Fitonematóides em Cana-de-Açúcar. **Rev. Cultivar Grandes Culturas**, n. 202, ano XVII, março 2016.

PATTISON, A. B.; *et al.* Development of Key Soil Health Indicators for the Australian Banana Industry. **Applied Soil Ecology**, v.40, p.155-164, 2008.

SILVA, J. P. N., SILVA, M. R. N. **Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar**. 2012. Disponível em: <[http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico\\_acucar\\_alcool/nocoes\\_cultura\\_cana\\_acucar.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/nocoes_cultura_cana_acucar.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SOUSA, C. C.M; *et al.* Influência da densidade do solo infestado por nematoide no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. Manejo de Solo, Água e Planta. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** 18 (5). Maio 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000500002>>. Acesso em: 28 mai. 2021.

TOWNSEND, C. R. Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia. **Embrapa**. Rondônia, nº 21, nov./00, p. 1-5.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; NOVARETTI, W.R.T.; MORELLI, J.L.; NELLI, E.J. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em relação a *Meloidogyne javanica* em condições de campo. *Nematologia Brasileira*, 19:60-66. 1995.

MENEZES, I. ***Trichoderma harzianum***, [s.d.]. Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF). *Oxya Agro e Biociências*.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A.; ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013

## BIOPROSPECÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE NOVOS MICRO-ORGANISMOS EM CONDIÇÕES ATÍPICAS

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 06/07/2021

### Marcelo Augusto de Souza Costa

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Doutorando em Ciência e Tecnologia  
Ambiental, Faculdade de Ciência e Tecnologia  
Ambiental  
Dourados – MS  
<https://orcid.org/0000-0002-7302-7875>  
<http://lattes.cnpq.br/4776573073140781>

### William Renzo Cortez-Vega

Universidade Federal da Grande Dourados,  
Faculdade de Engenharias  
Dourados – MS  
<https://orcid.org/0000-0001-7772-1998>  
<http://lattes.cnpq.br/0016066069380492>

### Cinthia Aparecida de Andrade Silva

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul -  
Centro de Estudos em Recursos Naturais  
Dourados – MS  
<https://orcid.org/0000-0001-9070-1182>  
<http://lattes.cnpq.br/7026868310316429>

**RESUMO:** O processo de produção do bioetanol brasileiro utiliza como substrato o mosto da cana-de-açúcar tendo a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como responsável pela conversão das moléculas em bioetanol durante a fermentação. A levedura CAT-1 embora seja a espécie mais utilizada no processo de fermentação alcoólica, o micro-organismo apresenta uma série de fatores inibitórios durante a fermentação

alcoólica, principalmente quando submetidas às condições estressantes como altas concentração de substrato e temperaturas. Embora as leveduras comerciais tenham uma boa eficiência fermentativa é fundamental a bioprospecção de novas cepas. Portanto o trabalho objetivou-se isolar microrganismos a partir do mosto de cana-de-açúcar das usinas da Região da Grande Dourados – MS obtidos, em condições de atípicas (temperatura, concentração de açúcar) com diferentes substratos (glicose, xilose e meio elaborado a partir do caldo de cana) e avaliar o potencial de assimilação e fermentação dos isolados em diferentes temperaturas e substratos. Os microrganismos foram isolados a partir do mosto, em diferentes temperaturas (30, 35, 40 e 45°C) com os substratos glicose (YPD-2%, YPD-4% e YPD-8%), xilose (YPX-2%, YPX-4% e YPX-8%) e elaborado um meio de cultura utilizando mosto e ágar (20 g L<sup>-1</sup>), denominado mosto-ágar, nas concentrações 8°Brix, 15°Brix e 25°Brix. Foi avaliado o potencial biotecnológico dos isolados utilizando análise de fermentação e assimilação em tubos de ensaios com tubo de Durhan invertido, nas temperaturas 30, 35, 40 e 45°C por 120 h. Foram isolados um total de 8 microrganismos sendo, 2 isolados no meio Mosto-Ágar 8°Brix (MSL1 e MSL2), 2 do meio YPD-20% (MSL3 e MSL4), 1 do meio YPX-2% (MSL7) e 3 do meio YPD-2% (MSL10, MSL11 e MSL13) a 30°C. Em relação ao teste de assimilação e fermentação destacou-se os isolados MSL1 e MSL2, ambos isolados em meio mosto-ágar, únicos isolados que apresentaram características de assimilação e fermentação em todos os substratos e temperaturas. Portanto podemos

concluir que a temperatura foi um fator inibitório para o isolamento dos micro-organismo. No entanto os isolados MSL1 e MSL2, obtidos em meio mosto-ágar, se destacaram nas análises de fermentação e assimilação apresentando um potencial biotecnológico, principalmente em xilose e altas temperaturas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharomyces cerevisiae*, fermentação, microrganismos isolados.

## BIOPROSPECTING AND EVALUATION THE BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF NEW MICROORGANISMS UNDER ATYPICAL CONDITIONS

**ABSTRACT:** The Brazilian bioethanol production process uses sugarcane must as a substrate, with a *Saccharomyces cerevisiae* yeast responsible for converting molecules into bioethanol during fermentation. CAT-1 yeast, although it is the most used species in the alcoholic fermentation process, the microorganism presents a series of inhibitory factors during alcoholic fermentation, especially when subjected to stressful conditions such as high substrate concentration and temperatures. Although commercial yeasts have good fermentation efficiency, it is essential to bioprospect new strains. The present work aims to isolate microorganisms from the sugarcane must of the industry of the Grande Dourados - MS, under atypical conditions (temperature, sugar concentration) with different substrates (glucose, xylose and medium elaborated from the must) and to evaluate the assimilation and fermentation potential of isolates at different temperatures and substrates. Microorganisms were isolated from the must at different temperatures (30, 35, 40 and 45°C) with the substrate's glucose (YPD-2%, YPD-4% and YPD-8%), xylose (YPX-2%, YPX-4% and YPX-8%) and a culture medium was prepared using must and agar (20 g L<sup>-1</sup>), called mosto-ágar, at concentrations 8°Brix, 15°Brix and 25°Brix. The biotechnological potential of the isolates was evaluated using fermentation and assimilation analysis in test tubes with inverted Durhan tube at temperatures of 30, 35, 40 and 45°C for 120 h. Eight microorganisms were isolated, 2 of which were isolated in 8°Brix Mosto-Agar medium (MSL1 and MSL2), 2 in YPD-20% medium (MSL3 and MSL4), 1 in YPX-2% medium (MSL7) and 3 in YPD medium -2% (MSL10, MSL11 and MSL13) at 30°C. Regarding the assimilation and fermentation test, the isolates MSL1 and MSL2 stood out, both isolated in must-agar medium, the only isolates that showed assimilation and fermentation characteristics in all substrates and temperatures. Therefore, we can conclude that temperature was an inhibitory factor for the isolation of micro-organisms. However, the isolates MSL1 and MSL2, obtained in must-agar medium, stood out in the analysis of fermentation and assimilation, presenting a biotechnological potential, mainly in xylose and high temperatures.

**KEYWORDS:** *Saccharomyces cerevisiae*, fermentation, isolated microorganisms.

## 1 | INTRODUÇÃO

O processo fermentativo no Brasil, as indústrias utilizam como substrato o mosto obtido da cana-de-açúcar, e o micro-organismo responsável pela conversão das moléculas de açúcar em etanol é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, devido ao bom rendimento fermentativo quando utilizado o mosto da cana-de-açúcar como substrato (RADECKA et al., 2015; LOPES et al., 2016). Dentro das linhagens comerciais mais utilizadas de

*S. cerevisiae* pelas indústrias, se destaca a levedura CAT-1 (ROMANI et al., 2015). No entanto, quando as leveduras comerciais são submetidas às condições estressantes como altas concentração de substrato e temperaturas, pode levar uma queda no rendimento fermentativo (MUKHERJEE et al., 2014; LOPES et al., 2016).

Apesar de ser a espécie mais utilizada no processo de fermentação alcoólica, a *S. cerevisiae* apresenta uma série de fatores inibitórios para fermentação alcoólica (RADECKA et al., 2015). A temperatura é um dos principais fatores causadores da queda de eficiência fermentativa, principalmente em países tropicais devido as altas temperaturas, podendo alcançar entre à 40 - 45°C dentro das dornas de fermentações (CHAMNIPA et al., 2018), tornando assim prejudicial às leveduras devido à sensibilidade da *S. cerevisiae* (TANIMURA et al., 2012).

Outra variável estressante para a levedura durante o processo fermentativo é a concentração de substrato no meio (MUTTON et al., 2012). Nas indústrias brasileiras utiliza-se por padrão a concentração dos substratos entre 18 a 22° Brix de açúcar (teor de sólidos solúveis) (BREXÓ et al., 2017). Algumas indústrias realizam o pré-inóculo, conhecido como “pé-de-cuba”, realizando a diluição do mosto em água na concentração aproximadamente à 4° Brix, com o intuito de adaptar as células de leveduras ao mosto e mitigar os efeitos negativos do estresse (COSTA et al., 2017).

Apesar de ser a espécie mais utilizada no processo de fermentação alcoólica (RADECKA et al., 2015), a *S. cerevisiae* não possui capacidade de fermentar alguns açúcares como por exemplo, xilose. A dificuldade das leveduras comerciais de aproveitar a xilose durante a fermentação se torna um fator importante, pois é considerado como desperdício industrial uma vez que esse açúcar não é fermentado (GÍRIO et al., 2010; CLAASSEN et al., 1999). A glicose e a xilose são os principais monossacarídeos presentes nos hidrolisados de lignocelulósicos, representando cerca de 60 a 70% e 30 a 40% de sua composição dos açúcares, respectivamente (KWAK; JIN, 2017).

Apesar das leveduras comerciais apresentarem uma boa eficiência fermentativa é imprescindível a bioprospecção de novas cepas e o estudo das mesmas, buscando não somente aquelas que apresentem destacado potencial fermentativo, mas também outras aplicações biotecnológicas, o que é promissor, dada à grande biodiversidade desses microrganismos nos biomas brasileiros (SILVA; FONSECA, 2016; ANDRADE et al., 2017), além disso, dada a biodiversidade mundial de microrganismos, provavelmente haja muitas espécies desconhecidas capazes de obter um bom rendimento fermentativo em condições estressantes (VALINHAS et al., 2018).

Pelo contexto exposto, o presente trabalho objetivou-se isolar microrganismos a partir do mosto de cana-de-açúcar das usinas da Região da Grande Dourados – MS, em condições de atípicas (temperatura, concentração de açúcar) com diferentes substratos (glicose, xilose e meio elaborado a partir do caldo de cana) e avaliar o potencial de assimilação e fermentação dos isolados em diferentes temperaturas e substratos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o isolamento dos microrganismos foram utilizados os seguintes meios de cultivos: YPD-2% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 20 g L<sup>-1</sup> de glicose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), YPD-5% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 50 g L<sup>-1</sup> de glicose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), YPD-20% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 200 g L<sup>-1</sup> de glicose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), YPX-2% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 20 g L<sup>-1</sup> xilose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), YPX-5% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 50 g L<sup>-1</sup> xilose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), YPX-20% (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 200 g L<sup>-1</sup> xilose, 20 g L<sup>-1</sup> ágar), além de um meio de cultura elaborado do próprio mosto líquido da usina, denominado mosto-ágar, à 8, 15 e 25°Brix. O ajuste do mosto foi realizado com o auxílio de um refratômetro analógico (0 a 90% Brix) RHB0-90, e a diluição do mosto foi realizada em água destilada estéril até atingir a concentração de açúcar desejada. Ainda para a elaboração do meio de cultura mosto-ágar, o mosto foi filtrado em papel filtro qualitativo redondo (gramatura 80g m<sup>2</sup>, porosidade 3 micras, espessura 0,16 mm) para retirada das impurezas, após a filtragem do mosto o pH foi ajustado para 4,5 com NaOH 1M (SOUZA, 2011). Após os ajustes do mosto foi adicionado ágar (20 g L<sup>-1</sup>), todos os meios foram autoclavados 121°C por 15 min.

As cepas dos microrganismos foram isoladas em laboratório a partir do mosto da cana-de-açúcar. As amostras foram obtidas de uma usina de açúcar e álcool localizada na cidade de Dourados-MS. Para o isolamento foi utilizado os meios de cultura descritos anteriormente. Para o isolamento foi diluído 1 mL do mosto em 9 mL de solução salina (0,85% de NaCl) estéril. Em seguida foram realizadas diluições seriadas e transferida 0,1 mL das diluições para as placas de Petri e incubadas à 30, 35, 40 e 45°C por 5 dias nos diferentes meios de cultura, em seguida foram selecionadas as cepas (adaptado de Martini et al., 2016) e realizado a análise morfológica das colônias avaliando a coloração e a textura da cepa. Para as análises morfológicas de coloração e textura, as cepas foram repicadas em placas de Petri nos respectivos meios de isolamento (item 2.1) a 30°C e realizado a avaliação visual segundo a metodologia adaptada de Madigan et al. (2010).

Os isolados foram cultivados em placas de Petri e em tubos de ensaios contendo o meio de cultura respectivo ao isolamento. As placas e os tubos foram incubados na temperatura de desenvolvimento do microrganismo até o crescimento das cepas, após o desenvolvimento foi adicionado óleo mineral aos tubos de ensaio até a imersão total do meio de cultura e armazenadas em estufa incubadora a 4°C.

As análises de assimilação e fermentação foram realizadas em diferentes tipos açúcares como fonte única de carbono. Os açúcares avaliados foram glicose, frutose, sacarose e xilose. Para isto foi inoculado o volume de uma alça de platina do isolado em tubo de ensaio contendo 10 mL de caldo YPD (10 g L<sup>-1</sup> de extrato de levedura, 20 g L<sup>-1</sup> de peptona, 20 g L<sup>-1</sup> de glicose) e incubado por 48 h. Em seguida foi retirado 1 mL do

inóculo e vertido em tubo de ensaio contendo 9 mL da seguinte solução basal, pH 5,4: 0,5% de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0,1% de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 0,05% de  $\text{MgSO}_4$ , 2% do açúcar testado (glicose, frutose, sacarose ou xilose) (CAMARGO et al., 2018). Em cada tubo de ensaio foi imerso um tubo de Durham invertido. Todos os meios foram previamente esterilizados à 121°C, 20 min. As análises foram realizadas em triplicatas para cada substrato nas temperaturas de 30, 35, 40 e 45°C. Para o padrão negativo utilizou um tubo de ensaio com solução basal sem adição de substrato, no qual foi adicionado o inóculo. As leituras foram realizadas em 24, 48, 72, 96 e 120 h. Foi considerado positivo para fermentação os tubos nos quais ocorreram formação de gás no meio, identificado pela formação de uma bolha no interior do tubo de Durham, e positivo para assimilação a formação de biomassa sedimentada no fundo do tubo de ensaio em cada substrato testado.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao isolamento dos micro-organismos em diferentes temperaturas, somente houve crescimento de micro-organismos na temperatura a 30°C, sendo assim a alta temperatura um indicativo de inibição para os micro-organismos. Foram utilizados a sigla MSL"X" para efeito de nomenclatura, aonde o "X" foi substituído por um caractere numérico na sequência de isolamento.

A Tabela 1 apresenta os micro-organismos isolados em mosto de cana-de-açúcar em diferentes meios de cultura à 30°C e suas respectivas características morfológicas. Nota-se que dentre os meios utilizados para o isolamento, apenas os meios YPD 2%, YPD 20%, YPX 2% e o meio Mosto 8°Brix à 30°C apresentaram crescimento. Foram isoladas duas colônias do meio Mosto 8°Brix, denominadas MSL1 e MSL2, duas colônias no meio YPD 20%, MSL3 e MSL4, uma colônia no meio YPX 2%, MSL7 e três colônias no meio YPD 2%, denominadas MSL10, MSL11 e MSL14.

Isolado	Meio de Cultura	Cor	Textura
MSL1	Mosto 8° Brix	Branca	Lisa
MSL2	Mosto 8° Brix	Branca	Lisa
MSL3	YPD 20%	Branca	Lisa
MSL4	YPD 20%	Rosa	Rugosa
MSL7	YPX 2%	Marrom	Lisa
MSL10	YPD 2%	Branca	Lisa
MSL11	YPD 2%	Rosa	Rugosa
MSL13	YPD 2%	Branca	Rugosa

Tabela 1 – Micro-organismos isolados em mosto de cana-de-açúcar em diferentes meios de cultura à 30°C e suas respectivas características morfológicas.

Fonte: autor.

Ainda na Tabela 1 observou-se pela análise morfológica que dos 8 isolados, 4 apresentaram coloração branca, sendo eles MSL1, MSL2, MSL3 e MSL10, 3 apresentaram coloração rosa, MSL4, MSL11 e MSL13 e o isolado MSL7 apresentou coloração marrom. O isolado MSL7 que apresentou coloração marrom foi o único isolado oriundo do meio YPX 2%. Em relação à análise morfológica de textura, observou-se que os isolados MSL1, MSL2, MSL3, MSL7 e MSL10 apresentaram textura lisa e os isolados MSL4, MSL11 e MSL13 apresentaram textura rugosa.

De acordo com a análise de assimilação, o isolado MSL1 apresentou formação de biomassa em 24 h para todas as temperaturas e em todos os substratos estudados. Porém a fermentação à 35, 40 e 45°C ocorreu em 72 h para todos os substratos, a fermentação a 30°C utilizando xilose ocorreu em 72 h e para os substratos glicose, frutose e sacarose em 120 h (Tabela 2).

O isolado MSL2 à 30, 35, 40 e 45°C assimilou para todos os substratos analisados, em 24 h. Para análise de fermentação à 35, 40 e 45°C o isolado MSL2 fermentou em 72 h em todos os substratos, no entanto à 30°C a fermentação apenas ocorreu em 72 h em xilose, enquanto que para os demais substratos ocorreu em 120 h.

Segundo Ferreira et al. (2011) as pesquisas voltadas para bioprospecção de leveduras fermentadores de pentoses tem se intensificado a cada ano, uma das principais técnicas utilizadas é o isolamento de microrganismos em seus habitats naturais ou de origem industrial assim como ocorreu com os isolados MSL1 e MSL2.

Estes isolados são muito utilizados em pesquisas voltados para a produção do etanol de segunda geração, uma vez que a xilose é um açúcar encontrado em grande quantidade nas hemiceluloses (RAELE et al. 2014).

Varize et al. (2018) isolaram um total de 83 leveduras de amostras de madeiras apodrecidas coletadas de uma árvore brasileira conhecida como Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), dos 83 isolados duas cepas apresentaram produção de etanol utilizando cultivos com xilose como fonte de carbono. Como ocorreu com os isolados MSL1 e MSL2, pois ambos apresentaram formação de bolhas características de fermentação.

Em relação ao isolado MSL3, em glicose, frutose e sacarose a assimilação ocorreu em 24 h em todas as temperaturas analisadas, enquanto que em xilose à 30 e 35°C a assimilação ocorreu em 72 h e a 40 e 45°C em 24 h. A fermentação à 30 e 35°C para os substratos glicose, frutose e sacarose ocorreu em 24 h enquanto que à 40 e 45°C com 48 h, sugerindo assim que o aumento da temperatura foi um dos fatores importantes para a fermentação. O isolado MSL3 não apresentou capacidade fermentativa durante as 120 h para o substrato xilose em nenhuma das temperaturas analisadas.

A temperatura é um dos parâmetros importantes para uma boa eficiência fermentativa devido à sua influência na conversão dos açúcares em bioetanol. Como a fermentação alcoólica é uma reação exotérmica é fundamental que haja um controle da temperatura, entre 32 a 35°C, nas fermentações quando utilizado *S. cerevisiae*, devido à

sua sensibilidade a altas temperaturas (BASSO, 2008).

Com o isolado MSL3 a fermentação à 30 e 35°C, faixa de temperatura utilizada pelas indústrias sucroenergéticas, houve uma fermentação mais rápida (24 h). No entanto, em algumas usinas, dependendo de sua região e da eficiência do controle da temperatura, sabe-se que as dornas de fermentação podem ultrapassar 40°C (RIVIERA et al., 2013). Segundo os dados do isolado MSL3, o mesmo apresentou capacidade fermentativa à 40° e 45°C, não apresentando sensibilidade à alteração da temperatura, tornando uma opção viável para estudos em fermentações acima de faixa comum de temperatura.

Ainda de acordo com a Tabela 2, o isolado MSL4 apresentou assimilação em 24 h em glicose, frutose e sacarose em todas as temperaturas analisadas, e em xilose à 30 e 35°C a assimilação ocorreu em 24 h, à 40 e 45°C o isolado não apresentou capacidade de assimilação de xilose. O isolado apresentou fermentação em glicose, frutose e sacarose em 48 h à 30 e 35°C, e com 24 h à 40 e 45°C. Embora o isolado tenha assimilado em xilose à 30°C e 35°C, não houve fermentação durante às 120 h nas temperaturas avaliadas. Ressalta-se que o isolado MSL4 apresentou fermentação mais rápida nas temperaturas 40° e 45°C.

Embora haja microrganismos termotolerantes (capazes de se adaptar em altas temperaturas e apresentar uma boa eficiência fermentativa) ainda há uma grande limitação no isolamento e utilização comercial dos mesmos (UENO et al., 2003). Segundo a literatura há linhagens na qual são descritas pela capacidade de se reproduzir e desenvolver a 52°C e realizar fermentação até 50°C. Estas linhagens são muito utilizadas em regiões quentes como por exemplo destilarias da Índia (BANAT et al., 1992).

Em relação ao isolado MSL7, sugere-se que há uma influência da temperatura, pois à 40 e 45°C o isolado não assimilou nenhum dos substratos enquanto que à 30°C e 35°C apresentou assimilação de todos os substratos com 24 h. À 40 e 45°C, não houve fermentação de nenhum substrato, enquanto que à 30 e 35°C fermentou em 48 h em glicose, frutose e sacarose. O isolado não apresentou fermentação em xilose durante as 120 h. Embora o MSL7 também seja influenciado pela temperatura, houve inibição completa tanto de assimilação quanto fermentação em todos os substratos à 40 e 45°C.

O isolado MSL10 apresentou uma variação maior em relação à temperatura e dos substratos, a assimilação em glicose, frutose, sacarose à 30°C ocorreu em 72 h, enquanto à 35°C foi em 96 h. A assimilação à 40°C em glicose e sacarose ocorreu em 72 h e para frutose em 48 h, enquanto à 45°C em frutose e sacarose a assimilação ocorreu em 24 h e glicose em 72 h. O isolado não apresentou capacidade de assimilação em xilose nas temperaturas analisadas durante as 120 h. O isolado não apresentou capacidade de fermentação para nenhum dos substratos utilizados nas temperaturas 30 e 35°C. Em glicose à 40 e 45°C e frutose à 40°C houve fermentação em 24 h e com frutose à 45°C foi em 48 h. Já com sacarose a fermentação ocorreu em 48 h à 40 e 45°C. Assim como aconteceu na assimilação, o isolado não apresentou capacidade fermentativa para xilose

durante as 120 h.

O isolado MSL11 à 30 e 35°C assimilou glicose em 48 h, frutose em 96 h e sacarose em 72 h. Nas temperaturas 40 e 45°C o isolado somente realizou assimilação da glicose e sacarose em 72 h, não houve assimilação da xilose em nenhuma das temperaturas durante as 120 h. Em relação a fermentação, o isolado apresentou capacidade fermentativa em glicose em 24 h e sacarose em 72 h à 30 e 35°C, enquanto que à 40 e 45°C não houve fermentação em nenhum dos substratos durante as 120 h.

O isolado MSL13 à 30 e 35°C assimilou glicose e frutose em 72 h. À 40 e 45°C somente com frutose houve assimilação em 24 h, com glicose assimilou em 72 h e com sacarose em 48 h. Em relação a fermentação em glicose e frutose, o isolado apresentou capacidade fermentativa em 24 h em todas as temperaturas, quando utilizado a sacarose a fermentação ocorreu em 72 h à 30 e 35°C e em 96 h à 40 e 45°C. O isolado MSL13 não apresentou capacidade de assimilação e fermentação em xilose em nenhuma das temperaturas estudadas.

Isolado	T (°C)	S	Tempo (H)									
			24 h		48 h		72 h		96 h		120 h	
			A	F	A	F	A	F	A	F	A	F
MSL1	30°	GLC	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		FRU	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
MSL1	35°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
MSL1	40°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
MSL1	45°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
MSL2	30°	GLC	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		FRU	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+

MSL2	35°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
MSL2	40°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
MSL2	45°	GLC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
MSL3	30°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL3	35°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL3	40°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL3	45°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL4	30°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL4	35°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL4	40°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MSL4	45°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL7	30°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL7	35°	GLC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
MSL7	40°	GLC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		FRU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		SAC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL7	45°	GLC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		FRU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		SAC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL10	30°	GLC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		FRU	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		SAC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL10	35°	GLC	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
		FRU	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
		SAC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL10	40°	GLC	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL10	45°	GLC	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL11	30°	GLC	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
		SAC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MSL11	35°	GLC	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
		SAC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL11	40°	GLC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		FRU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		SAC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL11	45°	GLC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	
		FRU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		SAC	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL13	30°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL13	35°	GLC	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL13	40°	GLC	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSL13	45°	GLC	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
		FRU	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		SAC	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
		XYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**A** – Assimilação; **F** – Fermentação; **S** – Substrato utilizado; (+) Capacidade para assimilação/fermentação – (-) Não possui capacidade de assimilação/Fermentação. **GLC** – Glicose; **FRU** – frutose; **SAC** – sacarose; **XYL** – xilose.

Tabela 2 – Capacidade de assimilação (A) e fermentação (F) dos isolados em diferentes temperaturas (30°C, 35°C, 40°C e 45°C) durante 120 horas.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De todas as temperaturas propostas para isolamento somente houve crescimento de micro-organismos à 30°C. Foram isolados um total de 8 microrganismos sendo 2 isolados no meio Mosto-Ágar 8°Brix (MSL1 e MSL2), 2 do meio YPD-20% (MSL3 e MSL4), 1 do meio YPX-2% (MSL7) e 3 do meio YPD-2% (MSL10, MSL11 e MSL13). Dos 8 isolados os isolados MSL1 e MSL2 isolados a partir do Mosto-Ágar foram os únicos isolados que apresentaram

assimilação e fermentação em todos os substratos e embora tenha sido isolado à 30°C, os micro-organismos apresentaram capacidade de assimilação e fermentação em altas temperaturas e em xilose, apresentando um potencial biotecnológico.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. P.; MELO, C. N.; GENISHEVA, Z.; SCHWAN, R. F.; DUARTE, W. F. Yeasts from Canastra cheese production process: isolation and evaluation of their potential for cheese whey fermentation. **Food Research International.**, 91, 72–79, 2017.

BANAT, I. M.; NIGAM, P.; MARCHANT, R. Isolation of thermotolerant fermentative yeasts capable of growth at 52°C and ethanol production at 45°C & 50°C. **World Journal of Microbiology and Biotechnology.**, v. 8, n. 3, p. 259-263, 1992.

BASSO, L.C.; AMORIM, H.V.; OLIVEIRA, A. J.; LOPES, M. L. Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil. **FEMS Yeast Research.**, v. 8, p. 1155–1163, 2008.

BREXÓ, R. P.; SANT'ANA, A. S. Impact and significance of microbial contamination during fermentation for bioethanol production. **Renewable and Sustainable Energy Review.**, v. 73, p. 423 – 434, 2017.

CAMARGO, J. Z.; NASCIMENTO, V. M.; STEFANELLO, I.; SILVA, C. A. de A.; GONÇALVES, F. A.; PERDOMO, I. C.; VILELA, D. M.; SIMIONATTO, S.; PEREIRA, R. M.; PAZ, M. F. da; LEITE, R. S. R.; GELINSKI, J. M. L. N.; FONSECA, G. G. Biochemical evaluation, molecular characterization and identification of novel yeast strains isolated from Brazilian savannah fruits, chicken litter and a sugar and alcohol mil with biotechnological potential for biofuel and food industries. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.**, v. 16, p. 390-399, 2018.

CHAMNIPA, N.; THANONKEO, S. KLANRIT, P.; THANONKEO, P. The potential of the newly isolated thermotolerant yeast *Pichia kudriavzevii* RZ8-1 for high-temperature ethanol production. **Biotechnology and Industrial Microbiology.**, v. 49, p. 378-391, 2018.

CLAASSEN, P. A. M.; VAN LIER, J. B.; LOPEZ-CONTRERAS, A. M.; VAN NIEL, E. W. J.; SIJTSMA, L.; STAMS, A. J. M.; DE VRIES, S. S.; WEUSTHUIS, R. A. Utilization of biomass for the supply of energy carriers. **Applied Microbiology and Biotechnology.**, v.52, p.741-755, 1999.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **Cana-de-açúcar – Quarto levantamento ABRIL 2020.** ISSN 2318-7921 Acomp. safra bras. cana, v. 6 - Safra 2019/20, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-58 abril de 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – **Cana-de-açúcar – Terceiro levantamento dezembro 2019.** ISSN 2318-7921 Acomp. safra bras. cana, v. 6 - Safra 2019/20, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília, p. 1-58, dezembro de 2019.

COSTA, M. A. de S.; CERRI, B. C.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Ethanol addition enhances acid treatment to eliminate *Lactobacillus fermentum* from the fermentation process for fuel ethanol production. **Letters in Applied Microbiology.**, v. 65, p. 1-1, 2017.

FERREIRA, A. D.; MUSSATTO, S. I.; CADETE, R. M.; ROSA, C. A.; SILVA, S. S. Ethanol production by a new pentose-fermenting yeast strain, *Scheffersomyces stipites* UFMG-IMH 43.2, isolated from the Brazilian forest. **Yeast.**, v. 7, p. 547-554, 2011.

GIRIO, F.M.; FONSECA, C.; CARVALHEIRO, F.; DUARTE, L.C.; MARQUES, S.; BOGEL-LUKASIK, R. Hemicelluloses for fuel ethanol: A review. **Bioresource Technology**., v. 101, n. 13, p. 4775-4800, 2010.

GOMES, F. C. O.; SILVA, C. L. C.; MARINI, M. M.; OLIVEIRA, E. S.; ROSA, C. A. Use of selected indigenous *Saccharomyces cerevisiae* strains for the production of the traditional cachaça in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**., v. 103, p. 2438–2447, 2007.

KUHAD, R. C.; GUPTA, R.; KHASA, Y. P.; SINGH, A.; ZHANG, Y. H. P. Bioethanol production from pentose sugars: Current status and future prospects. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**., v. 15, p.4950–4962, 2011.

KWAK, S.; JIN, Y. S. Production of fuels and chemicals from xylose by engineered *Saccharomyces cerevisiae*: a review and perspective. **Microbial Cell Factories**., v. 16, p. 1-15, 2017.

LOPES, M. L.; PAULILLO, S. C. L.; GODOY, A.; CHERUBIN, R. A.; LORENZI, M. S.; GIOMETTI, F. H. C.; BERNARDINO, C. D.; NETO, H. B. A.; AMORIM, H. V. Ethanol production in Brazil: a bridge between Science and industry. **Brazilian Journal of Microbiology**., v. 47, n. 1, p. 64-76, 2016.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; DUNLAP, P. V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**., Editora: Artmed S.A. 12ª Edição. São Paulo. 2010.

MARTINI, C.; TAU-K-TORNISIELO M.; CODATO, C. B.; BASTOS, R. G.; CECCATO-ANTONINI, S. R. A strain of *Meyerozyma guilliermondii* isolated from sugarcane juice is able to grow and fermentation pentoses in synthetic and bagasse hydrolysate media. **World Journal Microbiology Biotechnology**., v. 32, n. 80, p. 1 – 9. 2016.

MUKHERJEE, V.; STEENSELS, J.; LIEVENSILS, B.; VOORDE, I.V.; VERPLAETSE, A.; AERTS, G.; WILLEMS, K.A.; THEVELEIN, J.M.; VERSTREPEN, K.J.; RUYTERS, S. Phenotypic evaluation of natural and industrial *Saccharomyces* yeasts for different traits desirable in industrial bioethanol production. **Applied Microbiology and Biotechnology**., v. 98, p. 9483–9498, 2014.

MUTTON, M.J.R.; MISSIMA, J.O.D.; SILVANO, N.; SANTO, R.F.P.; COSTA, G.H.G. Qualidade tecnológica do melaço de cana-de-açúcar bisada. **Ciência & Tecnologia**., v.4, 2012.

NASCIMENTO, V. M.; FONSECA, G. G. Effects of the carbon source and the interaction between carbon sources on the physiology of the industrial *Saccharomyces cerevisiae* CAT-1. **Preparative Biochemistry & Biotechnology**., v. 50, n. 4, p. 349-356, 2019.

RADECKA, D.; MUKHERJEE, V.; MATEO, R.Q.; STOJILJKOVIC, M.; FOULQUIÉ-MORENO, M.R.; THEVELEIN, J.M. Looking beyond *Saccharomyces*: the potential of non-conventional yeast species for desirable traits in bioethanol fermentation. v. 15, n. 6, p. 1 – 13, **FEMS Yeast Research**., 2015.

RAELE, R. et al. Scenarios for the second-generation ethanol in Brazil. **Technological Forecasting & Social Change**., v. 87, p. 205-223, 2014.

RIBEIRO, C. A. F.; HORII, J. Potencialidades de linhagens de levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a fermentação do caldo de cana. **Scientia Agricola**., v. 56, p. 255-263, 1999.

RIVERA, E. C.; YAMAKAWA, C. K.; GARCIA, M. H.; GERALDO, C.; ROSSELL, C. E. V.; FILHO, R. M.; BONOMIA, A. procedure for estimation of fermentation kinetic parameters in fed-batch bioethanol production process with cell recycle, **Chemical Engineering Transactions**., v. 32, p. 1369-1374, 2013.

ROMANI, A.; PEREIRA, F.; JOHANSSON, B.; DOMINGUES, L. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* ethanol strains PE-2 and CAT-1 for efficient lignocellulosic fermentation. **Bioresource Technology.**, v 179, p. 150–158, 2015.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. **Proceedings.** St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, C. A. A.; FONSECA, G. G. Brazilian savannah fruits: Characteristics, properties, and potential applications. **Food Science. Biotechnology.**, v. 25, p. 1225-1232, 2016.

SILVA, C. A. de A.; OKA, M. L.; FONSECA, G. G. Physiology of yeast strains isolated from Brazilian biomes in a minimal medium using fructose as the sole carbon source reveals potential biotechnological applications. **3 Biotech.**, v. 9, n. 191, p. 1-10, 2019.

SILVA, R. O.; BATISTOTE, M.; CEREDA, M. P. Wild strains of fermenting yeast isolated of sugar cane juice from an alcohol distillery from Mato Grosso, Brazil. **Journal of Biotechnology and Biodiversity.**, v. 2, p. 22–27, 2011.

SOUZA, J. L. U. de; MONTEIRO, R. A. B. Fatores interferentes na fermentação alcoólica para a produção de etanol. **Cadernos de pós-graduação da fazu.**, v. 2, p. 1 – 8, 2011.

TANIMURA, A.; NAKAMURA, T.; WATANABE, I.; OGAWA, J.; SHIMA, J. Isolation of a novel strain of *Candida shehatae* for ethanol production at elevated temperature. **Springer Plus.**, v. 1, n. 27, p. 1-7, 2012.

UENO, R.; HAMADA-SATO, N.; URANO, N. Fermentation of molasses by several yeasts from hot spring drain and phylogeny of the unique isolate producing ethanol at 55°C. **Journal of the Tokyo University of Fisheries.**, v.90, p. 23-30, 2003.

VALINHAS, R. V.; PANTOJA, L. A.; MAIA, A. C. F.; MIGUEL, M. G. C. P.; VANZELA, NA. P. F. C.; NELSON, D. L.; SANTOS, A. S. Xylose fermentation to ethanol by new *Galactomyces geotrichum* and *Candida akabanensis* strains. **PeerJ.**, v. 6, p. 1-16, 2018.

VARIZE, C.; CADETE, R. M.; LOPES, L. D.; CHRISTOFOLETI-FURLAN, R. M.; LACHANCE, MARC-ANDRÉ; ROSA, C. A.; BASSO, L. C. *Spathaspora piracicabensis* f. a., sp. nov., a d-xylose-fermenting yeast species isolated from rotting wood in Brazil. **Antonie Van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology.**, v. 111, p. 525-531, 2018.

VERDUYN, C.; POSTMA, E.; SCHEFFERS, W. A.; VAN DIJKEN, J. P. Effect of benzoic acid on metabolic fluxes in yeasts: a continuous-culture study on the regulation of respiration an alcoholic fermentation. **Yeast.**, v. 8, p. 501–517, 1992.

# CAPÍTULO 4

## DETERMINAÇÃO DE FENOIS TOTAIS E AÇÃO ANTIOXIDANTE NA FARINHA DA CASCA DA PITAYA (*Hylocereus costaricensis*)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 03/06/2021

**Carolina Ayumi Tominaga Espinoza**

Fundação Educacional do Município de Assis  
FEMA  
Assis – SP  
<http://lattes.cnpq.br/7300741635024417>

**Elaine Amorim Soares**

Fundação Educacional do Município de Assis  
FEMA  
Assis – SP  
<http://lattes.cnpq.br/5029434075956205>

**RESUMO:** A pitaya (*Hylocereus costaricensis*) é uma fruta exótica. A casca da fruta, que é rica em compostos fenólicos, é descartada pela indústria alimentícia. Vários estudos comprovam o benefício dos compostos fenólicos na saúde e nutrição humana, devido principalmente, as suas características antioxidantes, capazes de neutralizar radicais livre auxiliando na prevenção de doenças causadas pela oxidação. O objetivo deste trabalho foi obter a farinha de casca da pitaya, monitorando a quantidade de compostos fenólicos e a ação antioxidante durante armazenamento. Para a farinha da casca da pitaya foram retiradas as polpas e as cascas foram cortadas em pedaços, espalhadas em bandejas metálicas e colocadas em estufa de secagem com circulação de ar na temperatura de 60°C/36 horas, as cascas foram trituradas e o pó resultante foi uniformizado em peneira 18

(ABNT) de 1,00 mesh. Os extratos metanólicos foram obtidos pesando-se 3g de farinha em 10 mL de solvente. A extração foi feita na ausência de luz à temperatura ambiente por 2 horas. Os extratos foram filtrados em papel de filtro diretamente para balões volumétricos de 25 mL e o volume completado com água destilada. O extrato foi dividido para realizar a quantificação de compostos fenólicos utilizando-se o método de Follin-Ciocalteu e a determinação da ação antioxidante realizada pelo método de sequestro de radicais livres (DPPH+). As análises foram realizadas em triplicata no primeiro, terceiro e nono mês da obtenção da farinha. O teor de compostos fenólicos totais nos extratos foi expresso em EAG (mg/100g) através da curva de calibração de ácido gálico. O valor médio de compostos fenólicos da farinha no primeiro mês foi de  $187,95 \pm 27,81$  o terceiro mês  $189,17 \pm 24,23$  e no nono mês  $232,67 \pm 36,11$  EAG (mg/100g). Os resultados mostram que o armazenamento da farinha não diminui a quantidade de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostos Fenólicos, Atividade Antioxidante e Farinha da Casca da Pitaya.

### DETERMINATION OF TOTAL PHENOLS AND ANTIOXIDANT ACTION IN PITAYA PEEL FLOUR (*Hylocereus costaricensis*)

**ABSTRACT:** The pitaya (*Hylocereus costaricensis*) is an exotic fruit. The fruit peel, which is rich in phenolic compounds, is discarded by the food industry. Several studies prove the benefit of phenolic compounds in human health and nutrition, mainly due to their antioxidant

characteristics, capable of neutralizing free radicals, helping to prevent diseases caused by oxidation. The objective of this work was to obtain pitaya bark flour, monitoring the amount of phenolic compounds and antioxidant action during storage. For the pitaya bark flour, the pulps were removed and the skins were cut into pieces, spread on metal trays and placed in a drying oven with air circulation at a temperature of 60°C/36 hours, the skins were crushed and powdered. The resultant was standardized on an 18 sieve (ABNT) of 1.00 mesh. Methanolic extracts were obtained by weighing 3g of flour in 10 mL of solvent. Extraction was carried out in the absence of light at room temperature for 2 hours. The extracts were filtered on filter paper directly into 25 mL volumetric flasks and made up to volume with distilled water. The extract was divided to perform the quantification of phenolic compounds using the Follin-Ciocalteu method and the determination of the antioxidant action performed by the free radical scavenging method (DPPH+). The analyzes were carried out in triplicate in the first, third and ninth month after obtaining the flour. The content of total phenolic compounds in the extracts was expressed in EAG (mg/100g) through the gallic acid calibration curve. The mean value of phenolic compounds in the flour in the first month was  $187.95 \pm 27.81$ , the third month  $189.17 \pm 24.23$  and in the ninth month  $232.67 \pm 36.11$  EAG (mg/100g). The results show that the storage of flour does not reduce the amount of phenolic compounds and antioxidant capacity. **KEYWORDS:** Phenolic Compounds, Antioxidant Characteristics and Pitaya Husk Flour.

## 1 | INTRODUÇÃO

Pitaya (*Hylocereus costaricensis*) ou “Dragon Fruit” (fruta do dragão) como é conhecida, vem da família Cactácea, sendo cultivada há milhares de anos pelos povos indígenas, originária da América Central e bastante cultivada no México. Contém aproximadamente 84 gêneros e 1.400 espécies, nativas das Américas e por conta da variedade de espécies pode conter diferentes formatos, presença de espinhos, variação de cor da casca e da polpa, um grande indicativo de variabilidade genética. A fruta é constituída por polpa, sementes e a casca que é o resíduo do processamento do fruto (RECH E BACKES E, GENENA AK, 2018).

Segundo Alves, Monteiro e Pompeu (2018) a pitaya na indústria alimentícia é bastante utilizada na elaboração de produtos como bebidas, sorvete, geleia e doces. Durante a fabricação desses produtos a casca é considerada um resíduo sendo assim descartada, porém é nelas onde se encontra os polissacarídeos presente na parede celular que contêm quantidades expressivas de metil-esterificado que são altamente solúveis em água e além disso contêm substâncias pécticas, também relataram-se concentrações altas de betalainas e que são existente tanto na casca quanto no mesocarpo da pitaya, mostrando o potencial da fruta como corante natural alimentos, e traz uma atratividade por ser abundante em compostos fenólicos o que evidencia a sua alta atividade antioxidante.

A casca é obtida após a extração da polpa, sendo caracterizada como uma fonte boa de fibras solúveis e insolúveis, contendo também consideráveis quantidades de pectina. A polpa e a casca apresentam altas quantidades de polifenóis, antioxidantes e fibra dietética

(UTPOTT, 2018).

Na atualidade nota-se que grande parte das indústrias optam por desenvolver novos produtos que tenham qualidade e que não sejam perdidas durante o processo de fabricação, satisfazendo a tendência do mercado que vem dando destaque para alimentos nutritivos, menos calóricos e de sabor agradável, para que se consiga uma melhor economia na fabricação e que tenha um aproveitamento quase total da matéria-prima. Graças ao desenvolvimento de novas tecnologias isso tem sido mais acessível e as indústrias buscam maneiras para se reutilizar até mesmo o que antes era considerado resíduos gerados durante a fabricação de produtos, resultando em várias descobertas como ingredientes de alto valor agregado que podem vir a serem utilizados em diversos tipos de indústrias principalmente na indústria de alimentos. Normalmente esses produtos são provenientes de frutos e vegetais, devido à grande quantidade de fibras dietéticas e substâncias antioxidantes. A forma mais usual é a farinha, pois, a indústria alimentícia introduz esses subprodutos como ingredientes para a fabricação de suas mercadorias. (UTPOTT, 2018).

Os compostos fenólicos agem como agentes antioxidantes geralmente, provenientes dos mecanismos de defesa contra o meio ambiente das plantas, além de serem doadores de hidrogênio e elétrons eles também possuem radicais intermediários estáveis. Os compostos são divididos: em flavonoides (polifenóis) e não flavonoides (fenóis simples ou ácido), os flavonoides são amplamente encontrados em frutas e vegetais (SILVA et al.,2010).

O objetivo desse trabalho é obter farinha de casca da pitaya (*Hylocereus costaricensis*), monitorando a quantidade de compostos fenólicos e a ação antioxidante durante armazenamento.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Coleta de amostra

As pitayas foram compradas em um mercado de Assis-SP. As polpas das pitayas foram retiradas, sendo os resíduos (cascas) cortados para serem utilizados na produção da farinha. As análises e as extrações serão realizadas no Centro de Pesquisa em Ciências (CEPECI) na Fundação Educacional do Município de Assis, em Assis-SP.

### 2.2 Preparo da farinha da casca da pitaya

As cascas de pitaya, foram cortadas em pedaços pequenos (aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>), espalhadas em bandejas metálicas (Figura 1) e colocadas em estufa de secagem com circulação de ar sob temperatura de 60°C, durante 36 horas. Após a secagem, analisou-se o rendimento do produto através da quantidade de fruta para a quantidade de farinha obtida (Figura 2).



Figura 1 - Pedacos das cascas da pitaya cortadas espalhadas em bandejas metálicas.



Figura 2 - Farinha da casca da pitaya.

## 2.3 Preparo das Soluções para a curva de Calibração de Ácido Gálico

### 2.3.1 Solução mãe de Ácido Gálico

Para obtenção da solução mãe, pesou-se em um béquer 0,4 g de ácido gálico monohidratado 99%. Com auxílio de um bastão de vidro homogeneizou-se com água destilada e transferiu-se para um balão volumétrico de 200 mL, completou-se o volume com água destilada.

### 2.3.2 Solução de Carbonato de Sódio 4%

Pesou-se 4 g do reagente carbonato de sódio em um béquer e com auxílio de um

bastão homogeneizou-se com água destilada. Em seguida transferiu-se para um balão de 100 mL completando-se o volume com água destilada.

### 2.3.3 Solução de Folin-Ciocalteu 1:10 (v/v)

Pipetou-se 10 mL do reagente de Folin-Ciocalteu em um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume com água destilada.

### 2.3.4 Construção da Curva de Calibração de Ácido Gálico

Para construção da curva de calibração, foram preparadas soluções, de cinco concentrações (5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e 25,0 mg/L), a partir da solução mãe de ácido gálico 200 mg/L. Para preparar estas soluções alíquotas desta solução (1,25 mL; 2,5 mL; 3,75 mL; 5,0 mL e 6,25 mL) foram transferidas para balões de 50 mL, completando-se o volume dos balões com água destilada. Depois 0,5 mL de cada solução, em triplicata, foi transferida para um tubo de ensaio, no qual foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, diluído em água destilada 1:10 (v/v). Agitou-se a mistura que permaneceu em repouso por 5 minutos. Decorrido este tempo, foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio 4% (p/v) e completou-se o volume para 15 mL com água destilada. Em seguida os tubos com as amostras foram imersos em banho Sonic, durante 5 min para desgaseificação. Depois os tubos foram agitados e envoltos por papel alumínio. As amostras permaneceram em repouso na ausência de luz e em temperatura ambiente durante 2 horas e as leituras das soluções padrão foram realizadas em espectrofotômetro a 760 nm, utilizando-se água destilada, folin e carbonato de sódio como solução-branco. A figura 3 mostra os pontos da curva de calibração ácido gálico e as respectivas concentrações em (mg/L).

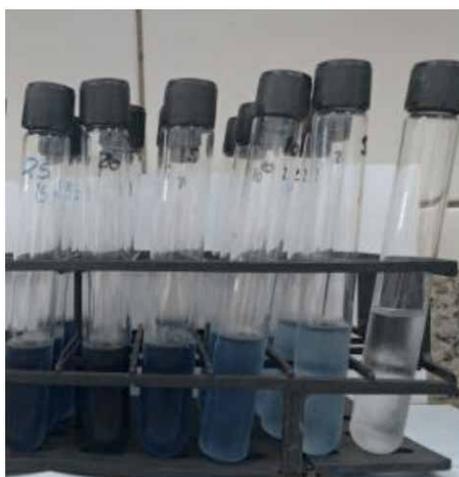


Figura 3 - Soluções de ácido gálico em diferentes concentrações.

## 2.4 Preparo da amostra

Para a extração dos compostos fenólicos da farinha da casca da pitaya foi utilizado o metanol como solvente. Para cada solvente testado, foram pesados 3 g da farinha e homogeneizada em erlenmeyer de 125 mL, aos quais foram adicionados 10 mL de solvente, em triplicata. A extração dos compostos fenólicos foi feita com proteção da luz à temperatura ambiente por 3 horas. Os extratos foram filtrados em papel de filtro diretamente para balões volumétricos de 25 mL (Figura 4); o volume foi completado com água destilada. Para cada solvente avaliado, foram realizados os brancos da amostra, que seguiram os procedimentos acima, sem adição de amostra. A extração e análises foram feitas a partir do preparo da farinha da casca da pitaya como mostra na tabela 1.

Análises e extração	
Fabricação da farinha	04 de novembro de 2019
1º mês	19 de novembro de 2019
3º mês	10 de fevereiro de 2020
9º mês	14 de agosto de 2020

Tabela 1 - Datas das análises realizadas.

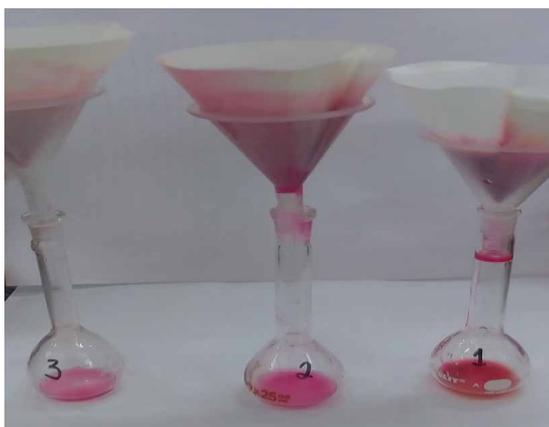


Figura 4 - Extratos das amostras.

## 2.5 Determinação do teor de fenóis totais

A análise do teor de compostos fenólicos totais foi feita conforme o método

colorimétrico de Folin-Ciocalteu, utilizando-se ácido gálico como padrão (SINGLETON & ROSSI, 1965 apud MORAES-DE-SOUSA et al., 2011). Uma alíquota de 0,5 mL do extrato, foi transferida para tubo de ensaio, no qual foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, diluído em água destilada 1:10 (v/v). Agitou-se a mistura que permaneceu em repouso por 5 minutos. Em seguida, foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio 4% (p/v) e os tubos deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz. A absorbância foi medida a 760 nm em espectrofotômetro. A análise de cada extrato foi feita em triplicata. Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg EAG/100g) (Figura 5).

$$y = ax + b \text{ (equação da reta)}$$

y = absorbância  
x = massa equivalente de ácido gálico

Cálculo

Peso da amostra (g) — Volume do balão (100 mL)

\_\_\_\_\_ (g) — Alíquota do extrato (0,150 mL)

Resultado = \_\_\_\_\_ g x 10<sup>3</sup> = \_\_\_\_\_ mg de amostra

\_\_\_\_\_ mg amostra \_\_\_\_\_ X (µg equivalentes de ácido gálico obtidos na curva padrão)

100 mg amostra \_\_\_\_\_ µg

**Resultado de fenólicos totais na amostra = µg .100 mg<sup>-1</sup> ou mg .100 g<sup>-1</sup>**

Figura 5 - Cálculos para obtenção do resultado final de fenólicos totais (mg equivalentes de ácido gálico. 100 g-1 de amostra) (In: SILVEIRA; OSTER; MOURA; SILVA; SILVA; SOUSA, 2018, p. 37).

## 2.6 Preparo do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

Para preparação do DPPH, foi utilizado procedimento proposto por BRANDWILLIAMS et al. (1995) com algumas alterações. O método está baseado na capacidade do DPPH em reagir com doadores de hidrogênio. Na presença de substâncias antioxidantes o mesmo recebe H<sup>+</sup> sendo então reduzido. O radical DPPH é estável, de coloração púrpura, porém quando reduzido passa a ter coloração amarela.

Pode ser facilmente detectado por espectroscopia devido a sua intensa absorção na região visível. O ensaio é iniciado pela adição do DPPH e a amostra, em solução. A capacidade da amostra de reduzir o DPPH, ou seja, evitar sua oxidação, é evidenciado pela porcentagem de DPPH restante no sistema. Então a porcentagem de DPPH restante é proporcional à concentração de antioxidante (BRANDWILLIAMS et al, 1995; BONDET et al., 1997).

Nessa etapa do trabalho, foram dissolvidos em um balão volumétrico de 100mL (protegido da luz com papel alumínio) 2,4 mg de DPPH em álcool metílico 100%.

## 2.7 Determinação da capacidade antioxidante: atividade antioxidante total através do método do radical livre DPPH

A leitura foi realizada em um espectrofotômetro, calibrado a 515 nm com álcool etílico 100%; No tempo 0 (zero) somente a solução do DPPH foi colocada na cubeta para leitura; Num tubo de ensaio, 0,1mL do extrato foi misturado a 3,9 mL da solução de DPPH; A leitura foi realizada 5 minutos após ser preparada a primeira solução (DPPH + extrato); o desaparecimento do radical DPPH foi monitorado ao medir-se o decréscimo da absorbância a 515 nm, que foi lida e registrada após 5 e 45 minutos quando o radical deverá estabilizar. A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi correlacionada com o controle, estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH, conforme fórmula abaixo.

$$\% \text{ de proteção} = (\text{Abs controle} - \text{Abs amostra}) / \text{Abs controle} \times 100.$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento a partir de seis frutas maduras foi de 55 g de farinha da casca da pitaya.

Foi feita a curva de calibração, com concentrações conhecidas de ácido gálico. A tabela 2 mostra a médias das leituras de absorbância em cada concentração. A curva obtida com  $R^2 = 0,9998$ , que foi utilizada como padrão para a análise de compostos fenólicos totais, está apresentada na figura 6.

Concentração (mg/L)	Absorbância (nm)
5	0,153
10	0,315
15	0,488
20	0,648
25	0,806

Tabela 2 - Concentrações (mg/L) versus as absorbâncias lidas a 760 nm.

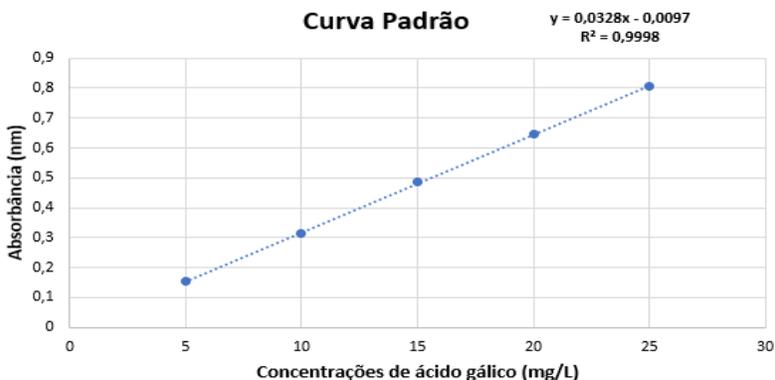


Figura 6 - Curva de calibração construída de 5 a 25 mg/L.

Com as leituras obtidas foram calculados os teores de compostos fenólicos em EAG conforme o cálculo da figura 5. Os valores obtidos estão apresentados na Tabela 3 e Figura 7.

<b>Compostos fenólicos EAG</b>	<b>Metanol</b>
<b>Extrato farinha 1º Mês</b>	<b>187,95 ± 27,81</b>
<b>Extrato farinha 3º Mês</b>	<b>189,17 ± 24,23</b>
<b>Extrato farinha 9º Mês</b>	<b>232,67 ± 36,11</b>

Tabela 3 - Resultados de compostos fenólicos mg EAG.100g<sup>-1</sup> totais na farinha da casca de pitaya.

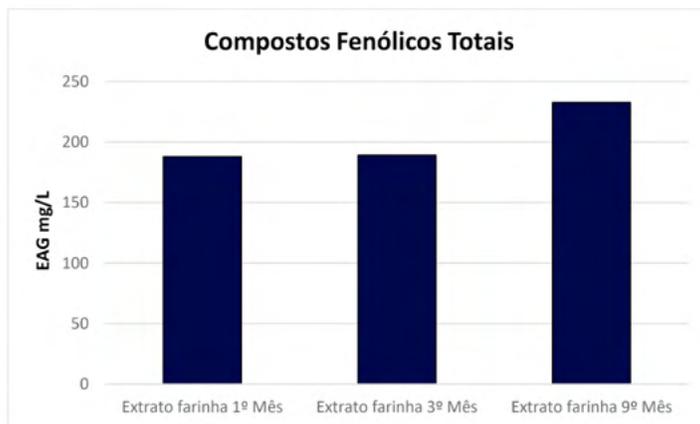


Figura 7 - Gráfico dos compostos fenólicos totais durante monitoramento da farinha da casca de pitaya em armazenamento.

ABREU et al. (2012), estudaram o teor de fenólicos em polpa e na casca de Pitaya e os valores médios de compostos fenólicos totais na polpa e casca foram de 124,55±2,95 mg EAG.100 g<sup>-1</sup> e 77,22±2,23 mg EAG.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Levando-se em consideração

que o estudo foi realizado na casca “in natura”, e a quantidade de fenólicos foi quantificada após secagem e moagem da farinha, o teor obtido foi maior do que o estudo em questão. É importante salientar que diferenças no teor de fenólicos totais podem ocorrer devido à utilização de frutos com diferentes origens e grau de maturação.

O teor de compostos fenólicos permaneceu sem diferença significativa no do primeiro para o terceiro mês de produção da farinha.

A farinha foi armazenada à temperatura ambiente, porém a temperatura na última análise estava mais elevada, podendo justificar a quantidade mais alta de compostos fenólicos na última análise. SOETHE et al (2016), estudaram a estabilidade de compostos fenólicos em amoras armazenadas em diferentes temperaturas. Observaram que o teor de compostos fenólicos totais aumentou com o incremento da temperatura de armazenamento, nas duas cultivares das amoras. Isso pode ser explicado, pois a síntese de compostos fenólicos deriva da oxidação parcial de açúcares e ácidos orgânicos na glicólise e no ciclo dos ácidos tricarboxílicos. Então, parte dos ácidos e açúcares não consumidos na respiração, podem ter sido utilizados como fonte de esqueletos de carbono para a síntese de compostos fenólicos, uma vez que as temperaturas mais elevadas de armazenamento apresentaram maior redução da acidez titulável e de sólidos solúveis, bem como maior taxa respiratória. Porém em temperaturas mais baixas, pôde haver produção de espécies reativas de oxigênios, resultando em maior consumo de compostos fenólicos.

A tabela 4 e a Figura 8 apresentam os resultados da determinação da atividade antioxidante baseada na redução do radical DPPH.

DPPH	Metanol
Extrato farinha 1º Mês	26,31 ± 11,98
Extrato farinha 3º Mês	56,88 ± 7,52
Extrato farinha 9º Mês	85,16 ± 1,34

Tabela 4 - Percentual de redução do radical DPPH· ± desvio padrão para os extratos da farinha da casca da pitaya.

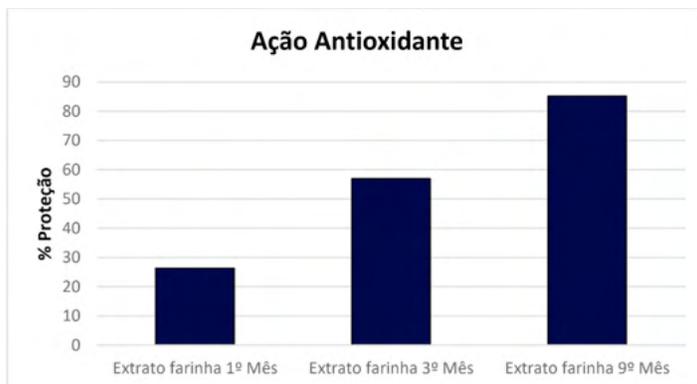


Figura 8 - Comparativo da ação antioxidante durante armazenamento da farinha da casca da pitaya.

As análises comprovam a alta atividade antioxidante da farinha obtida. Os valores encontrados (Tabela 4) mostram que o produto obtido não perdeu sua atividade antioxidante como mostra a figura 8.

No estudo de ABREU *et al.* (2012), foi comprovado que a pitaya vermelha apresentou a maior atividade antioxidante, com destaque para sua polpa. Isto pode estar associado ao alto teor de betacianinas presente na pitaya de polpa vermelha e os autores atribuíram a alta atividade antioxidante ao seu alto conteúdo de compostos fenólicos e betacianinas.

Soehte *et al* (2016), estudando compostos antioxidantes em amoras, comprovaram que independentemente da cultivar e do método de avaliação (DPPH e ABTS), o incremento da temperatura de armazenamento aumenta a atividade antioxidante. Isso ocorre pela ação de uma variedade de compostos que são degradados ou sintetizados durante o armazenamento, em resposta a estresses bióticos e abióticos.

Pode se dizer que com o aumento de compostos fenólicos totais por conta da elevação de temperatura, faz com que haja também um aumento da ação antioxidante na farinha da casca de pitaya.

## 4 | CONCLUSÃO

As análises realizadas na farinha da casca da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) comprovaram a estabilidade dos compostos fenólicos e da atividade antioxidante. O teor de fenólicos totais e vitamina C presentes na fruta podem contribuir para uma dieta benéfica à saúde humana devido a sua ação antioxidante. Tais fatos mostram que a utilização da casca da pitaya na forma de farinha é uma boa opção de aproveitamento deste subproduto nas indústrias, deixando de ser um descarte e atribuindo valor agregado ao produto.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Wilson César de, LOPES, Cristiane de Oliveira, PINTO, Kelly Moreira, OLIVEIRA, Leticia Almeida, CARVALHO, Gustavo Bacelar Moreira de, BARCELO, Maria de Fatima Piccolo. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v.71, n° 4, 2012, p.656-661.

BONDET, V., BRAND-WILLIAMS, W., BERSE, C. Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity using the DPPH.Free Radical Method. **LWT - Food Science and Technology**, v.30 n° 6, 1997, p. 609–615.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVÉLIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, 1995, p. 25-30.

MORAES-de-Souza RA, Oldoni TLC, Cabral ISR, Alencar SM de. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de chás comercializados no Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, 2011, p. 229-236.

RECH E, BACKES E e GENENA AK. Cascas de pitaya de diferentes espécies para obtenção de extratos antioxidantes, In.XII Congresso brasileiro de engenharia química e XVII encontro brasileiro de engenharia química, 2018, São Paulo, Brasil. **Anais dos XII Congresso brasileiro de engenharia química e XVII encontro brasileiro de engenharia química**, setembro, 2018.p.1-4.

SILVA M.L.C, COSTA R.S, SANTANA A.S, KOBLITZ M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, nº. 3, jul./set. 2010 p. 669-682

SINGLETON, V. L; J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic acid eragents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, nº. 3, 1965, p. 144-158.

SOETHE, Cristina, STEFFENS, Cristiano André, AMARANTE, Cassandro Vidal Talamini do, MARTIN, Mariuccia Schlichting de, BORTOLINI, Anderson José. Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoraspretas 'Tupy' e 'Guarani' armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesq. agropec. Bras**, v. 51, nº. 8, agosto, 2016, p. 950-957.

UTPOTT. M, KRIGGER. S, DIAS C.Z, THYS R.C.S, RIOS A.O, FLORES S. H. Utilização da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) como substituto de gordura em pães de forma. In: Simpósio de segurança alimentar,6, 2018, Gramado, Brasil. **Anais dos 6° Simpósio de segurança alimentar**,6, maio 2018, p.1-6.

ALVES A.C.B, MONTEIRO L.B, POMPEU D.R. Otimização da extração sólido-líquido de compostos fenólicos totais e betalainas da casca de frutos de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, v.12, nº.1, jan/jun 2018. p. 2556-2577

# CAPÍTULO 5

## ESTUDIO DEL MODELO CINÉTICO Y PROPIEDADES GEOMÉTRICAS EN EL PROCESO DE SECADO CONVECTIVO DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L.)

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 01/07/2021

### Alfredo Fernandez Ayma

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac  
Abancay - Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-8042-7658>

### Maryluz Cuentas Toledo

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac  
Abancay - Perú  
<https://orcid.org/0000-0003-2001-2642>

### Osmar Cuentas Toledo

Universidad Nacional de Moquegua  
Moquegua - Perú  
<https://orcid.org/0000-0003-3612-1309>

**RESUMEN:** El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una fruta de alto valor nutricional, su consumo reduce el estrés, depresión, cansancio mental y disminución del colesterol, con el secado convectivo se pretende alargar la vida útil, los objetivos de este estudio fueron determinar el tiempo de secado, modelo cinético, difusividad efectiva, energía de activación, esfericidad y encogimiento; usando temperaturas de 40, 60 y 80°C, estado de madurez de 3 y 6, forma cilíndrica y lámina, donde el menor tiempo de secado fue para el estado de madurez 6 a 80°C por 6 horas; los mejores modelos fueron para estado de madurez 6, Midilli y para estado de madurez 3, logarítmico; La difusividad efectiva obtenida para

estado de madurez 6 y 3 variaron entre  $1,080 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  a  $5,094 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  y  $8,959 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  a  $3,593 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  respectivamente. Las energías de activación para madura cilíndrica de 22,23 kJ/mol, madura lámina de 20,31 kJ/mol, pintona cilíndrica de 22,59 kJ/mol y pintona lámina de 24,01 kJ/mol respectivamente; La mayor esfericidad de 0,807 se obtuvo en el estado de madurez madura de forma cilíndrica a 40°C; mientras tanto el mayor encogimiento de 0,448 se obtuvo en el estado de madurez pintona de forma lámina tratada a 40°C.

**PALABRAS CLAVE:** Aguaymanto, cinética de secado, difusividad efectiva, modelamiento, propiedades geométricas.

### STUDY OF THE KINETIC MODEL AND GEOMETRIC PROPERTIES IN THE AGUAYMANTO CONVECTIVE DRYING PROCESS (*Physalis peruviana* L.)

**ABSTRACT:** Aguaymanto (*physalis peruvian* l.) is a fruit of high nutritional value, its consumption reduces stress, depression, mental fatigue and lower cholesterol, with convective drying is intended to extend the shelf life, the objectives of this study were determine drying time, kinetic model, effective diffusivity, activation energy, sphericity and shrinkage; using temperatures of 40, 60 and 80°C, maturity status of 3 and 6, cylindrical shape and foil, where the shortest drying time was for maturity status 6 to 80°C for 6 hours; the best models were for maturity state 6, midilli and for maturity state 3, logarithmic; The effective diffuseness obtained for maturity status 6 and 3 ranged from  $1,080 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  to  $5,094 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  and  $8,959 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  to  $3,593 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$  respectively. Activation energies for mature

cylindrical 22,23 kJ/mol, mature sheet of 20,31kJ/mol, cylindrical pintone 22,59 kJ/mol and 24,01 kJ/mol sheet pintone respectively; The highest sphericity of 0,807 was obtained in the mature state of maturity cylindrically at 40°C; meanwhile the largest shrinkage of 0,448 was obtained in the state of pintone maturity in a treated sheet form at 40°C.

**KEYWORDS:** Aguaymanto, drying kinetics, effective difusiveness, geometric properties, modeling.

## INTRODUCCIÓN

Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), es una planta originaria de los Andes sudamericanos, específicamente de Perú. Pertenece a la familia de las Solanáceas, al género *Physalis*. Se caracteriza por su fruto (Basoalto *et al.*, 2010). Este fruto es de apariencia esférica y evoluciona de un color verde a un amarillo-anaranjado, posee un diámetro entre 1,25 y 2,5 cm, y un peso entre los 4 y 10 g (Luchese, Gurak, y Ferreira, 2015; Herrera, 2009). El aguaymanto es un antioxidante, el cual previene el envejecimiento y su accionar como un práctico antidiabético que estabiliza el nivel de glucosa en la sangre y es rico en vitaminas A, B y C, hierro, fósforo, fibra y carbohidratos (Bonilla *et al.*, 2009). Debido a la gran presencia de nutrientes y vitaminas, preserva la salud de los tejidos como la retina, tejidos de la piel y las membranas mucosas (Puente *et al.*, 2011). Su consumo mejora de la función cardiovascular, y la producción glóbulos rojos, además, actúa como antirreumático, desinflamando las articulaciones, disminuye los niveles de colesterol en la sangre, estabiliza el nivel de glucosa en la sangre (Wu *et al.*, 2006; Tacanga, 2015). La cosecha comienza cuando los frutos toman color amarillo-anaranjado (grado 3 a 5) y presentan entre 14 y 15°Brix, de diámetro y de 1,7 a 2,3 cm. de longitud, el cual toma una coloración amarillo-verdosa y comienza a endurecerse (Basoalto *et al.*, 2010; Fischer, Miranda, Piedrahíta, y Romero, 2005). Los productos derivados se comercializan en forma de pulpas, bebidas, productos azucarados, deshidratados, jarabes, salsas, mermeladas, bocadillos y dulces (Fischer *et al.*, 2005; Vásquez *et al.*, 2013; Tacanga, 2015).

El secado, es la reducción del contenido de humedad que permite obtener productos sólidos con un bajo contenido de agua, para el almacenamiento, envasado, distribución y consumo (Singh y Heldman, 2014; Toledo, Singh y Kong, 2018; Holdsworth, 2016); sin embargo, durante el proceso hay cambios físicos, químicos y bioquímicos en la materia prima (Ibarz y Barboza, 2014); los modelos de secado se encuentran los modelos de Newton, Page, Page modificado, Henderson y Pabis modificado (Delgado, 2014); Cabrera *et al.* (2017) indica que el aumento de la temperatura de secado disminuye el tiempo de proceso de secado. Las propiedades geométricas de la esfericidad y encogimiento son usadas para el almacenamiento (Mohammad, 2016) y para el diseño de empaques, en el análisis de calidad y en el control de procesos (Berk, 2018).

En las investigaciones anteriores encontraron la difusividad efectiva de la humedad uchuva estaba en el rango de 4,67 a  $14,9 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s con activación energía de 38,78 kJ/mol

(Vega *et al.* 2012), mientras; Youssef (2015), indica que la difusión de la humedad eficaz aumentó con el aumento de la temperatura, se encontró que la energía de activación de 38,78 kJ/mol; Ávila *et al.* (2016) indica que los sólidos solubles totales tendieron a aumentar, la acidez titulable a disminuir.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Departamento de Apurímac. El aguaymanto se recolectó y se separaron los que presenten daños mecánicos y ataques biológicos; la clasificación se hizo en función al tamaño y se observó el color externo según el grado de color de aguaymanto en estado de madurez entre 3 y 6 según la Norma Técnica Colombiana 4580 (ICONTEC, 1999). Los Sólidos Solubles Totales (°Brix), se determinó por el método 932.12 de la A.O.A.C. (2016) usando un refractómetro digital PR101 marca ATAGO Master con una capacidad de 0-60 °Brix; la acidez titulable se determinó por el método 942.15 de la A.O.A.C. (2016). Se troceó el aguaymanto de diferentes formas geométricas y se colocó en el secador registrándose la temperatura y peso durante el secado, hasta que la muestra alcance el contenido de humedad de equilibrio con las temperaturas del aire de secado fueron (40°C, 60°C y 80°C).

### Cinética de secado de aguaymanto

El estudio de la cinética de secado implica la eliminación de agua, los diversos estados de agua en sólidos son parámetros más importantes que definen el contenido de agua, indica la cantidad total de agua (Wernecke y Wernecke, 2014; Toledo y Kong, 2018). En los procesos de secado el contenido de humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos, y se expresa como (Ibarz y Barboza, 2014):

$$M_t = \frac{m_t - m_{ss}}{m_{ss}} \quad (1)$$

Donde,  $m_t$  es el peso total en un momento dado (kg),  $m_{ss}$  es peso de sustancia seca (kg s.s.) y  $M_t$  es la razón de humedad (kg H<sub>2</sub>O/ kg s.s.)

El contenido de humedad libre en la curva de secado es obtenido mediante el trazado del contenido de humedad libre contra el tiempo de secado (Delgado y Barbosa de Lima, 2014; Toledo y Kong, 2018). En 1975, Crank dio la primera solución analítica para diversas geometrías (esfera, cilindro, placa rectangular), la solución a la ecuación de Fick, es el número de términos en las series (n=1) (Delgado, 2014; Rao, 2014).

Difusión de la ecuación de difusión no estacionario por una lámina infinita de espesor medio L, el secado de ambas superficies planas y la solución simplificada es:

$$RM = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_e t}{4L^2}\right) \quad (2)$$

La transferencia de masa es simétrica con respecto al centro eje y la humedad de la superficie contenido alcanza instantáneamente equilibrio con el alrededor. La solución analítica de la ecuación (Ibarz y Barboza, 2014).

$$RM = \frac{M - M_s}{M_o - M_s} = \frac{4}{r_a^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{\beta_n^2} e^{(-\beta_n^2 D_e t)} \quad (3)$$

Dónde,  $r_a$  es el radio del cilindro (m) y  $\beta_n$  son las raíces de la función de Bessel.

Para las geometrías las ecuaciones de tipo Arrhenius entre la difusividad y la temperatura efectiva (Delgado, 2014).

Lámina:

$$\ln(RM) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_e}{4L^2} t \quad (4)$$

Cilindro:

$$\ln(RM) = \ln\left(\frac{4}{\lambda_1^2}\right) - \frac{\lambda_1^2 D_e}{r_o^2} t \quad (5)$$

Los modelos de secado preferidos por los investigadores se encuentran los modelos de Newton, Page, Page modificado, Henderson y Pabis modificado para modelar diferentes productos (Delgado, 2014):

$$RM = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} \quad (6)$$

Donde,  $RM$  es la razón de humedad,  $M$  es la humedad (kg agua/kg s.s.) registrada en el tiempo  $t$  (s),  $M_e$  es la humedad de equilibrio (kg agua/kg s.s.) asumida como el valor registrado a tiempos prolongados de proceso (Guiné y Barroca, 2011) y  $M_o$  es el contenido de humedad inicial (kg agua/kg s.s.) como se muestra en la (Tabla 1).

Nombre del modelo	del Modelo	Referencias
Henderson Pabis	$RM = a \exp(-kt)$	Doymaz (2014), Simha y Gugalia (2013)
Midilli	$RM = a \exp(-kt^n) + bt$	Midilli <i>et al.</i> (2002), Ratti (2009), Simha y Gugalia (2013)
Logarítmico	$RM = a \exp(-kt) + c$	Doymaz (2014) y Ratti (2009)
Page	$RM = \exp(-kt^n)$	Doymaz (2014) y Ratti (2009)
Lewis	$RM = \exp(-kt)$	Doymaz (2014) y Ratti (2009)

Razón de humedad ( $RM$ ), constantes ( $a, b, c, k, n$ ) y tiempo ( $t$ ).

Tabla 1. Modelos matemáticos en estudio.

El efecto de la temperatura sobre el coeficiente de difusión es un importante factor para mejorar la calidad de los valores de razón de humedad ( $RM$ ), y se puede abordar con relación de Arrhenius.

$$D_e = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (7)$$

Donde,  $D_0$  es una constante de difusividad equivalente a la difusividad infinitamente a alta temperatura ( $m^2/s$ ),  $E_a$  es la energía de activación ( $kJ/mol$ ) y  $T$  es la temperatura absoluta ( $^{\circ}K$ ).

La Ecuación 10 se puede reordenarse de la siguiente forma

$$\ln(D_e) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{R(T + 273,15)} \quad (8)$$

Trazado los valores experimentales de  $\ln(D_e)$  como una función de  $1/T$ , se obtiene una línea recta donde la intersección da  $D_0$  y la pendiente da  $-E_a/R$  (Delgado, 2014).

### Propiedades geométricas de alimentos

La esfericidad es un parámetro importante utilizado, la esfericidad se puede definir de diferentes formas (Serpil y Servet, 2009). La esfericidad denominada como factor de forma para partículas no esféricas, que se define como como la razón entre el área superficial de una esfera de volumen igual a la partícula y el área superficial de la partícula (Alvarado y Aguilera, 2001).

$$\text{Esfericidad} = \frac{S_s}{S_p} \quad (9)$$

Donde,  $S_p$  es área superficial inicial de sólido ( $m^2$ ) y  $S_s$  es el área superficial de una esfera de volumen de la partícula ( $m^2$ ).

El encogimiento se define como la razón entre el volumen aparente a un determinado contenido de humedad y el volumen aparente inicial de sólidos (Serpil y Servet, 2009).

$$\% \text{ de encogimiento} = \frac{V_{ap}}{V_{apo}} * 100 \quad (10)$$

Dónde,  $V_{ap}$  es el volumen aparente a un contenido de humedad y  $V_{apo}$  = volumen aparente inicial.

### Análisis estadístico

El diseño estadístico fue el diseño factorial diseño completamente al azar (DCA) con  $2 \times 2 \times 3$ , con 3 repeticiones. Los factores que se considera son: madurez (estado de madurez 3 y estado de madurez 6), forma cilíndrica y lámina y la temperatura en el secado ( $40^{\circ}C$ ,  $60^{\circ}C$  y  $80^{\circ}C$ ). Para el procesamiento de datos se usó software estadístico Sthtatgrafs Centurión XVII versión 16.1.18, para estudiar el modelo se usó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y

coeficiente de determinación ajustado ( $R_{aj}^2$ ) (Gutiérrez y De la vara, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tiempo de secado de aguaymanto

Para determinar la cantidad de agua de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) se usó la norma colombiana NTC 4580 (ICONTEC, 1999, p. 15). El índice de madurez para el estado de madurez 6 fue de 9, la humedad en base seca se determinó usando la Ecuación 1, se analizó la humedad para estado de madurez 6 fue de 78,4% de agua y la humedad de equilibrio aproximado es de 7,4% (0,08 kg agua/kg s.s.), el contenido inicial de agua o humedad libre al inicio se mantiene a 3,628 kg agua/kg s.s. por el contenido de humedad en base húmeda inicial de 78,4% para la muestra húmeda y la humedad libre al final del proceso varió entre 0,074 a 0,101 kg agua/kg s.s (Figura 1).

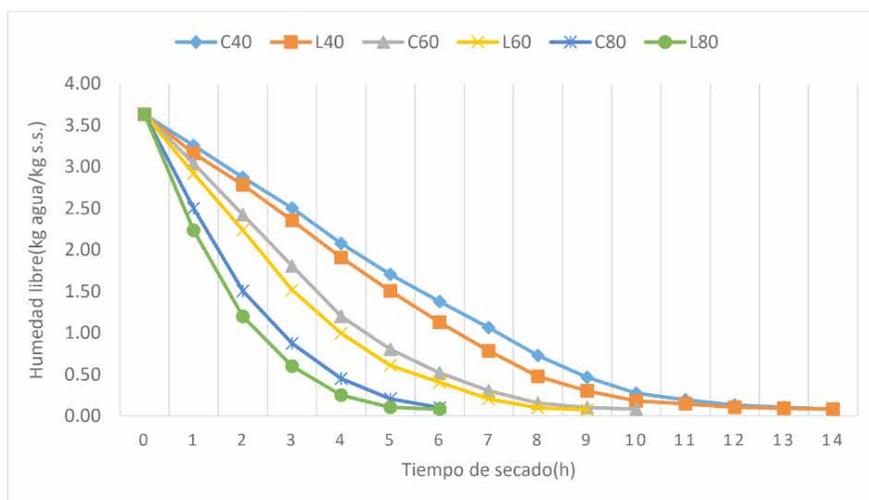


Figura 1. Diagrama de cinética de secado para aguaymanto estado de madurez (madura): Cilíndrico a 40°C(C40), cilíndrico a 60°C(C60), cilíndrico a 80°C(C80), lámina a 40°C(L40), lámina a 60°C(L60) y lámina a 80°C(L80).

El índice de madurez para el estado de madurez 3 con valor de 6,13 con la humedad de 80,5% y la humedad de equilibrio de 7,4% (0,08 kg agua/kg s.s.), el contenido inicial de agua al inicio es 4,13 kg agua/kg de sólido seco y humedad libre al final del proceso varió entre 0,08 a 0,09 kg agua/kg s.s. cómo se muestra en la (Figura 2).

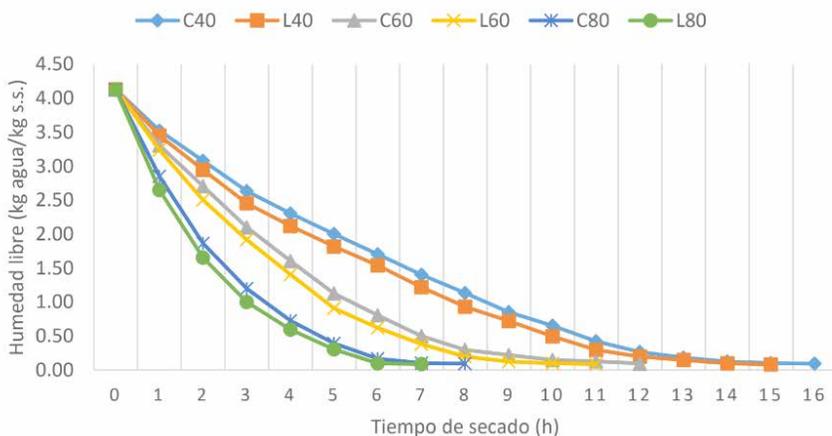


Figura 2. Diagrama de cinética de secado para aguaymanto de estado de madurez 3 (pintona): Cilíndrico a 40°C(C40), cilíndrico a 60°C(C60), cilíndrico a 80°C(C80), lámina a 40°C(L40), lámina a 60°C(L60) y lámina a 80°C(L80).

Se aprecia la remoción de la humedad libre fue más rápida en los primeros 3 horas para los 6 tratamientos a 80°C, seguidamente a 60°C y 40°C respectivamente la eliminación de agua fue casi constante y lineal se hizo más lenta hasta el punto de equilibrio (Vega *et al.*, 2012; Yasin *et al.* 2015).

A continuación se muestra los valores del tiempo de secado menor fue de estado de madurez 6 tratada a 80°C fue de 6 horas, mientras tanto para el estado de madurez 3 para la muestra cilíndrica a 80°C fue de 8 horas y lámina a 80°C de 7 horas respectivamente (Tabla 2).

Estado de madurez	C40	L40	C60	L60	C80	L80
Madura (grado de color 6)	14	14	10	9	6	6
Pintona (grado de color 3)	16	15	12	11	8	7

Cilíndrico a 40°C(C40), cilíndrico a 60°C(C60), cilíndrico a 80°C(C80), lámina a 40°C(L40), lámina a 60°C(L60) y lámina a 80°C(L80).

Tabla 2. Tiempo de secado (h).

## Modelo cinético

El ajuste de las curvas de secado, al transformar los contenidos de humedades libres en relación de humedad según Ecuación 6, que la razón de humedad en función del tiempo de secado para los 6 tratamientos para estado de madurez 6. Donde la relación de humedad al inicio del proceso es 1 y disminuye conforme la humedad es removida (Rao *et al.* 2014) como se muestra en la (Figura 3).

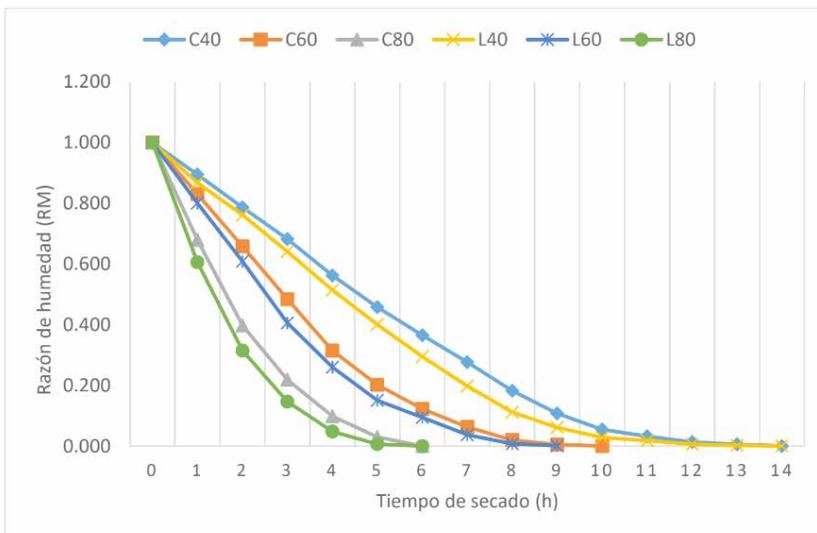


Figura 3. Razón de umidade (RM) em função do tempo de secado de aguaymanto em estado de madurez 6 (madura): Cilíndrico a 40°C(C40), cilíndrico a 60°C(C60), cilíndrico a 80°C(C80), lâmina a 40°C(L40), lâmina a 60°C(L60) e lâmina a 80°C(L80).

De acordo a los resultados obtenidos el valor de  $R^2$  para los modelos de Midilli para los tratamientos son significativamente mayores ( $p < 0,05$ ) y para los tratamientos C80 y L80, mientras en segundo lugar modelo logarítmico para los tratamientos C80 y L80 y el modelo Page para los tratamientos C60, L80 y L60 (Figura 4).

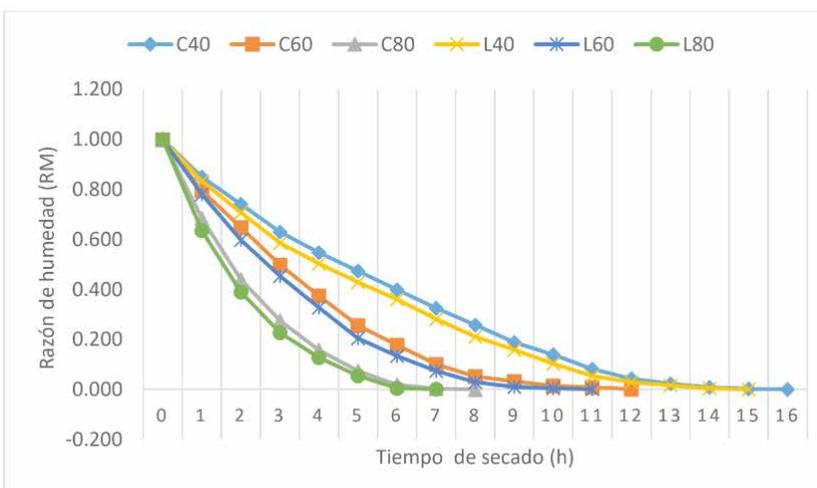


Figura 4. Razón de umidade (RM) em função do tempo de secado de aguaymanto em estado de madurez (pintona): Cilíndrico a 40°C(C40), cilíndrico a 60°C(C60), cilíndrico a 80°C(C80), lâmina a 40°C(L40), lâmina a 60°C(L60) e lâmina a 80°C(L80).

Los resultados del modelado de la presente investigación concuerdan con los resultados obtenidos por Vega *et al.* (2012). Cuando se compara el experimental con valores de humedad predichos, se encontró modelo Midilli-Kucuk que dio la mejor calidad de ajuste (SSE <0,001;  $\chi^2$  <0,001;  $R^2$  > 0,99), mostrando esta ecuación para predecir con precisión el secado de uchuva.

El mejor modelo fue elegido al tratamiento con mayor valor de  $\Delta^2$  y menores valores de MSE y RMSE. De acuerdo a los resultados los modelos de Midilli para los tratamientos C60, L60 y L80 son significativamente mayores ( $p < 0,05$ ), seguido del modelo logarítmico para los tratamientos L80, C80 y L40. Además, el valor de MSE y RMSE obtenido para los modelos de Page y Midilli son significativamente menores ( $p < 0,05$ ) que los valores de MSE y RMSE obtenidos para los modelos de logarítmico, Lewis y Henderson-Pabis. Para tiempos cortos el modelo de Page presenta mejor correlación sin embargo para tiempos prolongados de secado, el modelo de Midilli.

### Difusividad efectiva del agua

La representación de los valores de  $\ln(RM)$  experimentales en función del tiempo para estado de madurez 6, las pendientes varían entre -0,4533 a -1,257. Los altos valores del coeficiente de determinación ( $R^2 > 0,9088$ ). Así mismo para estado de madurez 3, las pendientes varían entre -0,3454 a -0,9682. Los altos valores del coeficiente de determinación ( $R^2 > 0,918$ ) el valor ajustado de  $De$  indican que la segunda ley de la difusión de Fick explica al menos el 95% de los valores experimentales para ambos estados de madurez, los valores de la difusividad efectiva del agua (Tabla 3).

T (°C)	Madura		Pintona	
	Cilindro	Lámina	Cilindro	Lámina
40	1,080x10 <sup>-9</sup>	2,092x10 <sup>-9</sup>	8,959x10 <sup>-10</sup>	1,268x10 <sup>-9</sup>
60	1,751x10 <sup>-9</sup>	2,83x10 <sup>-9</sup>	1,306x10 <sup>-9</sup>	2,367x10 <sup>-9</sup>
80	2,844 x10 <sup>-9</sup>	5,094 x10 <sup>-9</sup>	2,408x10 <sup>-9</sup>	3,593x10 <sup>-9</sup>

Tabla 3. Valores del coeficiente de difusividad efectiva del agua (m<sup>2</sup>/s).

Los resultados obtenidos de  $De$  están en el rango normal esperado de 8,959x10<sup>-10</sup> a 5,094x10<sup>-9</sup> m<sup>2</sup>/s para alimentos (Vega *et al.*, 2012). Durante el procesamiento en cuatro temperaturas (60, 70, 80 y 90°C) para la uchuva reportaron la difusividad efectiva de la humedad uchuva estaba en el rango de 4,67 a 14,9x10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup>/s. respectivamente; Yasin *et al.*, (2015) investigo el secado de la baya de oro (*Physalis peruviana* L.) a 70, 75, 80 y 85°C con 1,5 m/s de velocidad de flujo de aire donde, difusividad efectiva varió entre 1,94 a 3,19·10<sup>-9</sup>m<sup>2</sup>/s, 1,21 a 2,93·10<sup>-9</sup> y 1,66 a 2,67·10<sup>-9</sup>m<sup>2</sup>/s, respectivamente; al respecto Rao

*et al.* (2014) indican que la presencia de grasas disminuye significativamente la difusividad del agua.

## Energía de activación

La energía de activación fue calculada por la Ecuación 8 como se puede apreciar la energía de activación para madura cilíndrica de 22,23 kJ/mol, madura lámina de 20,31kJ/mol, pintona cilíndrica de 22,59 kJ/mol y pintona lámina de 24,01 kJ/mol respectivamente. Los valores del coeficiente de determinación ( $R^2 > 1;0,95;0,97$  y  $0,99$  indican que la dependencia de *De* con la temperatura del aire de secado está representada por la ecuación de Arrhenius para todos los tratamientos. Los valores de la energía de activación se encuentran dentro del rango general para los alimentos de 12,7–110 kJ/mol según, Doymaz (2014). Al respecto Vega *et al.* (2012). durante el procesamiento en cuatro temperaturas (60, 70, 80 y 90°C) determinó la energía activación un valor de 38,78 kJ/mol; mientras tanto Youssef, (2015) llevaron a cabo a 60 y 70°C, así como a velocidades de aire de 0,4 y 0,6 m/s se encontró que la energía de activación fue de 38,78 kJ/mol.

## Esfericidad

La esfericidad para la forma cilíndrica se ve claramente que es influenciada por la temperatura, estado de madurez y forma geométrica después del secado. La mayor esfericidad obtuvo en el estado de madurez madura de forma cilíndrica a la temperatura de 40°C con valor de 0,807, mientras tanto la menor esfericidad obtuvo en el estado de madurez 3 de forma lámina tratada a la temperatura de 80°C con valor de 0,744 indica la variación fue mucho mayor en su forma geométrica (Figura 5).

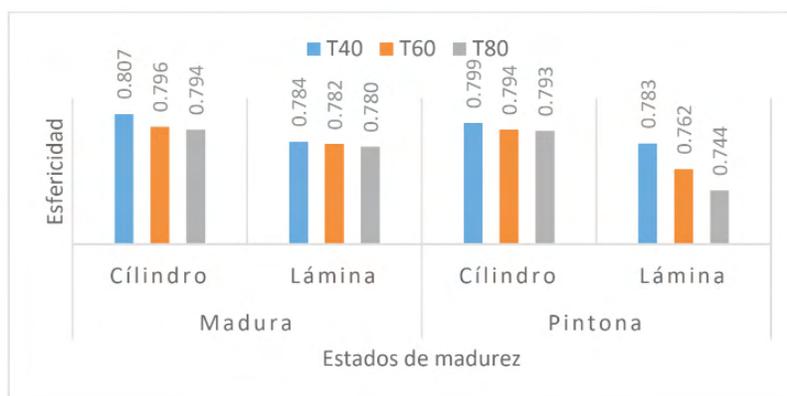


Figura 5. Gráfico de combinación de tratamientos para esfericidad de aguaymanto: Temperatura a 40°C(T40), temperatura a 60°C (T60) y temperatura a 80°C (T80).

En análisis de varianza se encontró diferencia estadística alta para los 3 factores; en cambio no se encontró diferencia alguna para las interacciones de los factores evaluados a

( $p \leq 0,05$ ), a un nivel de confianza del 95,0%. El R-Cuadrada indica 84,9% de la variabilidad en esfericidad, el R-cuadrada ajustada es 78,0%, el coeficiente de variabilidad es de 3,25%.

La ecuación es de regresión lineal múltiple que se ha ajustado es:

$$\text{Esfericidad} = 0,8081 - 0,000388T + 0,004833E - 0,003333G - 0,00018TE - 0,0002TG - 0,003833EG \quad (11)$$

Donde, T es temperatura, E es estado de madurez y G es geometría

El valor máximo de esfericidad es 0,8036; para estado de madurez madura de forma cilíndrica tratada a 40°C; se puede observar que mayor esfericidad hay a 40°C.

## Encogimiento

Asimismo, Rao *et al.* (2014) indican que la formación de una capa seca en la parte externa. Ratti (2009) indica que esta depende del método de secado y del alimento pues su valor se acerca a la unidad para el secado convencional, como se muestra en la (Figura 6).

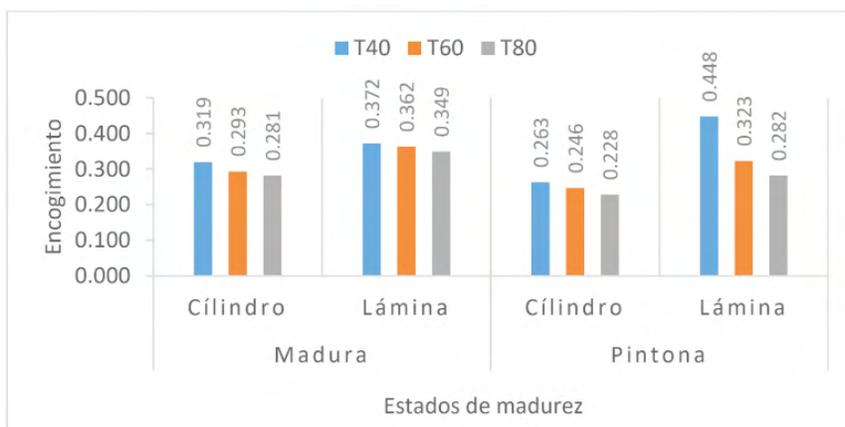


Figura 6. Gráfico de combinación de tratamientos para el encogimiento de aguaymanto: Temperatura a 40°C (T40), temperatura a 60°C (T60) y temperatura a 80°C (T80).

En análisis de varianza, se encontró diferencia estadística altamente significativa para los 3 factores, de primer orden y de segundo orden. En este caso todos son evaluados a ( $p \leq 0,05$ ), el estadístico R-Cuadrada es 84,9% en el encogimiento, el R-cuadrada ajustada es 78,0%, el coeficiente de variabilidad de 3,25%.

La ecuación es de regresión lineal múltiple que se ha ajustado es:

$$\text{Encogimiento} = 0,306 - 0,0328T - 0,0155E + 0,042G + 0,0118T^2 - 0,0175TE - 0,0145TG + 0,011EG \quad (20)$$

El valor máximo de 0,4197, se obtuvo en estado de madurez pintona de forma lámina tratada a 40°C; el mayor encogimiento existe a 40°C mientras incrementa la temperatura hay disminución de encogimiento, hay mayor encogimiento en estado de madurez 6 conforme cuando el grado de madurez disminuye también el encogimiento disminuye y por último con

respecto a la geometría lámina tiene mayor encogimiento con respecto al cilindro.

## CONCLUSIONES

El menor tiempo de secado de la baya de aguaymanto hasta llegar a la humedad de equilibrio resultó para el estado de madurez 6 a 80°C fue de 6 horas. El mejor modelo para estado de madurez 6 fue elegido el modelo de Midilli y Page, mientras para estado de madurez 3 fue el modelo logaritmico y Page; los valores de la difusividad efectiva incrementaron con la temperatura; Las energías de activación para madura cilíndrica de 22,23 kJ/mol, madura lámina de 20,31kJ/mol, pintona cilíndrica de 22,59 kJ/mol y pintona lámina de 24,01 kJ/mol respectivamente. La mayor esfericidad se obtuvo en el estado de madurez madura de forma cilíndrica a 40°C, mientras que el mayor encogimiento obtuvo en el estado de madurez pintona de forma lámina tratada a 40°C.

## REFERENCIAS

ALVARADO, J. D., Y AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos** (No. TX 541. M47 2001), 2001.

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists**, Washington, USA, 2016.

ÁVILA, J. A., MORENO, P., FISCHER, F. Y MIRANDA, D. Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. **Acta Agronómica**, 55(4), p. 29-38, 2016.

BASOALTO, H., CORREA, R. Y FERNÁNDEZ, C. Cultivo de Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en la zona central de Chile. **Fundación para la Innovación Agraria -Chile**: Andrea Villena M, 2010.

BERK, Z. **Food process engineering and technology**. Academic press, 2018.

BONILLA, M.H., ARIAS, P.A., LANDINEZ, M.L., MORENO, J.M., CARDOZO, F. Y SUAREZ, M.S. *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la uchuva en fresco para exportación en Colombia*. Bogotá- Colombia: Editores Giro Ltda, 2009.

CABRERA, Y. A., ESTRADA, E. M. Y CORTES, M. La influencia del secado sobre la calidad fisiológica de los frutos la uchuva (*Physalis peruviana* L.) agregados con componentes activos. **Agroindustria y Ciencia de los Alimentos- Colombia**, 66 (4), p. 512 – 518, 2017.

DELGADO, J. M. Y BARBOSA DE LIMA, A.G. Fenómenos de Transporte y el secado de sólidos y materiales particulados. **Biosystems Engineering**, 92 (2), p. 237–245, 2014.

FISCHER, G., MIRANDA, D., PIEDRAHITA, W. Y ROMERO, J. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia, p. 165-190, 2005.

GUINÉ, R. P., PINHO, S., Y BARROCA, M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and bioproducts processing**, 89(4), p. 422-428, 2011.

GUTIERREZ, H. Y DE LA VARA, R. **Análisis y diseño de experimentos**. México: McGRAW-HILL/ Interamericana Editores, S.A. de C.V. 2012.

HERRERA, A. A. *Manejo poscosecha de la uchuva en producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Colombia, 2009.

HOLDSWORTH, S. D. Y SIMPSON, R. **Tratamiento térmico de los alimentos envasados**. Washington State University USA: Springer Cham Heidelberg, 2016.

IBARZ, A. Y BARBOZA, G. **Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos**. México: Ediciones Mundi-Prensa, 2014.

MOHAMMAD, U. H. J., AZHARUL, K., KUMAR, C., BROWN, J. R. *Porosity Establishing the Relationship between Drying Parameters and Dried Food Quality*. Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU.: Richard W. Hartel, 2016.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4580. *Fruta fresca, Uchuva, Especificaciones*. **Instituto Colombiano de Normas Técnicas**. Bogotá, 1999.

LUCHESE, C. L., GURAK, P. D., Y FERREIRA, L. D. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), p. 1-9, 2015.

PUENTE, L. A., PINTO, C. A., CASTRO, E. S. Y CORTES M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit. **A review. Food, Research International**, 44, p. 1733-1740, 2011.

RAO, M. A., RIZVI, S. H., DATTA, A. K. Y AHMED, J. **Ingeniería de propiedades de alimentos**. London New York: CRC Press, 2014.

RATTI, C. *Advances in Food Dehydration* (Vol. 5). United States of America: Taylor y Francis Group, 2009.

SERPIL, S. Y SERVET, G. S. **Propiedades físicas de los alimentos**. Zaragoza – España: Acribia, S.A, 2009.

SINGH, P. Y HELDMAN, D. **Introducción a la Ingeniería de los Alimentos**. Zaragoza – España: Acribia, S.A, 2014.

TACANGA, A. *Características y propiedades funcionales del aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú, 2015.

TOLEDO, R. T., SINGH, R. K. Y KONG, F. **Fundamentals of food process engineering** (Nº. 664 T65 1980.). New York: Van Nostrand Reinhold, 2018.

VÁSQUEZ, J. E., OCHOA, C. I. Y BUSTOS, M., Effect of Chemical and Physical Pretreatments on the Convective Drying of Cape Gooseberry Fruits (*Physalis peruviana*), doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037, J. Food Eng, 119(3), 648–654, 2013.

VEGA, G. A., PUENTE, D. L., LEMUS, M. R., MIRANDA, M. Y TORRES, M. J. El modelado matemático del secado en capa fina Cinética de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Diario de Procesamiento y conservación de alimentos Chile**, 38, p. 728-736, 2012.

WERNECKE, R. Y WERNECKE, J. **Humedad industrial y Medición-Una guía práctica**. Alemania: Edición, Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA, 2014.

WU, S. J., TSAI, J. Y., CHANG, S. P., LIN, D. L., WANG, S. S. Y HUANG, S. N. Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *Journal of Ethnopharmacology*. 108, p. 407-413, 2006.

YASIN, O., AYSUN, O. Y SENEM, T. Efecto de dos tratamientos previos de inmersión en la cinética de secado de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). **Instituto Central de Investigación de Horticultura-Turquía**. 11 (1), p. 40-47, 2015.

YOUSSEF, K. M. Impacto de la temperatura de secado caliente y velocidad del aire en la cinética de secado, color, fotoquímicos y actividad antioxidante de Uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Ciencia de alimentos de frutas y lácteos Egipto**, 6 (1), p. 23 – 40, 2015.

# CAPÍTULO 6

## MICROBIAL BIOMASS CARBON AND CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES UNDER IRRIGATED CROPS IN THE MATOPIBA REGION

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 04/08/2021

### **Djavan Pinheiro Santos**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-1811-5362>

### **Rosana Andrade Cavalcante de Castro**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0003-1156-6221>

### **Eliana Paula Fernandes Brasil**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0003-4474-4653>

### **Marco Aurélio Pessoa-de-Souza**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-1367-8510>

### **Tiago Camilo Duarte**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-9579-8574>

### **Rodrigo Gomes Branquinho**

Faculdade Quirinópolis  
Quirinópolis - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-9369-8935>

### **Francisco José Lino de Sousa**

Universidade Federal do Piauí, Campus  
Professora Cinobelina Elvas  
Bom Jesus - Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/1154544258326446>

### **Alcinei Ribeiro Campos**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Faculdade de Agronomia  
Porto Alegre - Rio Grande do Sul  
<https://orcid.org/0000-0003-0070-2101>

### **Ana Caroline da Silva Faquim**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-8369-783X>

### **Emiliane dos Santos Belo**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-6295-4051>

### **Carlos Augusto Oliveira de Andrade**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-5836-2854>

### **Gustavo Cassiano da Silva**

Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia, Campus Samambaia  
Goiânia - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-9913-8779>

**ABSTRACT:** Food production in Southwest Piauí, located in the Matopiba region, is increasing due

to its agricultural potentiality. Thus, the use of sustainable use and management systems is necessary, considering the predominance of medium texture to sandy soils. The aim of this study was to quantify the microbial biomass carbon and chemical attributes of a Neossolo Quartzarênico under irrigated crops in Southwest Piauí, Matopiba region. The studied areas were: banana (*Musa acuminata*), napier grass (*Pennisetum purpureum*), single corn (*Zea mays*), sugar cane (*Saccharum officinarum*) irrigated after burning, both irrigated via sprinklers and native vegetation of ecotone cerrado/caatinga (reference area). Sprinkler irrigated napier grass crop favors soil microbial biomass carbon in relation to sprinkler irrigated corn crop, while the microbial biomass carbon of napier grass remains similar to the native vegetation area and other cultivated areas. The systems of irrigated sugarcane use after sprinkler after burning and corn irrigated by sprinkler have higher levels of nutrients, being the first, higher content of phosphorus and saturation of bases while the second one, higher content of iron.

**KEYWORDS:** Bioindicators, soil quality, napier grass.

## CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB CULTIVOS IRRIGADOS NA REGIÃO DE MATOPIBA

**RESUMO:** A produção de alimentos no Sudoeste do Piauí, localizado na região de Matopiba é crescente, devido à sua potencialidade agrícola. Dessa forma, é necessário o uso de sistemas de uso e manejo sustentáveis, considerando predominância de solos de textura média a arenosa. O objetivo deste estudo foi quantificar o carbono da biomassa microbiana e atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico sob cultivos irrigados no Sudoeste do Piauí, região de Matopiba. As áreas estudadas foram: cultivos de banana (*Musa acuminata*), capim napier (*Pennisetum purpureum*), milho solteiro (*Zea mays*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) irrigada após a queima, ambas irrigadas via aspersores e vegetação nativa de ecótono cerrado/caatinga (área de referência). O cultivo de capim napier irrigado por aspersor favorece o carbono da biomassa microbiana do solo em relação ao cultivo de milho irrigado por aspersor, enquanto que o carbono da biomassa microbiana de capim napier mantém similar com a área de vegetação nativa. Os sistemas de uso cana irrigada via aspersor após queima e milho irrigado por aspersor possuem teores mais elevados de nutrientes, sendo que o primeiro, maior teor de fósforo e saturação de bases enquanto que o segundo, maior teor de ferro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioindicadores, qualidade do solo, capim napier.

## 1 | INTRODUCTION

The Southwest region of Piauí, considered one of the main agricultural frontiers of Brazil, has grown in the last decades due to its potentiality. In this region, Mingoti et al. (2014) estimated that the areas of crops would grow 5.3 million hectares to 2,022, or 486 thousand ha year<sup>-1</sup>. However, in the current scenario, some areas cultivated in place of native vegetation have had negative impacts on biodiversity and soil quality (Fernandes et al., 2012).

Soil microorganisms promote the cycling of nutrients to plants, as well as metabolize organic matter from the soil (Souza et al., 2010). According to Braccini et al. (1995),

plant fragments deposited in the soil, provide positive effects on soil chemical attributes, mainly on organic carbon and phosphorus content, besides favoring positive effects in soil microbiology.

Soil microbial biomass presents rapid responses to changes in use and management, mainly due to its capacity to be a reservoir of organic carbon in the soil. In reinforcement, Leite et al. (2010) mentioned in their studies that conventional soil cultivation negatively affect microbial biomass carbon (Cmic) in relation to the natural Cerrado condition. In the Caatinga biome, Sampaio et al. (2008) reinforced the results that conventional cropping systems declined the Cmic, refuted by Silva et al. (2013), which did not observe large differences in forage areas compared to the native vegetation of the caatinga. In this way, it is also possible to reduce biodiversity in the study areas, as well as to improve soil fertility by increasing organic matter. Therefore, the aim of this study was to evaluate the microbial biomass carbon and chemical attributes under different crops in Cerrado/Caatinga ecotone, in the Southwest of Piauí.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in areas cultivated in the municipality of Cristino Castro, Piauí State, Brazil (08° 51' 39" S and 44° 15' 14" W, altitude 239 m). The climate of the region is classified as warm and semi-humid type Aw, according to classification of Köppen, with average temperature of 30 °C and average rainfall of 1,024 mm, distributed between the months of October to April, appearing in the period from January to March, the rainier quarter (INMET, 2017).

The experimental design involves areas under sprinkler irrigated banana (*Musa acuminata*) (BIA), sprinkler-irrigated napier (*Pennisetum purpureum*) (NAP), sprinkler irrigated single corn (*Zea mays*) (MIA), sugarcane (*Saccharum officinarum*) irrigated by sprinkler after burning (CIQ) and native vegetation of cerrado/caatinga (VN) ecotone. The histories of use of the areas under different crops are described in Table 1.

Areas	Description
BIA	Opening in 2006 and conducted under conventional tillage with animal traction and fertilization with cattle manure tanned in pits and plantation of banana rhizomes and irrigated by sprinkler. In 2010, banana cutting and planting of sugarcane irrigated via sprinkler and in 2014, fertilization with cattle manure tanned in pits and replanting of banana rhizomes.
NAP	Opening in 2014 and conducted under conventional tillage with animal traction and in 2015 and planting of sprinkler irrigated napier grass.
CIQ	Opening in 2013, conducted under conventional tillage with animal traction and sugarcane cultivation (cane plant). In 2014, cultivation of sugarcane (cana soca one). In 2015, planting of sugarcane (sugarcane soca two) irrigated by sprinkler.

Table 1. History of irrigated sprinkler banana (BIA), sprinkler irrigated napier grass (NAP), sprinkler irrigated after burning (CIQ) and sprinkler irrigated corn (MIA) in Piauí.

The soil of the areas was classified as Neossolo Quartzarênico Órtico eútrico, sand texture free up to 40 cm depth, according to the criteria of EMBRAPA (2013), and with particle size distribution of 87.5 g kg<sup>-1</sup> of clay, 41.5 g kg<sup>-1</sup> of silt and 871.0 g kg<sup>-1</sup> of sand. The local relief is smooth wavy and the native vegetation is of a cerrado/caatinga ecotone deciduous tropical. The organic matter varied between 0.90% and 6.30% and moisture in 2.56% and 14.29% along the profile and the different agricultural crops (Table 2). Soil chemical analysis was performed according to the recommendations of the Manual of Soil Analysis Methods (EMBRAPA, 2011) (Table 3).

The soil samples for the evaluation of Cmic and the chemistry were carried out in January 2017, with a Dutch survey in the layers of 0.00-0.05 m, 0.05-0.10 m, 0.10-0.20 m, 0.20-0.40 m depth, using 96% alcohol in the cleaning of the vine to avoid contamination to the next soil samples. Each cultivated area has approximately one hectare. In all areas, the samples were randomly collected with twenty-five simple sampling points of each depth, which were homogenized and quarteted to compose five composite samples, by area and depth. The collections were done according to Dionísio et al. (2016), packed in plastic bags and Styrofoam box with dry ice, for transport and sent to the Laboratory of Soil Biology of the Federal University of Goiás (LBS/UFG). After arrival at the final destination, the samples remained refrigerated 4±2 °C, for up to two days.

The soil samples were sieved (4 mm) and the plant and root residues were removed manually with light jet of wind. Each soil sample was divided into three replicates in the laboratory to improve the reliability of the technique. The method used was the irradiation-extraction described by Islam & Weil (1998) and Ferreira et al. (1999). The microwave apparatus used has a 120 V (60 Hz) supply voltage, a frequency of 2450 MHz and a power concentration of 1.35 KW.

The conversion factor (KC) used to convert the Cmic flow was 0.33 (Sparling & West, 1988), more suitable for tropical soils and defended by Ferreira et al. (1999). The Cmic:TOC ratio (microbial biomass:total organic carbon) or microbial quotient was calculated to reflect the carbon inputs and the conversion of organic substrates to the Cmic (Sparling, 1992).

After analyzing the normality of the data, the granulometry, moisture, and soil chemical attributes were used as additional variables among the different cultures to evaluate possible clustering trends with Cmic by Principal Component Analysis (PCA). The standard error of the means in percentage for each area was also calculated, presented as a measurement of data dispersion. Before the application of ACP, Bartlett's sphericity test ( $p < 0.05$ ) was first performed to verify the relationship between the variables. Then, the relationship of Cmic

and centroids of the confidence ellipses for each area was verified through the statistical program XLSTAT® 2016 (Addinsoft, 2016), Microsoft Excel® 2010 *plug-in*.

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

Soil microbial biomass (Cmic), total organic carbon (TOC) and microbial carbon:total organic carbon (Cmic:TOC) carbon ratio were altered by different crops when compared to native vegetation of cerrado/caatinga ecotone (Table 2). In some areas, examples of NAP, MIA and BIA, the variables Cmic, TOC and Cmic:TOC increased their content respectively and, for the other areas, there was no quantified differentiation of these attributes of the soil in relation to the area under native vegetation considered area of reference.

Variables	Areas <sup>a</sup>				
	BIA	NAP	CIQ	MIA	VN
	----- $\mu\text{ g}^{-1}$ -----				
Cmic ( $\mu\text{ g}^{-1}$ )	79.80±13.54ab	91.16±3.70a	81.31±4.57ab	48.99±11.03b	61.36±13.27ab
TOC ( $\mu\text{ g}^{-1}$ )	9.14±1.33b	10.59±1.26b	15.37±3.23ab	19.29±5.99a	11.31±1.67b
Cmic/TOC (%)	8.73±1.35a	8.61±1.51a	5.29±1.74ab	2.54±1.94b	5.43±1.80ab

<sup>a</sup>BIA: sprinkler-fed banana; NAP: sprinkler irrigated napier grass; CIQ: sugarcane irrigated by sprinkler after burning; MIA: corn sprinkler irrigated; VN: native vegetation of cerrado/caatinga ecotone. The numbers after the averages in each treatment refer to the standard error and the identical letters in the row do not differ by the Tukey test at 5% significance.

Table 2. Soil microbial biomass carbon (Cmic), total organic carbon (TOC) and microbial carbon:total organic carbon (Cmic:COT) ratio under irrigated crops in Piauí.

The Cmic was quantified with higher content in the NAP culture system with 91.16  $\mu\text{g}^{-1}$  soil, however, statistically differentiating only from MIA (48.99  $\mu\text{g}^{-1}$ ). The BIA culture obtained the second highest Cmic content (up to 93.34  $\mu\text{g}^{-1}$ ) and close to CIQ, not differing from NAP. This high content of Cmic in CIQ may be directly related to the use of fire during handling.

In this type of system, the burning of sugarcane raises the soil temperature and eliminates some groups of organisms that do not have the capacity to create protective structures, or even in protected sites, thereby decreasing the richness of microorganisms in the soil (Wiedenfeld 2009; Rachid et al., 2013, 2016 and Carvalho et al., 2017) and increases the abundance of some of these specific groups (Lupatini et al., 2017), offering false positive results of soil quality.

The highest TOC content was in the area under MIA cultivation with 19.29 (up to 25.28)  $\mu\text{g}^{-1}$  of soil, statistically differentiating from BIA, NAP and VN, with averages of 9.14  $\mu\text{g}^{-1}$ , 10.59  $\mu\text{g}^{-1}$  and 11.31  $\mu\text{g}^{-1}$ , respectively. Already, the highest percentage of Cmic:TOC

were under the areas with BIA (8.73%) and NAP with 8.61% and in MIA, the worst with 2.54%.

In relation to the organic matter and soil moisture contents in the different layers and in different systems of use, there were significant variations of these attributes (Figure 1). In terms of organic matter, all the superficial layers had higher contents of this attribute of the soil, fact already expected by the greater concentration of roots in the more superficial layers of the soil. Regarding the organic matter in the different crops, corn production presented higher levels up to 0.40 m, with a total of 13.30%. This result can be explained by the high carbon/nitrogen (C/N) ratio of corn biomass and by cowpea planting, previously. These results were similar to those found by Gonçalves, Ceretta (1999) for covering plants such as peas and blue lupine, when compared to treatments without previous preparation. In both studies, it was pointed out that crop rotation and succession improve and recompose the soil profile. The results indicated a higher organic matter variation in CIQ and MIA profiles in relation to VN and similar variation of this attribute between layers of the BIA and NAP culture systems when compared to the organic matter distribution in the profile of the reference area of this study.

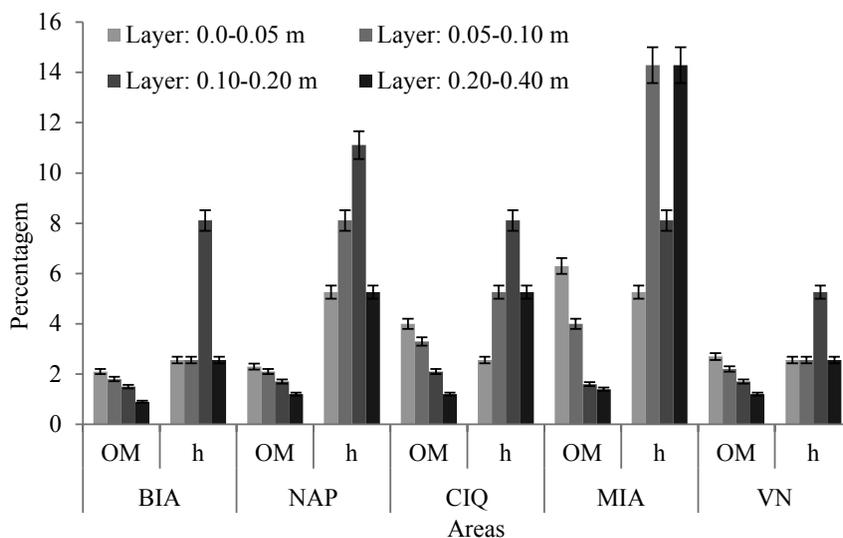


Figure 1. Organic matter (OM) and soil humidity (h) under irrigated crops in Piauí. Sprinkler irrigated banana (BIA), sprinkler irrigated napier grass (NAP), sprinkler irrigated after burning (CIQ), sprinkler irrigated corn (MIA) and native vegetation of cerrado/caatinga (VN) ecotone. The bars refer to the standard error in percentage of the means as a measure of dispersion of the data.

In relation to soil moisture contents, the results indicated a greater variation among layers of the NAP, CIQ and MIA systems, and the latter obtained a higher total moisture content, about 41.95%. In general, the highest moisture content of the soil was quantified in the subsurface layers of the systems of use, since they are layers that hinder the loss of

water in the short term when compared to the superficial layers. The highest losses of water in superficial layers in the studied soil are facilitated by the granulometric fraction sand with average content of 871.0 g kg<sup>-1</sup>, thus possessing low retention of water in the soil. The subsurface layers of MIA were the ones that obtained the highest water retention, a fact that was verified by the higher organic matter contents due to the greater amount of vegetable supply, since it is a grass of smaller cycle than the others that have fasciculate system of the roots.

The chemical attributes of the soil under different uses in areas of cerrado/caatinga ecotone follow in Table 3. In general, the attributes were significantly altered among the different areas studied, being able to verify that the system of use and management can interfere in the quality of the soil, and it is believed that this performance comes from the type of organic material, and as a consequence, the organic matter of the soil, since in no area had a history of liming and chemical fertilization.

Areas	Soil chemical attributes <sup>a</sup>														
	pH	K	Ca	Mg	H+Al <sup>3+</sup>	CEC	V	OM	OC	P	Zn	Na	Cu	Fe	Mn
	CaCl <sub>2</sub>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				---%---		gdm <sup>-3</sup>			-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
BIA	5.6bc	0.3bc	2.1c	0.6b	1.8ab	4.8b	62.5c	1.6b	9.1b	70.9b	6.2b	7.8cd	1.8b	40.8c	46.5b
NAP	5.9b	0.1c	3.0c	0.6b	1.2c	4.9b	74.9b	1.8b	15.4b	5.9b	2.9c	8.8c	1.2c	11.0c	37.0b
CIQ	6.9a	1.4a	5.8ab	1.7a	1.0d	9.9a	89.3a	2.7ab	11.3ab	294.8a	9.8a	14.8b	1.9b	94.0b	72.5a
MIA	5.8b	0.7b	6.6a	2.1a	1.9a	11.3a	80.5b	3.3a	19.3a	38.5b	8.4ab	21.8a	2.3a	146.7a	51.0ab
VN	5.5c	0.3bc	4.1bc	0.8b	1.6b	6.8b	76.2b	2.0b	10.6b	11.5b	1.3c	7.0d	1.3c	17.5c	33.8b

<sup>a</sup>pH (Hydrogen potential), K (potassium), Ca<sup>2+</sup> (calcium), Mg<sup>2+</sup> (magnesium), H+Al<sup>3+</sup> (hydrogen + aluminum), CEC (cation exchange capacity), V (base saturation), OM (organic matter), OC (organic carbon), P (phosphorus), Zn (zinc), Na (sodium), Cu (copper), Fe (iron) e Mn (manganese). Identical letters in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% significance.

Table 3. Soil chemical attributes under sprinkler irrigated banana (BIA), sprinkler irrigated napier grass (NAP), sprinkler irrigated after burning (CIQ), sprinkler irrigated corn (MIA), and native ecotone vegetation (VN), in Piauí.

Most of the nutrients had their highest levels in CIQ and MIA, differing statistically from the other systems of use and soil management. In CIQ, management with straw burning results in high levels of soil chemical elements. Ashes from straw increased soil nutrient contents, and possibly due to the lack of diversity of microorganisms, the metabolic intensity for soil nutrient consumption decreased, with an increase in soil concentration (Perez, Ramos and Mcmanus, 2004). Already in MIA, the increase of soil chemical elements may be due to rotation of crops such as grasses and legumes and consortium in all agricultural years.

The base saturation (V%) in CIQ was more significant when compared to the other systems of use and the area under native vegetation. The reflection of this can be noticed

by the high  $pH_{NaCl}$  (6,9) results possibly due to the management of burning in this crop, and, under the chemical aspect, this shows that soil management can positively influence soil quality. These results contradict the studies by Wiedenfeld (2009) and Carvalho et al. (2017) that indicated a decrease in soil fertility from the point of view of soil organic matter.

In relation to the phosphorus content, considered a more limiting element and less mobile in the soil, in the cultivation of CIQ, values much higher than the other systems of use were obtained, with a value of  $294.80 \text{ mg dm}^{-3}$ . This result contrasts with the results of Trindade et al. (2011), who observed a tendency to reduce the phosphorus content in the burning system, suggestive of the chemical degradation in the soil by the high temperatures of the fire and, consequently, presenting an unsustainable profile for this type of production system. Therefore, the presence of nutrients as well as soil organic matter content positively influences the development of the microbiota and total soil organic carbon (Gazolla et al., 2015).

The relationships between Cmic and systems of use, particle size distribution, soil moisture and soil chemical attributes can be observed from Principal Component Analysis (PCA) (Figure 2). The variability of the data was explained in 71.70% in axis 1 and 25.52% in axis 2, totalizing 97.22% of the total data variability.

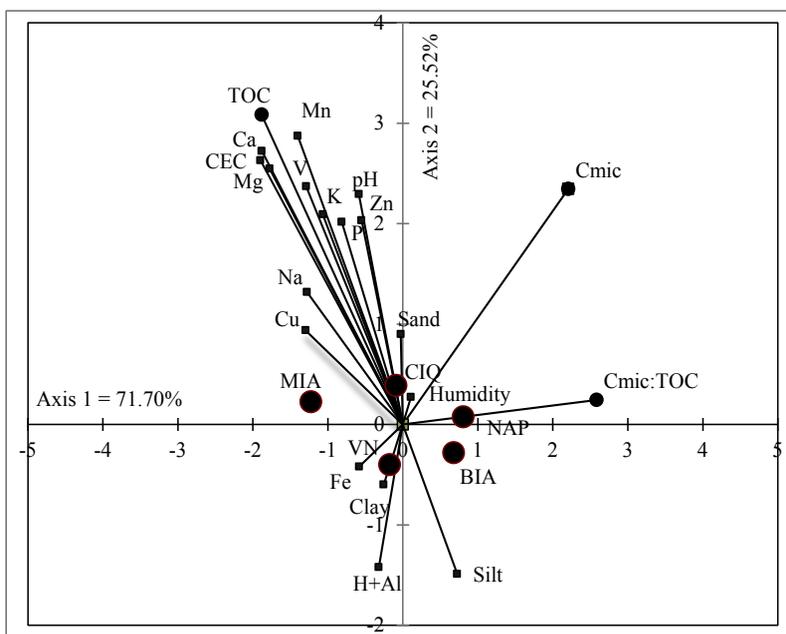


Figure 2. Principal components analysis for microbial biomass carbon (Cmic) under different crops, grain size distribution, soil moisture and fertility as explanatory variables. Sprinkler-irrigated banana (BIA), sprinkler-irrigated napier grass (NAP), sprinkler irrigated after burning (CIQ), sprinkler irrigated corn (MIA) and native vegetation of cerrado/caatinga ecotone (VN). pH (hydrogen potential), P (phosphorus), K (potassium), Ca (calcium), Mg (magnesium), CEC (cation exchange capacity),  $H+Al^{3+}$  (hydrogen + aluminum), V (base saturation), OM (organic matter), Zn (Zinc), Na (sodium), Cu (copper), Fe (iron), Mn (manganese), TOC (total organic carbon) and Cmic:TOC total (microbial carbon:total organic carbon ratio).

In axis 1 was influenced mainly by the Cmic, which, although there was not a well defined relation with some crop presented in the PCA, this soil attribute has tendency of grouping with NAP and CIQ and “very good” concept by Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Kaiser, 1974). Thus, this result induces to point out that NAP management over time will facilitate the colonization of soil microorganisms, however, in the area under CIQ use, it will require more microbiological investigations, since the use of fire is an unsustainable practice.

The suggestion in this study is that sandy soils are promoted by high macroporosity that does not stimulate the full development of the microbiota (Santana et al., 2017), due to the lack or absence of binding sites and protection of soil microorganisms. Therefore, the colonization of microorganisms is only responsible for the content of organic material for its permanence and development (Santana et al., 2017).

In particular for sugarcane, burning is possibly the main responsible for making the majority of the nutrients available to the soil (Rachid et al., 2013), corroborating with the data presented in Table 2, Table 3 and Figure 1, grouping with most of the chemical attributes in this crop. However, the Cmic:TOC, which was considered excellent by KMO, was more associated to BIA and NAP cultures, reinforcing the data presented in Table 2, and by the ability to specialize the groups according to the metabolic profile of the plants (Alves et al., 2011; Queiroz Cunha et al., 2011; Rachid et al., 2016; Singh, Singh and Ghoshal, 2016). The treatments with sugarcane and corn reinforced the high correlation with the presence of nutrients, and the other treatments were presented in opposite form and with low nutrient performance of the soil.

Then, phosphorus tended to cluster with CIQ and MIA, being more associated with axis 2. According to Souza et al. (2010), the soil microbial biomass functions as an environmental compartment for several essential elements, among them, the phosphorus that participates directly for the vegetal development, besides carbon, nitrogen and sulfur, being able to act as catalysts in the decomposition of the organic matter of the soil.

Finally, when verified the possible relations and positive influences of the granulometric fraction of the soil with Cmic, it was verified that the clay fraction was grouped in a totally opposite quadrant, thus considering, a limiting variable for colonization of soil microorganisms. Therefore, because the factor loads were very low, it is impossible to indicate more affirmative for this study, considering the concept of KMO (Kaiser, 1974).

## 4 | CONCLUSIONS

The sprinkler irrigated napier grass crop favors soil microbial biomass carbon in relation to corn sprinkler irrigated, while the microbial biomass carbon of napier grass remains similar to the native vegetation área and other cultivated areas. The irrigation systems irrigated by sprinkler after burning and corn irrigated by sprinkler have higher nutrient contents, being the first, higher content of phosphorus and saturation of bases while

the second, higher content of iron. The principals component analysis does not explain that the carbon of the microbial biomass has direct relation with the studied cultures in Cerrado/ Caatinga ecotone region, however, it tends to group with napier grass and sugarcane.

## CONFLICT OF INTERESTS

We declare there are no conflicts of interest in whatsoever form between the authors in research design, execution, manuscript preparation and choice of journal.

## ACKNOWLEDGMENTS

To the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for granting the scholarship and a Federal University of Goiás for help a research.

## REFERENCES

ADDINSOFT. Xlstat version 2016.4. **Software e guia do usuário.**

ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p.341-347, 2011.

BRACCINI, A. L.; BRITO, C. H.; PÔNZIO, J. B.; MORETTI, C. L.; LOURDES, E. G. Efeito da aplicação de resíduos orgânicos com diferentes relações C/N sobre algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. **Revista Ceres**, v.42,p.671-684, 1995.

CARVALHO, J. L. N.; NOGUEIROL, R. C.; MENANDRO, L. M. 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, p.1181-1195, 2017.

DIONISIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M.; MACEDA, A.; MATTANA, A. L. **Guia prático de biologia do solo.** Curitiba: Sbcs/Nepar, 2016. 152p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2013. 353p.

FERNANDES, M. M.; CARVALHO, M. G. C.; ARAUJO, J. M. R.; MELO, F. R.; SILVA, C. A.; SAMPAIO, F. M. T.; LOBATO, M. G. R. Matéria orgânica e biomassa microbiana em plantios de eucalipto no Cerrado piauiense. **Floresta e Ambiente**, v.19, p.453-459, 2012.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; Vidor, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. Viçosa: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23: p.991-996, 1999. Nota técnica.

GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C. Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 693-704, 2015.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.307-313, 1999.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br>; Acesso em mai. 2018.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, v.27p.408-416, 1998.

KAISER, H. F. An index of factorial simplicity. **Psychometrika**, v.39, p.31-36, 1974.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; HOLANDA NETO, M. R.; ARAÚJO, F. S.; IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1273-1280, 2010.

LUPATINI, M.; KORTHALS, G. W.; HOLLANDER, M.; JANSSENS, T. K. S.; KURAMAE, E. E. Soil microbiome is more heterogeneous in organic than in conventional farming system. **Microbiol Frontal**, v.7, p.1-13, 2017.

MINGOTI, R.; BRASCO, M. A.; HOLLER, W. A.; LOVISI FILHO, E.; SPADOTTO, C. A. Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. Campinas: **Embrapa Gestão Territorial**, 2014, 2p. Nota técnica.

QUEIROZ CUNHA, E.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.589-602, 2011.

RACHID, C. T. C. C.; SANTOS, A. L.; PICCOLO, M. C.; BALIEIRO, F. C.; COUTINHO, H. L. C.; PEIXOTO, R. S.; TIEDJE, J. M.; ROSADO, A. S. Effect of sugarcane burning or green harvest methods on the brazilian Cerrado soil bacterial community structure. **Plos One**, v.8, p.1-8, 2013.

RACHID, C. T. C. C.; PIRES, C. A.; LEITE, D. C. A.; COUTINHO, H. L. C.; PEIXOTO, R. S.; ROSADO, A. S.; SALTON, J.; ZANATTA, J. A.; MERCANTE, F. M.; ANGELINI, G. A. R.; BALIEIRO, F. C. Sugarcane trash levels in soil affects the fungi but not bacteria in a short-term field experiment. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.47, p.322-326, 2016.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.353-359, 2008.

SILVA, D. I. B.; SOARES, L. M. S.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; OLIVEIRA, M. E.; CARNEIRO, R. F. V. Qualidade superficial de um solo sob sistemas de manejo utilizados para produção de forragens no estado do Piauí. **Bioscience Journal**, v.29, p.867-875, 2013.

SINGH, A.; SINGH, M. K.; GHOSHAL, N. Microbial biomass dynamics in a tropical agroecosystem: influence of herbicide and soil amendments. **Pedosphere**, v.26, p.257-264, 2016.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010.

SPARLING, G. P.; OESTE, A. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, p.337-343, 1988.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.567-573, 2004.

SANTANA, A. S.; CHAVES, J. S.; SANTANA, A. S.; ABANTO-RODRÍGUEZ, C.; MORAES, E. R. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima microbial biomass in different management systems and land use in the Southern State of Roraima. **Revista Brasileira de Ciência da Amazônia**, v.6, p.1-62, 2017.

TRINDADE, E. F. S.; KATO, O. R.; CARVALHO, E. J. M.; SERAFIM, E. C. S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no Nordeste Paraense. **Ciência & Desenvolvimento**, v.6, p.7-20, 2011.

WIEDENFELD, B. Effects of Green Harvesting Vs Burning on Soil Properties, Growth and Yield of Sugarcane in South Texas. **Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists**, v.29, p.102-109, 2009.

## MODELADO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO PARA DETERMINAR LAS TEMPERATURAS DE PRERREFRIGERACIÓN Y CONSERVACIÓN ÓPTIMAS PARA DISTINTOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

*Data de aceite:* 01/09/2021

*Data de submissão:* 12/08/2021

### Jorge Cervera Gascó

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete).

España

Universidad de Castilla-La Mancha

ORCID: 0000-0001-5287-6299

### Santiago Laserna Arcas

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete).

España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

### Miguel Ángel Moreno Hidalgo

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria

ETSIAM-IDR (Albacete). España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

ORCID: 0000-0002-5940-6123

### Jesús Montero Martínez

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria

ETSIAM-CREA (Albacete). España

Universidad de Castilla-La Mancha (España)

ORCID: 0000-0002-0309-3367

**RESUMEN:** El objetivo general de este trabajo es el desarrollo de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el proceso de diseño y dimensionado óptimo de sistemas de refrigeración (hydrocooling y cámara de conservación) de frutas y verduras, de forma que se minimice el

coste total (inversión y operación) del sistema, con especial atención a la disminución del consumo energético y de la huella de carbono del sistema. Los dos casos de estudio (cereza y brócoli) fueron bien diferenciados con ubicaciones y fechas de recolección completamente distintas con el objetivo de demostrar la funcionalidad de la herramienta ante condiciones diferenciadas. Las conclusiones reflejaron: a) Los valores de transferencia de calor deben ser más limitantes ante el actual contexto energético. b) La temperatura de salida del hydrocooling de 7/8 no es siempre la idónea. c) La rentabilidad del hydrocooling varía según cambios en el precio de la energía. d) Esta herramienta es de aplicación ante cualquier contexto energético y de costes de inversión de materiales.

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia energética; Sistema de refrigeración; Aislante térmico.

### MODELING OF REFRIGERATION SYSTEMS TO DETERMINATE THE OPTIMAL PRE-COOLING AND COOLING TEMPERATURES FOR DIFFERENT FRUITS AND VEGETABLES

**ABSTRACT:** The main objective of this study was the development of a Decision Support System tool (DSS) for the optimal design and dimensioning of cooling systems (hydrocooling and cooling rooms) for vegetables and fruits. It seeks to minimize the total cost of the system (investment and operation) paying special attention to the reduction of energy consumption and therefore decreasing the carbon footprint of the process. Two cases were studied (cherries and broccoli) with completely different locations

and harvesting dates with the aim of demonstrating the tool under different conditions. The results showed that limiting the heat transference values justifies the cost of investment in isolation under the current energy cost context. Regarding the traditional calculation temperature of 7/8 in precooling, it is not the most appropriate for the hydrocooling product outlet temperature. Furthermore, it is observed that the profitability of the hydrocooling is compromised with significant rises in the price of energy. However, the use of this tool allows to get the analysis of the energy costs and the investment costs of materials in any case study being applicable to other types of crops and locations.

**KEYWORDS:** Energy efficiency, cooling systems, Thermal isolation.

## 1 | INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas vías de ahorro energético y económico, así como la reducción del impacto medioambiental nace como consecuencia de los elevados precios de la energía actuales y por el compromiso con los objetivos de disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tal y como establece el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono y la gestión energética.

En las centrales hortofrutícolas se requiere la máxima atención a las condiciones higiénico-sanitarias de los alimentos y en particular a los más perecederos. Aquí es muy importante el consumo energético necesario para la conservación de los productos. La cadena del frío se ha afianzado y en estos momentos nos parece algo normal y difícil de sustituir. En los últimos años ha sufrido cambios importantes y es de esperar que en los próximos continúe modificándose y adaptándose a las nuevas necesidades (Domínguez & García, 2002).

En este caso los equipos de producción de frío utilizados para el estudio son un sistema de prerrefrigeración (Hydrocooling) y un sistema de conservación (cámara frigorífica) cuyos beneficios se explican a continuación.

El pre-enfriamiento de los productos frescos se realiza para evitar el deterioro de la calidad del producto, y por tanto para mejorar su estado de conservación, prolongando la vida final de éste. Esta fase siempre es muy importante, pero cobra mayor importancia en todos aquellos productos que tienen una elevada velocidad de respiración, así como en aquellas épocas en las que la climatología es más severa, con altas temperaturas que provocan que el producto de campo entre al almacén con temperaturas internas elevadas. Por tanto, para proporcionar el enfriamiento rápido que necesitan los productos, disminuir su transpiración y respiración y prolongar su vida postcosecha así como evitar el aumento de temperatura el hidroenfriamiento resulta idóneo para una correcta refrigeración.

El método de hydrocooling (con sistema tipo ducha), es uno de los que se utiliza con mayor frecuencia por la industria, siendo el más rápido y efectivo. Produce una refrigeración homogénea en la totalidad del producto, proporciona a la fruta u hortaliza tratada un aspecto

fresco limpio y turgente, lo que mejora su presentación comercial; también permite efectuar simultáneamente algún tratamiento germicida, añadiendo al agua el o los productos apropiados (bactericidas o fungicidas); reduce notablemente las pérdidas de peso debido a la brevedad y eficacia del proceso, pues no extrae agua de los tejidos vegetales, como ocurre con el enfriamiento por otros métodos como el aire y el vacío (Malgarejo, 2000). Además, se evita el sobredimensionado de las cámaras de conservación, ya que no tienen que eliminar el denominado “calor del campo” del producto (Brosnan & Sun, 2001).

La refrigeración previa a la carga y expedición del producto terminado será de conservación, donde se pretende mantener la calidad del producto mientras permanece en el almacén (Lamúa, 1999). El equipo frigorífico necesario para realizar tal actividad va a ser la cámara de conservación.

Los sistemas de producción de frío se han analizado en bloque, es decir, tratándose de un todo, de tal forma, que el proceso seguido por el producto tras su entrada a la industria es que pase al hydrocooling, donde se preenfía bajando la temperatura a un determinado valor, y posteriormente el producto pasa a la cámara frigorífica manteniendo la cadena de frío en todo momento. La temperatura de conservación de la cereza en la cámara frigorífica se ha establecido en 6°C, y para el brócoli en 2°C.

Para el dimensionado del sistema de prerrefrigeración el método tradicional se basa en el criterio de los 7/8 que hace referencia al tiempo requerido para que la temperatura inicial del producto disminuya 7/8 de la diferencia entre la temperatura inicial del producto y la del medio de enfriamiento. Este concepto nos dice que conforme va disminuyendo la temperatura de los productos hortofrutícolas, la velocidad de enfriamiento disminuye y aunque se aumente el tiempo del proceso, el enfriamiento logrado ya no es significativo (Becker & Fricke, 2001).

## 21 OBJETIVOS

El principal objetivo planteado en este estudio es el desarrollar una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el proceso de diseño y dimensionado óptimo de sistemas de refrigeración (hydrocooling y cámara de conservación) de frutas y verduras. Se busca que el coste total del sistema (inversión y operación) se minimice, prestando especial atención a la disminución del consumo energético, y por lo tanto, disminución de la huella de carbono del sistema.

Los objetivos específicos planteados son: calcular los valores de transmisión de calor óptima para los casos de estudio mediante la selección óptima de espesores de aislante en las paredes, suelo y techo, y determinar la temperatura de prerrefrigeración óptima de los productos.

## 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Localización y datos de partida

Para la realización de este estudio se han planteado dos escenarios: una central frutícola de cereza y una central hortícola de brócoli. La elección de estos productos se ha debido a la diferente ubicación que presentan, a los efectos post-recolección que presentan y a la buena disponibilidad con los métodos empleados.

Para el caso de la cereza, la central se ha ubicado en la zona norte de la provincia de Alicante (Valle de Gallinera), donde el cultivo de la cereza está muy bien implantado. La campaña de recolección de la cereza empieza en esta zona a mediados de Abril y termina a mediados de Junio. Para el dimensionamiento de las instalaciones de refrigeración, la mayor cantidad de producto registrada en un día en cámara frigorífica es de 60.000 kg y el día con mayor entrada de producto en la industria es de 30.000 kg.

La central hortícola para el brócoli se ha localizado en la provincia de Albacete. La campaña de recolección del brócoli de segunda cosecha va de mediados de agosto a finales de octubre. La mayor cantidad de producto registrada en un día en cámara frigorífica es de 95.000 kg y el día con mayor entrada de producto en la industria es de 45.000 kg.

Los datos de temperaturas medias diarias han sido obtenidos de la estación climática más cercanas a las zonas de cultivo tanto para la cereza (estación de Planes (Alicante), con coordenadas UTM X=729927, Y=4296220, altitud: 519 m) como para el brócoli (estación de Albacete, con coordenadas UTM X=599200, Y=4317150, altitud: 709 m).

Debido a la dificultad de obtener los datos de temperaturas de entrada del producto con exactitud por desconocimiento del momento de recolección se ha establecido un valor promedio teniendo en cuenta las fechas de recolección. Por tanto, el valor medio de entrada del producto a la industria para la determinación de las temperaturas de prerrefrigeración y aislamiento óptimo es de 25°C.

### 3.2 Cálculo de la instalación frigorífica

La instalación frigorífica se ha calculado teniendo en cuenta los volúmenes mencionados anteriormente y características del producto, tales como el calor específico (0,87 y 0,92 kcal·kg<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup> para la cereza y brócoli, respectivamente) y el calor de respiración del producto (1,5696 y 0,7365 kcal·kg<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup> para la cereza y brócoli, respectivamente).

#### *Cálculo del aislamiento de la cámara*

Se han calculado las necesidades de aislante para todos los días de duración de la campaña de recolección, así como su potencia frigorífica, obteniéndose el dato más desfavorable y representativo con el que se dimensiona toda la instalación, realizando un análisis para diferentes valores de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo. Los espesores de aislante evaluados fueron los comerciales entre 60 y 200 mm. Para el

aislamiento de la cámara se ha utilizado panel sándwich relleno de poliestireno expandido en paredes y techo.

### *Cálculo de la potencia frigorífica*

La potencia frigorífica (en kcal/h) se determina considerando las cargas térmicas de diferente origen, como son la carga térmica debida a la pérdida por transmisión de calor por paredes, techo y suelo, la carga térmica debida a las necesidades por renovación del aire, la carga térmica debida a las pérdidas por refrigeración y/o congelación, la carga térmica debida a las necesidades de conservación de los productos, la carga térmica debida al calor desprendido por los ventiladores, la carga térmica debida al calor desprendido por circulación de operarios en las cámaras, la carga térmica debida a las necesidades por iluminación y la carga térmica debida a las necesidades por pérdidas diversas.

### *Dimensionamiento de los equipos de frío*

Mediante el dato de la potencia frigorífica, se ha calculado la instalación frigorífica por compresión mecánica desarrollándose una aplicación informática que determina las condiciones termodinámicas del líquido refrigerante (R404A en este caso) para cada condición del ciclo de refrigeración. El ciclo utilizado ha sido el de Mollier. De esta manera se han dimensionado los componentes de la instalación de frío, como son el evaporador, el condensador, el compresor y la válvula de expansión.

### *Cálculo de los costes*

Se han calculado los costes de aislante y de los equipos de producción de frío mediante la consulta de datos de la web, catálogos comerciales y empresas especializadas. El coste energético de conservación en la cámara frigorífica se ha calculado teniendo en cuenta un número de horas de funcionamiento máximo, establecido en 18 horas diarias, obteniendo las necesidades de potencia en kW·h diarias y analizando diferentes costes energéticos comprendidos entre los valores 0,2, 0,3 y 0,4 €·kW·h.

## **3.3 Cálculo del sistema de prerrefrigeración por hydrocooling**

Para el caso del sistema de prerrefrigeración por hydrocooling, el método que se ha seguido es el propuesto por la fundación ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) (Becker y Fricke, 2001). Se ha calculado el hydrocooling por compresión mecánica desarrollándose una aplicación informática que determina las condiciones termodinámicas del líquido refrigerante (R407C en este caso) para cada condición del ciclo de refrigeración. El sistema de prerrefrigeración (Hydrocooling) se ha analizado mediante dos vías. La primera de ellas tiene en cuenta el método tradicional de la temperatura de los 7/8 y la segunda de ellas tiene en cuenta la

temperatura comprendida dentro de un intervalo establecido, siendo su máximo valor la temperatura de llegada del producto y su mínimo el de conservación del producto.

El coste energético para el sistema de prerrefrigeración se ha determinado mediante la obtención del número de cargas máximo según el número de horas de funcionamiento y el tiempo estimado del proceso para la temperatura que se quiera alcanzar. Esto permite obtener la carga del hydrocooling, dependiente de su capacidad y de la entrada de producto a la industria, para una temperatura a alcanzar dada y obteniendo el tiempo (t) empleado en realizar esa carga diaria. A partir del tiempo de funcionamiento diario y de la potencia calculada del compresor, se determina la energía necesaria. Según el coste de la energía (en este estudio 0,2, 0,3 y 0,4 €·kW<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) obtenemos el coste energético que se produce para cada día, e integrándolo en toda la campaña, el coste energético anual.

### 3.4 Anualización de la inversión

La expresión utilizada para anualizar la inversión es el Capital Recovery Factor o Coste de Recuperación del Capital (CRF):

$$\text{CRF} = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (1)$$

Siendo N la vida útil considerada, e “i” la tasa de interés.

La herramienta desarrollada permite interactuar con las variables Vida Útil, Tasa de Interés, incluso con diferentes formas de financiar la inversión. Los resultados obtenidos y expuestos en esta comunicación proceden de considerar que la inversión se financia exclusivamente con fondos propios, para una vida útil de 20 años y una tasa de interés del 5%.

### 3.5 Coste anual de conservación del producto

El coste anual total de conservación de los productos (cereza y brócoli) se calcula como la suma de los costes de inversión anualizados más los costes energéticos de la prerrefrigeración y de conservación en la cámara.

### 3.6 Herramienta informática

Toda esta metodología de cálculo se ha implementado en una aplicación informática, de momento en EXCEL® (de Microsoft Inc.), pero se podría programar en MATLAB® (de MathWorks Inc.), con el fin de que sea una herramienta fácil de manejar, versátil, en un entorno amigable, que permita analizar y optimizar el proceso de conservación por refrigeración de frutas y hortalizas, para cualquier producto, en cualquier localización y con diferentes condiciones de conservación.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 Determinación de los espesores de aislamiento óptimos

Para la determinación de los espesores de aislamiento óptimos se han analizado los valores de pérdidas de calor en paredes, suelo y techo comprendidos entre 3 y 14 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> para la cereza y 3 y 16 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> para el brócoli. Se busca el valor óptimo de pérdidas de calor que minimiza el coste total (inversión y operación) de la cámara frigorífica. En la figura 2 se ha representado la evolución de los costes anuales totales para la conservación del brócoli, junto a los costes unitarios del aislamiento, de los equipos de frío y de la energía (considerando un precio de la energía de 0,2 €·kW<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), todo ello función de las pérdidas de calor consideradas. Se comprueba cómo conforme aumentan las pérdidas de calor, el coste en aislamiento disminuye, pues resultan, lógicamente, espesores de aislantes menores. Por el contrario, conforme aumentan las pérdidas consideradas, aumentan los costes de los equipos de frío y los gastos energéticos. Globalmente, el coste mínimo, para el caso del brócoli, se consigue con un dimensionamiento de aislante que provoca unas pérdidas de calor de 9 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>. El espesor de aislante resultante para estas pérdidas es el mínimo, 0,06 m, para paredes y suelo, y 0,1 m para el techo.

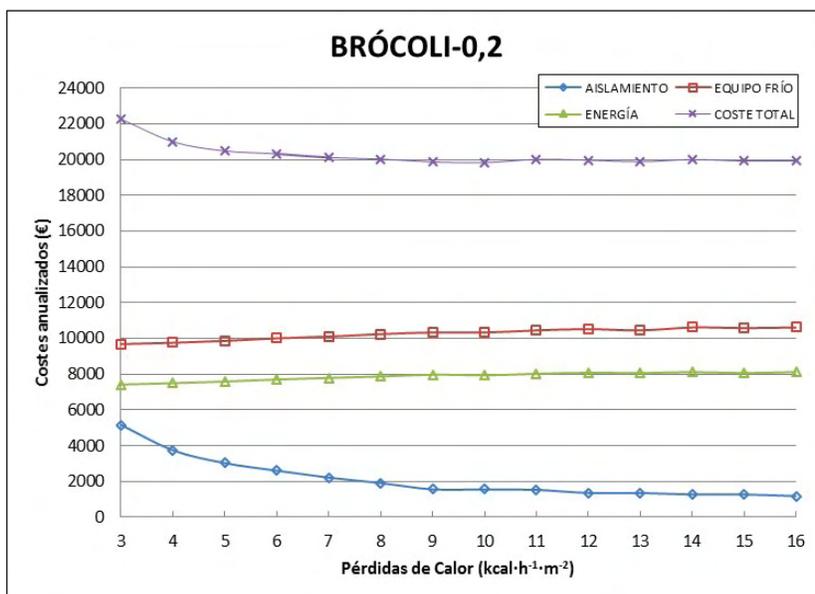


Figura 2. Evolución de los costes de aislamiento, de equipos de frío, energéticos y totales, para la conservación del brócoli, en función de las pérdidas de calor permitidas, y para un precio de la energía de 0,2 €·kW<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>.

Los costes totales son mayores cuando las pérdidas de calor son muy pequeñas, pues son necesarios mayores espesores de aislantes, lo cual lleva a la conclusión que

no es óptimo aislar las cámaras al máximo para reducir las pérdidas de calor al mínimo. A partir de unas pérdidas de 8-9 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> los costes totales se mantienen más o menos constantes. De los tres componentes del coste total, el coste de inversión de los equipos de frío es el más importante en cuanto valor absoluto, seguido del coste energético. Sin embargo, es el coste del aislamiento el más sensible respecto al coste total, ya que, para pequeños valores de pérdidas, el aumento en ambos casos es considerable.

En las figuras 3 y 4 se han representado los costes anuales totales de conservación de ambos productos, brócoli y cereza, en función de las pérdidas de calor por paredes, suelo y techo y para los tres precios de la energía considerados. Para ambos productos, la tendencia es similar, comprobando como se produce un descenso continuo del coste de conservación en la cámara, para los diferentes valores del precio de la energía, conforme aumentan las pérdidas de calor por paredes, suelo y techo, desde 3 hasta 8 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>, en el caso de la cereza, y hasta 9 kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> en el caso de brócoli. A partir de estos valores, que se consideran los óptimos, los costes se mantienen prácticamente constantes hasta los valores máximos de pérdidas considerados.

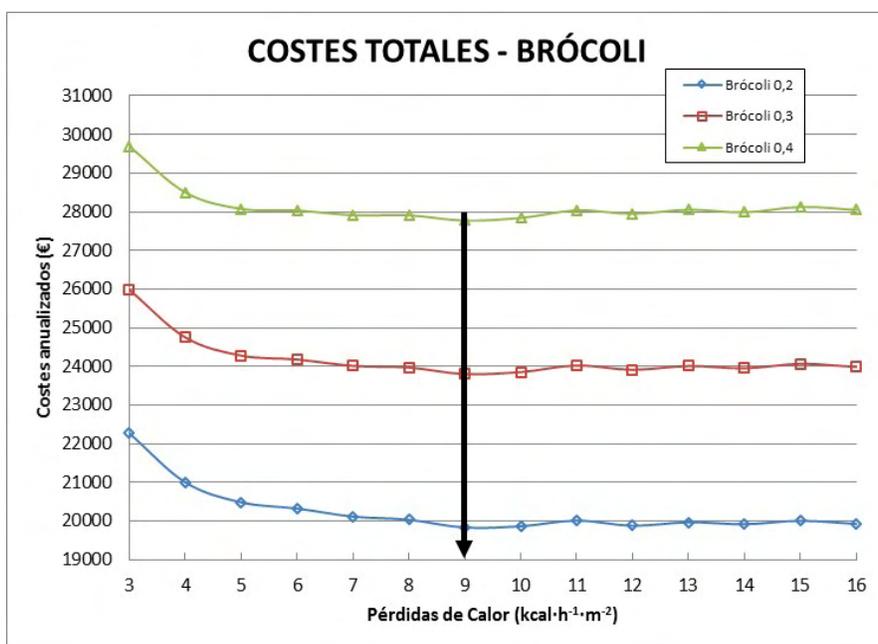


Figura 3. Valor óptimo de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo en cámara de conservación de brócoli.

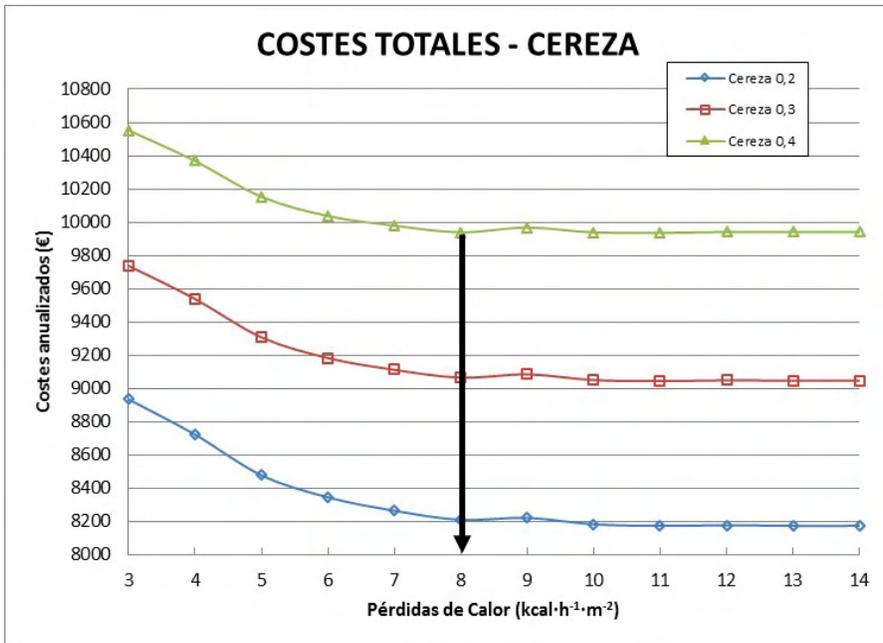


Figura 4. Valor óptimo de pérdidas de calor por paredes, suelo y techo en cámara de conservación de cereza.

## 4.2 Determinación de las temperaturas de prerrefrigeración óptimas

Buscando cual es la temperatura de prerrefrigeración óptima ( $t^a$  de salida del hydrocooling =  $t^a$  de entrada en la cámara de conservación) que minimiza el coste total de conservación de los productos, se ha aplicado el modelo. Se han considerado las cámaras de conservación calculadas con los espesores de aislante que se han obtenido como óptimos según el apartado anterior.

En las figuras 5 y 6 se ha representado la evolución de los costes de conservación en función de la temperatura de prerrefrigeración o temperatura de entrada a la cámara, para ambos productos y con los diferentes precios de la energía. Se han marcado en las figuras la situación de no hydrocooling, así como la temperatura con los costes mínimos y la temperatura de los 7/8, que en el caso del brócoli corresponde a 4°C y para la cereza, 8,4°C.

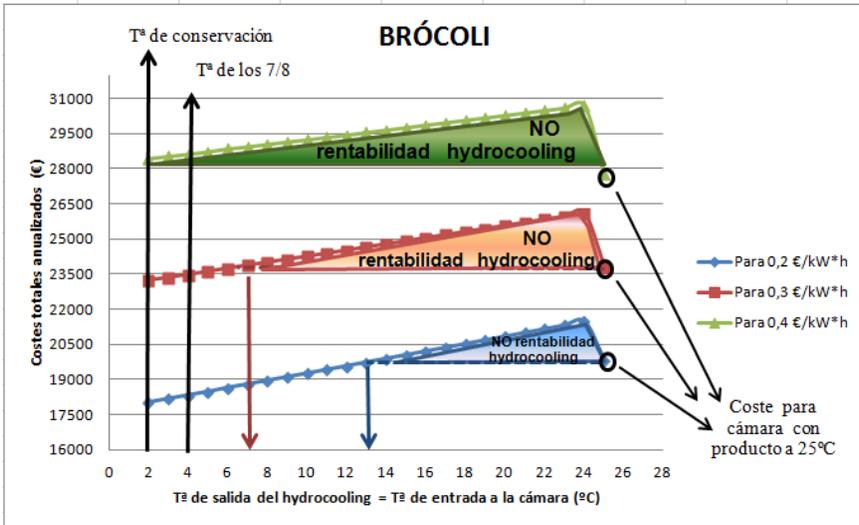


Figura 5. Análisis de las temperaturas óptimas de prerrefrigeración para el brócoli.

En el caso del brócoli, y para un precio de la energía de  $0,2 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , el hydrocooling es rentable siempre que la temperatura de prerrefrigeración sea menor o igual a  $13^\circ\text{C}$ . Para temperaturas superiores los costes son superiores a la situación de no existencia de hydrocooling. Además, el coste mínimo no se obtiene con la temperatura de los 7/8, sino con la temperatura de conservación en la cámara de  $2^\circ\text{C}$ . Los ahorros obtenidos han sido de  $352,5 \text{ €}$  representando el  $1,95\%$  respecto al modelo tradicional de diseño de los 7/8.

Para el caso de  $0,3 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , al aumentar el precio de la energía limita las posibilidades de tener un sistema de preenfriado. Resulta rentable tener en nuestra instalación un hydrocooling hasta una temperatura de salida del hydrocooling y de entrada a la cámara de  $6^\circ\text{C}$ , ya que a partir de este valor no interesa tenerlo porque los costes son superiores a los de tener una cámara frigorífica únicamente. Los ahorros obtenidos han sido de  $354,72 \text{ €}$  representando el  $1,50\%$  respecto al modelo tradicional.

Para el caso de  $0,4 \text{ €} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , al aumentar mucho el precio de la energía, no resulta rentable tener en la instalación un sistema de preenfriado (Hydrocooling), ya que para cualquier temperatura de prerrefrigeración se supera los costes respecto a tener una cámara frigorífica únicamente.

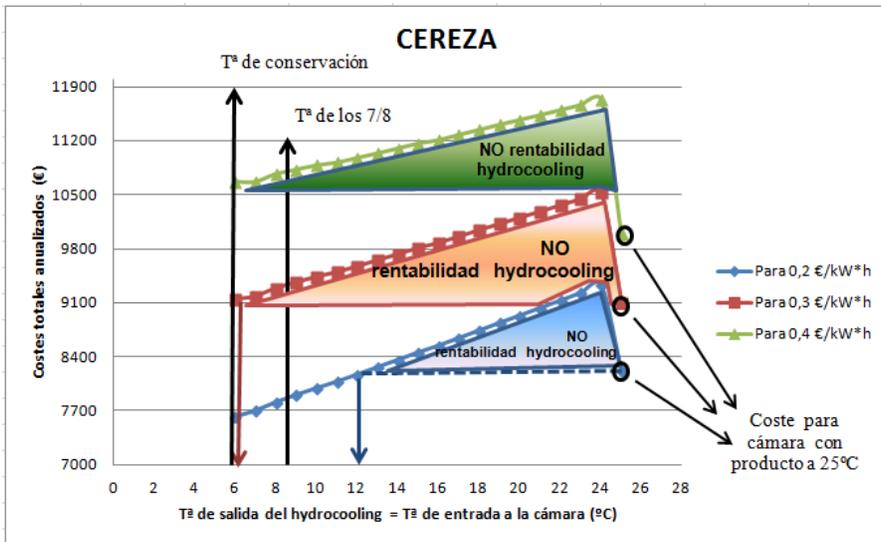


Figura 6. Análisis de las temperaturas óptimas de prerrefrigeración para la cereza.

En el caso de la cereza, y para un precio de la energía de  $0,2 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , el hydrocooling es rentable siempre que la temperatura de prerrefrigeración sea menor o igual a  $12^\circ\text{C}$ . El coste mínimo no se obtiene con la temperatura de los 7/8, sino con la temperatura de conservación en la cámara de  $6^\circ\text{C}$ . Los ahorros obtenidos han sido de  $172 \text{ €}$  representando el  $2,2 \%$  respecto al modelo tradicional. Para el caso de  $0,3 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , se podría prescindir de tener el sistema de preenfriado, ya que prácticamente el coste se iguala con el de la cámara frigorífica. Para el caso de  $0,4 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , al igual que pasa con el brócoli, no resulta rentable tener en la instalación un sistema de preenfriado con hydrocooling.

Lo anteriormente descrito nos indica que los costes de equipos de cámara frigorífica son muy altos. También hay unas demandas altas de energía tanto en el sistema de preenfriado como en la cámara frigorífica. Conforme el precio de la energía aumenta, los costes de la energía en los dos sistemas de producción de frío superan ampliamente los costes de equipos y los otros costes con una subida muy pronunciada. Este comportamiento se justifica puesto que el sistema hydrocooling consume una gran cantidad de energía para extraer el calor necesario del producto para llevarlo a una temperatura adecuada para su almacenamiento en un tiempo muy reducido, con el consiguiente beneficio de cara a la calidad del producto. La cámara conlleva un elevado coste de inversión, pero en el caso de tener que enfriar el producto desde la temperatura de entrada hasta la de conservación, el tamaño de los equipos de refrigeración se incrementaría elevando el coste en equipos.

Así, el coste energético es una variable clave al analizar la viabilidad de inclusión de un sistema de prerrefrigeración. En caso del coste energético actual, que se puede estimar

en  $0,2 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , es aconsejable contar con un hydrocooling, de forma que la inversión en este equipo se pueda ver compensada con la menor inversión en equipos en la cámara. Además, el producto se enfría de forma rápida mejorando su calidad de almacenamiento. Sin embargo, cuando se incrementa el coste energético ( $0,3\text{-}0,4 \text{ €}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) la viabilidad de instalación de este tipo de equipo de prerrefrigeración se ve comprometida, ya que, al enfriar en un periodo de tiempo muy corto, el consumo energético es elevado, y por lo tanto su coste.

En caso de disponer de sistemas hydrocooling, la opción más económica, en cualquier caso, es llevar el producto hasta la temperatura de conservación en cámara, y no como se venía haciendo hasta ahora de considerar la temperatura de  $7/8$ . Es decir, que es preferible, una vez decididos a hacer la inversión en este tipo de sistemas, disponer de un hydrocooling potente que permita disminuir la temperatura del producto hasta la de conservación.

## 5 | CONCLUSIONES

La herramienta desarrollada ha resultado muy útil en cuanto a los objetivos planteados y se han obtenido resultados muy positivos y concluyentes acerca del comportamiento de los sistemas de frío analizados, por una parte, con un sistema de preenfriado (hydrocooling) previo a la entrada de producto a la cámara de conservación y, por otra parte, de la propia cámara de conservación. El modelo es aplicable a cualquier producto hortofrutícola que necesite refrigeración y para cualquier localización.

En primer lugar, se ha puesto de manifiesto que es esencial hacer un análisis exhaustivo para determinar las pérdidas de calor por paredes suelo y techo, considerando no sólo los aspectos de inversión, sino los derivados del consumo de energía. En los casos estudiados, ha resultado óptimo contemplar unas pérdidas de calor por paredes, suelos y techo alrededor de  $8\text{-}9 \text{ kcal}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Se ha estudiado la rentabilidad de tener un sistema de preenfriado (hydrocooling). El sistema de preenfriado demanda unas elevadas cantidades de energía y, por tanto, ante subidas importantes en el precio de la energía no resulta rentable.

Se ha observado que el método tradicional de cálculo de la temperatura de salida del hydrocooling, los  $7/8$ , no es la más adecuada, ya que es preferible que la temperatura de salida del hydrocooling sea la de conservación en cámara, de tal forma que el hydrocooling trabaje al máximo posible para bajar la temperatura del producto desde su entrada hasta la de conservación en la cámara frigorífica. De este modo evitaremos el sobredimensionado de los equipos de la cámara.

No se han considerado los beneficios obtenidos al instalar un sistema de prerrefrigeración derivados del incremento de la calidad del producto, lo que en muchas ocasiones determina el requerimiento de este tipo de sistemas. En todo caso, con esta

herramienta se pueden incluir nuevas variables para nuevos escenarios.

## REFERENCIAS

Becker, B.R., & Fricke, B.A. (2001). **Hydrocooling time estimation methods. Mechanical Engineering.** University of Missouri-Kansas City.

Brosnan, T., & Sun, D. (2001). **Precooling techniques and applications for horticultural Products.** International Journal of Refrigeration, 24,154-170.

Domínguez, M., & García, C. (2002). **La distribución a temperatura controlada de productos perecederos en Europa.** Alimentación, 169, 45-48.

Lamúa, M. (1999). **Aplicación del frío a los alimentos.** Ed. AMV.

Melgarejo, P. (2000). **Cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido.** Ed. AMV.

# CAPÍTULO 8

## PROJETO TÓPICOS EM GASTRONOMIA: GRUPO DE ESTUDOS REMOTO

*Data de aceite: 01/09/2021*

*Data de submissão: 01/06/2021*

### **David de Andrade Cabral**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Rio de Janeiro - RJ  
<http://lattes.cnpq.br/4414384150885166>

### **Filipe Duarte Silva Dias**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS

### **Giulli Pacheco de Oliveira**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Rio Grande – RS  
<http://lattes.cnpq.br/4504742647964312>

### **Juciara Silva Correa Fonseca**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS  
<http://lattes.cnpq.br/6726204805032478>

### **Julia dos Santos Azevedo**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS

### **Karine Von Ahn Pinto**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS  
<http://lattes.cnpq.br/9108136213078834>

### **Luiza Medeiros da Silva**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS

### **Luiz Guilherme Prospero Nunes**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS

### **Tatiane Tavares Fujii**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS  
<http://lattes.cnpq.br/5314167370865549>

### **Vitoria Pivatto**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia  
Pelotas – RS  
<http://lattes.cnpq.br/1799032525713398>

### **Eliezer Avila Gandra**

Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos  
Pelotas – RS  
<http://lattes.cnpq.br/4340389450218214>

**RESUMO:** No início da pandemia de Covid-19 o Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia teve como único elo de atividade com seus discentes o projeto “Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar”. Nesse projeto foram desenvolvidos aprendizados e atividades através de reuniões via Webconferência da UFPel com o intuito de aprimorar os conhecimentos adquiridos durante o curso, aprender novos conteúdos ou ainda, se aprofundar em assuntos que foram citados brevemente em algumas disciplinas. Durante os encontros foram abordados temas de interesse entre os participantes e após a explanação teórica, uma atividade prática era proposta para ser realizada de forma remota, seguida da apresentação dos resultados. Nas ações do projeto houve a colaboração de outros docentes a fim de compartilhar conhecimento com os participantes. Além disso, no decorrer das ações, os participantes compartilharam, com o intuito de aprofundar o conhecimento, vídeos, artigos e reportagens relacionadas aos conteúdos trabalhados. Inclusive na ação de divulgação dos resultados, os participantes foram bem assíduos e colaborativos, atuando de forma excelente na escrita e apresentação de trabalhos em eventos da área. Entre os assuntos abordados destacaram-se: fermentação natural, cultivo de brotos, técnicas de fotografia em alimentos, Currículo Lattes, escrita científica, técnicas de empratamento e Festa Junina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentos; ensino remoto; empratamento; fotografia; Covid-19.

### PROJECT TOPICS IN GASTRONOMY: REMOTE STUDY GROUP

**ABSTRACT:** At the beginning of the Covid-19 pandemic, the Undergraduate of Technology in Gastronomy had single activity link with its students the project “Topics in Gastronomy: Group of Interdisciplinary Studies”. In this project, learning and activities were developed through meetings via UFPel Webconference in order to improve the knowledge acquired during the course, learn new contents or even deepen in subjects that were mentioned briefly in some subjects. During the meetings, topics of interest were discussed among the participants and after the theoretical explanation, a practical activity was proposed to be carried out remotely, followed by the presentation of the results. In the project’s actions there was the collaboration of other professors in order to share knowledge with the participants. In addition, during the actions, the participants shared, in order to deepen their knowledge, videos, articles and reports related to the worked content. In the action to publicize the results, the participants were very assiduous and collaborative, working in an excellent way in writing and presenting papers at events in the area. Among the topics covered, the following stood out: natural fermentation, shoots to cultivation, food photography techniques, Lattes Curriculum, scientific writing, food design techniques and June Festival.

**KEYWORDS:** Food; remote learning; food design; photography; Covid-19.

## 1 | INTRODUÇÃO

*“O estudo foi para mim o remédio soberano contra os desgostos da vida, não havendo nenhum desgosto de que uma hora de leitura não me tenha consolado”* (MONTESQUIEU, 1689-1755) (PENSADOR 2020).

O Projeto de Ensino “Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar” teve por objetivo proporcionar aos discentes do Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia um estudo interdisciplinar sobre diversas vertentes, contemporâneas e tradicionais relacionadas à área da Gastronomia. A proposta foi possibilitar a análise e discussão de assuntos com foco na relevância para a área e que são ainda pouco explorados a fim de complementar o conteúdo visto no Curso, além de promover aos participantes um estudo integrado entre diversas linhas do conhecimento. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo apresentar como se deu o Projeto Tópicos em Gastronomia no decorrer do ano de 2020, apresentando de forma sucinta suas principais atividades e resultados.

## 2 | METODOLOGIA

Foram realizados encontros semanais, com duração aproximada de 1 hora, de forma remota, via sistema Webconferência da UFPel, desde o mês de abril até dezembro, tendo em vista o distanciamento social causado pela pandemia do Covid-19. Nesse período o projeto contou com a participação dos acadêmicos do Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia, da coordenadora do projeto e de professores convidados. Durante os encontros, foram realizadas análise e discussão de temas propostos pelos integrantes e pela coordenadora, abrangendo áreas de frequentes dúvidas entre os alunos. Além do aprofundamento de conteúdos tratados durante o curso e, apresentação de novos conceitos e técnicas, integrando diversas áreas do conhecimento com sugestões de atividades práticas adaptadas para serem realizadas em casa a fim de enriquecer o conhecimento adquirido. Entre os assuntos abordados destacaram-se: fermentação natural, cultivo de brotos, técnicas de fotografia em alimentos, preenchimento de Currículo Lattes, escrita científica, técnicas de empratamento, Festa Junina e confraternização alternativa que também ocorreu de forma virtual.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo e análise dos temas propostos pelo Projeto de Ensino Tópicos em Gastronomia, feito de forma remota, foi realizado com clareza em suas informações e abordaram os mais variados conteúdos que estão descritos de forma sucinta a seguir.

No início do projeto foi realizada a apresentação das informações principais, objetivos e assuntos pré adquiridos para análise. Em seguida, houve uma aula sobre cultivo de brotos, onde foi abordado suas propriedades nutricionais, seus benefícios para a saúde

e para a alimentação. Apesar de ser muito comum nas culinárias orientais e indianas, a produção e consumo de brotos no Brasil é recente, cerca de 10 anos, havendo poucos dados técnicos sobre isso. No início eram restritos às lojas de produtos naturais, hoje brotos de alfafa, brócolis, rabanete ou trevo são facilmente encontrados em redes de supermercados, quitandas, feiras livres, mercados municipais, ou ainda, em forma de sementes orgânicas para cultivo e germinação nas residências. Além de fazer parte do cardápio de diversos restaurantes. Entretanto, os benefícios de consumo de brotos e microverdes ainda é pouco divulgada e explorada gastronômica (AZEVEDO, 2020; GLOBO RURAL, 2004).

Assim, como interação foi orientado aos participantes que realizassem uma atividade, onde eles cultivariam seus próprios brotos em casa, com as instruções dadas em aula e fariam uma receita com os produtos obtidos. Na semana seguinte os resultados foram expostos (Figura 1) de forma positiva, tendo sido efetuado a germinação dos brotos e o aproveitamento deles em receitas diversas como saladas, sopas, bebidas vegetais e outros (GANDRA, 2020).



Figura 1 - Processo de germinação de grãos de lentilha.

Fonte: Os autores.

Como segunda atividade o projeto contou com a participação da professora Juliana Angeli do Centro de Artes da UFPel em uma aula dedicada à fotografia voltada para a gastronomia. O encontro foi enriquecido com dicas e artifícios técnicos que poderiam ser utilizados em fotografia de alimentos. Foram disponibilizados modelos com as aplicações destas técnicas. Posteriormente, os participantes apresentaram resultados da atividade prática relacionada a essa aula de forma surpreendente (Figura 2), aplicando várias técnicas aprendidas nas fotografias de pratos gastronômicos produzidos. Os resultados

obtidos foram de excelente qualidade e servirão como aprendizado para as fotografias tiradas futuramente durante o curso de Gastronomia e na vida profissional (ANGELI, 2020).



Figura 2 – Fotografia do brigadeiro de amendoim antes e depois da aula de fotografia.

Fonte: Os autores.

Pode-se perceber que, comparando as duas fotos, há uma diferença de aspectos visuais para quem vê e interpreta a foto, sendo que a segunda foto possui um apelo relacionado ao ingrediente principal e ao próprio produto em si. O que segundo Hobday e Denbury (2010) faz evidenciar sabores e texturas esperados para aquele alimento.

Dando seguimento aos aprendizados de fotografia, foi realizado uma aula com a temática de Festa Junina, considerando o período da festividade, onde trocou-se vários saberes sobre essa cultura, como origem, danças, alimentos e brincadeiras. Foi estudado em grupo que durante as Festas Juninas vários elementos devem ser considerados para que esses eventos tenham características típicas da festa tradicional. Entre eles estão as danças típicas, a vestimenta caipira caricata, a decoração que caracteriza o ambiente, a fogueira, as brincadeiras e até mesmo as simpatias. Também, outro aspecto de grande destaque que foi abordado foi a gastronomia envolvida nestas Festas Juninas, com a produção de inúmeras comidas à base de ingredientes como o milho e o amendoim, nativos do Brasil, para elaboração de pratos como canjica, pamonha, pé de moleque, além de bebidas como o quentão servidos durante a socialização da festa (BATISTA, 2020; DIANA, 2020).

Nesse sentido, no encontro foi proposto uma atividade em que os integrantes deveriam preparar uma comida típica do evento em suas casas e compartilhar sua experiência por fotos e receitas. Obteve-se resultados satisfatórios, onde os aprendizados com a professora Juliana Angeli também foram aplicados. Além disso, nesse tópico

surgiram receitas com ingredientes típicos elaboradas de forma mais contemporânea, como o “brigadeiro de milho verde com coco” (YOKI, 2020).

Ainda, com o intuito de aprimorar os resultados do aprendizado de fotografia na área, foram realizados encontros sobre técnicas de empratamento, tema recorrente entre os discentes do curso de Gastronomia. Nos encontros desse tema foram tratados aspectos como elementos básicos para a composição do prato e sua disposição, as diferentes vertentes de estilo de empratamento e suas influências na composição final, ponto focal e elemento principal do prato. Também foram estudados porcionamento de ingredientes, fluxo e linhas de disposição, decoração, entre outros aspectos que juntos cooperam para elaboração de um produto harmônico e de excelente apresentação para o cliente. Na atividade desse encontro, foi proposta a prática dos conhecimentos através da elaboração de um prato considerando um dos estilos ou técnicas apresentadas para em seguida ser compartilhada com os colegas (HOBDAY e DENBURY, 2010).

Devido ao grande aumento de interesse dos participantes pela área de panificação, principalmente para a produção de pães de fermentação natural, o projeto teve também a participação do professor do curso de Gastronomia Wagner Halmenschlager, que compartilhou conhecimento sobre a história da panificação e da fermentação natural para obtenção de pães. Foram abrangidos conhecimentos acerca da composição química e biológica do fermento natural e como sua atuação na massa do pão influencia o crescimento, aroma, sabor e propriedades nutricionais (GIUSTOZZI, 2018; HALMENSCHLAGER, 2020).

A tradição do cultivo do *levain* é milenar e reproduzido não apenas por famílias, mas também por padeiros e chefs de cozinha. Um pão caseiro fermentado com *levain* tem sabor único e esse fato para muitos consumidores é um algo insubstituível. Entre as principais características dos pães produzidos com fermento natural estão o sabor ácido e o maior tempo de duração. O ácido láctico, produzido pelos lactobacilos presentes, através abaixamento do pH, impede que outros microrganismos patogênicos ou deteriorantes cresçam e se multipliquem com facilidade, trazendo uma segurança desse tipo de produto ao consumidor, além das características sensoriais únicas (RIBEIRO, 2020; LEME, 2018).

Na atividade referente a essa aula, os integrantes do projeto produziram seu próprio fermento natural. Vários participantes não obtiveram sucesso na primeira tentativa ou apresentaram desenvolvimento mínimo por alguns fatores, em especial o frio do inverno do Sul do Rio Grande do Sul. Entretanto, alguns obtiveram resultados positivos na primeira, ou segunda tentativa, demonstrando a complexidade desta área da panificação e o requerimento de conhecimentos mais completos acerca desse conteúdo para a obtenção de resultados positivos (Figura 3).



Figura 3 – Crescimento de levain em diferentes tempos de alimentação.

Fonte: Os autores.

Foram sanadas dúvidas acerca das horas complementares do curso e sobre publicações de trabalhos científicos em eventos e periódicos. Esse último a fim de incentivar a escrita e divulgação científica da área, aumentando assim a produção de trabalhos técnicos dos acadêmicos do Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia, no qual existe um ambiente repleto de vertentes e assuntos pouco explorados.

Diversos trabalhos acadêmicos foram escritos e publicados em diferentes eventos científicos da área, tendo como raiz principal de seus conhecimentos o Projeto Tópicos em Gastronomia, onde se teve toda a base e orientação para a produção dos mesmos, superando as expectativas dos participantes. Trabalhos acerca da produção de pães durante o período de distanciamento social, sobre “ala minuta” tradicional de Pelotas no Rio Grande do Sul, fatores antinutricionais, frutas típicas brasileiras como o Jatobá, fermentação natural, entre outras produções enriquecedoras resultantes do aprendizado no projeto.

Por fim, foi realizada ao final do ano de 2020 uma confraternização, tendo como atividade um amigo oculto cuja finalidade era haver um encerramento das atividades do ano e uma reunião amistosa e agradável entre os integrantes. Na atividade os participantes realizaram uma receita baseada nas preferências alimentares de um integrante do projeto devendo fazer um prato inspirado nele e um texto desejando boas novas para o próximo ano. Diversas fotografias dos pratos realizados foram compartilhadas na confraternização, tendo um grande engajamento do projeto com os discentes e trazendo maior interesse de

outros graduandos a ingressarem no projeto após a divulgação de seus resultados.

Por fim, relata-se que nessa modalidade de estudo alguns pontos negativos foram observados, como algumas falhas na rede de internet, a falta de participação e/ou dificuldade de interação com alguns participantes, bem como a exclusão dos indivíduos que têm dificuldade ou não tem o acesso à internet ou a meios para acessar a plataforma da Webconf.

Entretanto, pontos positivos foram também observados, como a maior abrangência do projeto. E a forma como dispôs aos participantes a oportunidade de estudo e contato com a Universidade mesmo que à distância. Nesse sentido, cabe ressaltar que o projeto foi o único ponto de vínculo entre os acadêmicos participantes e a UFPel durante o período de 8 semanas que antecederam o Calendário Alternativo I, fato que o tornou extremamente importante para socialização e suporte de conhecimento entre acadêmicos da Gastronomia e professores da Universidade.

## 4 | CONCLUSÕES

O Projeto de Ensino "Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar", através de encontros remotos, atingiu seus objetivos previsto no ano de 2020, proporcionando experiências que causaram grande impacto positivo nos discentes do curso de Gastronomia participantes do grupo.

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas Acadêmicas, modalidade Bolsa de Iniciação ao Ensino, da Pró-Reitoria de Ensino da UFPel e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela Bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

ANGELI, J. **Fotografia de gastronomia**: Aula do Projeto Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar – UFPel. 2020.

AZEVEDO, D. **Vantagens de incluir brotos na alimentação**. Dicas de Mulher, saúde. Acessado em 01 out. 2020. Online. Disponível em: <https://www.dicasdemulher.com.br/vantagens-de-incluir-brotos-na-alimentacao/#:~:text=Muito%20comuns%20nas%20culin%C3%A1rias%20orientais,op%C3%A7%C3%A3o%20para%20incrementar%20o%20card%C3%A1pio.>

BATISTA, R. **Festa Junina**. Acessado em 23 set. 2000. Online. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/detalhes-festa-junina.>

DIANA, D. **Festas Juninas**. Acessado em 23 set. 2020. Online. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/festas-juninas/>

GANDRA, T. K. V. **Cultivo de Brotos**. Aula do Projeto Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar – UFPel. 2020.

GIUSTOZZI, B. **Pão caseiro de fermentação natural**. Rio de Janeiro, 18 set. 2020. Acessado em 18 set. 2020. Online. Disponível em: <https://benedettagiustozzi.com/pt/home-nutricao-holistica/>

GLOBO RURAL. **Que broto legal!** Edição 226, ago 2014 Acessado em 01 out. 2020. Online. Disponível em: [http://revistagloborural.globo.com/EditoraGlobo/componentes/article/edg\\_article\\_print/0,3916,790660-1641-1,00.html](http://revistagloborural.globo.com/EditoraGlobo/componentes/article/edg_article_print/0,3916,790660-1641-1,00.html)

HALMENSCHLAGER, W. **Produção de Levain:** Aula do Projeto Tópicos em Gastronomia: Grupo de Estudos Interdisciplinar – UFPel. 2020.

HOBDAY, Cara; DENBURY, Jo. **Segredo da apresentação de pratos: Food styling passo a passo**. Tradução: Eni Carmo de Oliveira Rodrigues. 1º Edição. São Paulo: Marco Zero, 2010.

LEME, Guilherme. **Como fazer o levain, fermento natural para pães**. 2018. Acesso em: 20 ago. 2020. Online. Disponível em: <http://paonapanela.com.br/como-fazer-o-levain-fermento-natural-para-paes/>.

PENSADOR. *Barão de Montesquieu: O estudo foi para mim o remédio....* Acessado em 18 de set. 2020. Online. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/MT10Njc/>

RIBEIRO, Adriano. **O que é fermento natural e qual sua vantagem sobre o industrializado**. Acesso em: 20 ago. 2020. Online. Disponível em: <https://amopaocaseiro.com.br/fermento-natural/>.

YOKI. **Festa junina**. Rio de Janeiro, 18 set. 2020. Acessado em 18 set. 2020. Online. Disponível em: <https://www.festajunina.com.br/>

# CAPÍTULO 9

## VARIABILIDADE GENÉTICA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES CULTIVADAS - 236/CAP/2013 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE MILHO PRODUZIDOS EM MATO GROSSO

Data de aceite: 01/09/2021

Data de submissão: 25/08/2021

### Ana Paula Sampaio Morais

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/5684709253473456>

### Alice Alves da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/4668022768354559>

### Aline Cassiano Costa

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/2843337474967753>

### Aline Queiroz de Freitas

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/3954723833982376>

### Alisson Nadin

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/4099385233055440>

### Barbara Antonia Simioni Silva

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá – MT  
<http://lattes.cnpq.br/7466864010992875>

### Bianca Neves de Souza Silva

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá – MT  
<http://lattes.cnpq.br/2539798271103117>

### Bruno Luciano Caires Ferreira

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/9821086946378906>

### Cezar Luiz Costa Filho

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/4607041586747168>

### Heitor Pereira Xavier

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/6243078987520045>

### Poliana Torres Silva

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá – MT  
<http://lattes.cnpq.br/6004827997518695>

### Rafael Faria Villela

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT  
Cuiabá - MT  
<http://lattes.cnpq.br/1883010927740578>

**RESUMO:** Na atualidade, procura-se sementes com alto potencial e qualidade fisiológica visando melhores resultados no campo. Portanto, sua qualidade é descrita de acordo com o seu potencial genético, sua germinação e seu vigor e por seus aspectos visuais. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação entre quatro genótipos de milho (*Zea mays L.*) com base na qualidade das sementes e estimar a associação entre variáveis relacionadas à qualidade das sementes usando o teste padrão de germinação, e assim, identificar variedades

com alta qualidade fisiológica. O experimento foi conduzido no Laboratório de Recursos Genéticos da Faculdade de Agronomia e Zootecnia na Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos (genótipos de milho) e quatro repetições com 50 sementes cada. Foram avaliados o percentual de germinação e emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz. Concluiu-se que o híbrido Impacto Vipetra 3 mostrou-se, em média, o de melhor qualidade fisiológica com os maiores valores médios para os atributos em estudo e o BRS 1010 mostrou-se o de menor qualidade fisiológica sendo então não tão eficientes para uso de seus recursos genéticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., emergência, germinação, qualidade fisiológica.

## GENETIC VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF CULTIVATED SPECIES – 236/CAP/2013 - PHYSIOLOGICAL QUALITY OF CORN HYBRIDS PRODUCED IN MATO GROSSO STATE

**ABSTRACT:** Nowadays, the search for seeds with high physiological potential and quality is aimed at better results in the field. Therefore, its quality is described according to its genetic potential, its germination and vigor, and by its visual aspects. Thus, the objective of this study was to evaluate the variation among four corn (*Zea mays* L.) genotypes based on seed quality and to estimate the association between variables related to seed quality using the standard germination test, and thus, identify varieties with high physiological quality. The experiment was conducted in the Laboratory of Genetic Resources of the Faculty of Agronomy and Animal Science at the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá campus. The experiment was conducted in an entirely randomized design with four treatments (corn genotypes) and four repetitions with 50 seeds each. Percentage of germination and emergence, emergence speed index, aerial part length, and root length were evaluated. It was concluded that the hybrid Impacto Vipetra 3 showed, on average, the best physiological quality with the highest mean values for the attributes under study and BRS 1010 showed the lowest physiological quality being then not so efficient for the use of its genetic resources.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L., emergence, germination, physiological quality.

## 1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais importante e mais produzido no Brasil, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor, de acordo com os números da Conab. Principalmente devido às características fisiológicas que o milho possui uma alta produtividade no país. Sua importância é caracterizada por suas diversas formas de utilização, aonde vai desde a alimentação humana e animal, até a indústria. É um dos alimentos mais consumidos pela população e o principal insumo para a produção de animais, como aves, bovinos e suínos.

Sua semeadura pode ser feita em duas épocas, a segunda safra é feita normalmente após a colheita da soja precoce. Suas sementes seguem um padrão de classificação, conforme tamanho e formato. Em uma espiga de milho, observa-se nas sementes, uma variedade de tamanhos e formatos então a classificação é realizada para que as sementes sejam sempre homogêneas, facilitando a semeadura e a sua distribuição uniforme, e

consequentemente, o aumento da produtividade (KIKUTI et al., 2003).

Sementes com alto potencial fisiológico vem sendo cada vez mais procuradas, visando melhores resultados no campo. Portanto, sua qualidade fisiológica é descrita de acordo com o seu potencial genético, sua germinação e seu vigor e por seus aspectos visuais, ou seja, melhor distribuição das sementes quanto ao tamanho e maior qualidade. Scotti e Krzyzanowski (1977) relatam que sementes de maior tamanho e achatadas, possuem melhor desempenho, porém, não é totalmente comprovado essa relação do tamanho e do formato quanto a qualidade das sementes.

A grande procura por produtos de alta qualidade faz com se aplique técnicas de melhoria à produção de sementes. Com isso, houve uma melhoria na qualidade das sementes através dos tratamentos e da utilização de híbridos simples e triplos por conterem alto potencial genético, já que são resultados de cruzamentos possuindo linhagens puras.

No projeto foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar a variação das sementes dos genótipos de milho com base na qualidade das sementes e estimar a associação entre variáveis quanto a essa qualidade.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea, pertence à família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. É uma planta alógama, herbácea, monóica, possui os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes, é uma planta robusta e ereta, possui de um a quatro metros de altura e seu cultivo tem por finalidade a produção de grãos.

As fases de desenvolvimento da cultura do milho são divididas em estádios vegetativos e estádios reprodutivos, onde o estágio vegetativo consiste no período desde a emergência do cotilédone até o pendoamento, onde plantas de emergência atrasada podem apresentar menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular, e assim, menor capacidade de competição quantitativa por luz, água e nutrientes. O estágio reprodutivo consiste no período entre o pendoamento e a maturidade fisiológica.

O ciclo do milho é determinado através do número de dias da semeadura até o pendoamento ou até a maturação fisiológica ou colheita. O ciclo pode ser superprecoce, precoce, semiprecoce e normal (Carlos Cruz, 2002). A cultura completa seu ciclo em quatro a cinco meses sendo então uma planta de ciclo anual.

Ainda segundo Carlos Cruz (2002), para que se obtenha alta produtividade na lavoura de milho, deve-se utilizar cultivares que se adaptam a região, que contenham ciclo específico para a região, tolerância a doenças, qualidade do colmo e da raiz, textura e cor do grão, ou seja, deve-se escolher bem a área de plantio, as condições ambientais e verificar se o solo é adequado para o plantio do milho. O solo ideal para a cultura do milho apresenta características físicas em textura média de 30-35% de argila ou argilosos bem estruturados, permeáveis e adequados à drenagem, permitindo a planta boa capacidade

de retenção de água e de nutrientes (SANS; SANTANA, 2002). O sistema radicular do milho cresce rápido, sendo a profundidade ideal de mais de 1 metro para não prejudicar o desenvolvimento das raízes, por fim, um solo rico em nutrientes (SILVA et al., 2010).

Assim como todas as culturas, há a exigência de água pela planta e no milho essa exigência é de 500 a 800 m, e a planta só realiza os processos de germinação e emergência quando essa exigência é suprida. O estresse hídrico prejudica a disponibilidade, absorção e o transporte de nutrientes, podendo ocorrer ataque de pragas e/ou doenças, pode afetar o comprimento de internódios, fazer com que os colmos fiquem mais finos, as plantas ficam com um menor porte e uma menor área foliar. Portanto, a disponibilidade de água para a cultura é de suma importância, principalmente após a germinação e na fase reprodutiva, sendo a época em que mais se necessita de água em 15 dias antes e 15 dias depois do pendoamento, contribuindo para o florescimento das inflorescências masculinas e femininas (SILVA et al., 2010).

O sistema radicular extenso ou maior relação raiz/parte aérea; pequeno tamanho de células; cutícula foliar; mudanças no ângulo foliar; comportamento e frequência estomática; acúmulo de metabólito intermediário; ajuste osmótico; resistência à desidratação das células são mecanismos que contribuem para a resistência do milho ao stress hídrico.

A semente do milho é classificada como cariopse, é dividida em pericarpo, endosperma e embrião, onde o pericarpo é a camada externa da semente, é fina e resistente. O endosperma é a parte da semente que está envolvida por essa camada externa, o pericarpo, e é constituído por amido e outros carboidratos. O embrião é a estrutura que está ao lado do endosperma, podendo ser classificado como a própria planta em miniatura. Sua ocorre em 5 ou 6 dias e para que ocorra são necessárias condições ambientais favoráveis. A temperatura considerada ideal para a germinação da semente está entre 24 a 30°C, acima disso, torna-se prejudicial a cultura.

A semente é considerada o insumo agrícola de grande importância, por ser o que conduz as características genéticas que determinam o desempenho da cultivar, portanto a obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica é um dos requisitos essenciais para que se obtenha alta produtividade e rentabilidade. Essa produtividade alta é então o resultado da interação entre o potencial genético das cultivares, da tecnologia e do ambiente. A preferência de cultivares que possuem alto potencial genético sempre vão ser os mais procurados, já que altos rendimentos de milho estão relacionados a emergência rápida, completa e regular das plantas e isso se dá por esse potencial genético. Os híbridos simples que permitem maximizar a exploração da heterose, proporcionam resultados positivos quanto a produtividade, sem alterar ou prejudicar os custos de produção.

Atualmente o cultivo de milho está condicionado a cultivares com estreita base genética qualidade de sementes garante rápida e uniforme germinação, com estabelecimento de plântulas vigorosas em uma ampla faixa de ambientes. A qualidade fisiológica, é de grande importância que deve ser considerado pelos programas de conservação e de

melhoramento de milho.

Essa qualidade pode ser definida como um conjunto, constituído pelos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, que podem ou não afetar a sua capacidade de produzir plantas de alta produtividade. O aspecto fisiológico é o mais responsável pelo desempenho da semente em campo. O máximo potencial fisiológico é alcançado na maturidade fisiológica e a qualidade fisiológica das sementes pode ser avaliada e estimada pela de germinação e vigor.

A germinação é a retomada do desenvolvimento do embrião até a formação de uma plântula, seguida por atividades metabólicas iniciadas a partir de uma hidratação. A água é então crucial no processo germinativo pois controla a reidratação dos tecidos, intensificando a respiração, ativando o sistema enzimático fazendo com que ocorra hidrólise e mobilização de reservas, fornecendo energia e nutrientes para a retomada do crescimento do embrião. O vigor da semente é a capacidade de apresentar desempenho adequado sob diferentes condições de ambiente, influenciado ainda durante o seu desenvolvimento e maturação.

São métodos padrões para essa avaliação e estimativa, os testes de germinação, que são reconhecidos pelas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e os testes de vigor. Os testes de vigor têm como objetivo avaliar ou detectar diferenças na qualidade de lotes com germinação semelhante.

O teste de germinação de sementes em laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas do embrião. Nesse teste a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, sistema radicular bem desenvolvido, formado por raiz primária longa e delgada, raízes secundárias produzidas dentro do período de duração do teste, parte aérea bem desenvolvida e formada por hipocótilo reto, geralmente delgado e alongado, nas plântulas de germinação epigea, epicótilo bem desenvolvido, hipocótilo e epicótilo alongados e mesocótilo alongado.

Segundo as regras para análise de sementes, o teste de germinação realizado no presente trabalho, tem por objetivo determinar o potencial máximo de germinação das sementes, podendo ser realizado para comparar a qualidade de diferentes amostras de sementes. A realização desse teste por análise em laboratório, efetuados em condições controladas, permite uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras de sementes de milho.

### 3 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Recursos Genéticos, do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, na Universidade Federal de Mato Grosso, campus de Cuiabá.

Inicialmente foi determinada a massa de mil sementes (g) de cada genótipo pela

contagem ao acaso de oito subamostras de 100 sementes que, em seguida foram pesadas em balança de precisão. A média foi multiplicada por dez e os valores expressos em gramas, conforme Brasil (2009). Posteriormente, as sementes de cada genótipo foram avaliadas nos seguintes testes:

**1 - Teste de Germinação:** utilizadas quatro repetições de 50 sementes, em papel germitest umedecido com água na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em germinador do tipo B.O.D. à temperatura constante 30 °C, sendo a contagem total de sementes germinados obtida após sete dias. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**2 - Primeira contagem de germinação:** realizada concomitante ao teste de germinação, sendo feita a contagem do número de sementes germinadas aos quatro dias após a instalação do experimento. Os dados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**3 - Comprimento de plântulas:** realizado conjuntamente ao teste de germinação, onde ao final de sete dias foi medido o comprimento de 10 plântulas de cada repetição. As medições foram separadas em comprimento de parte aérea e comprimento de raiz primária expressos em cm.

**4 - Emergência em Leito de Areia:** utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada repetição. As sementes de cada genótipo foram dispostas em bandejas de polietileno, com areia esterilizada e distribuídas em sulcos com 2 cm de profundidade. O substrato foi umedecido sempre que necessário e a avaliação final das plântulas foi realizada até a estabilização da emergência, sendo os resultados expressos em porcentagem.

**5 - Índice de Velocidade de Emergência:** utilizado o teste de emergência de plântulas em bandejas, foram feitas contagens diárias desde o primeiro dia até a contagem final. O índice de velocidade de emergência foi calculado de acordo com Maguire (1962) pela fórmula:  $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (En/Nn)$ , Sendo: E1, E2, onde En= número de plantas emergidas, na primeira, segunda e última contagem; N1, N2 e Nn= número de dias da semente à primeira, segunda e última contagem.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado com quatro genótipos e quatro repetições para cada genótipo. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo Scott Knott a 5% de probabilidade. Para estimar o grau de associação entre variáveis relacionadas à qualidade das sementes utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson ( $r_{x,y}$ ). Os dados foram analisados utilizando-se o programa computacional Genes (Cruz, 2001).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de mil sementes dos genótipos foi: 251g (DEKALB) e 352,5 G (BRS 1010).

O tamanho das sementes é dependente do comprimento, largura e espessura.

Segundo Carneiro et al. (2001), essas três dimensões são utilizadas durante o beneficiamento de lotes de sementes, já que o objetivo é a obtenção de um produto padronizado para ser manuseado mecanicamente durante a semeadura.

Essas porcentagens indicam alta qualidade fisiológica desses materiais, pois segundo MAPA (2013) a porcentagem mínima para produção e comercialização de sementes de milho é 85%.

<b>Genótipos</b>	<b>Germinação (%)</b>	<b>CR (cm)</b>	<b>CPA (cm)</b>
Híbrido Impacto Vipetra 3	99,0 a	18,2 a	15,2 a
Híbrido Dekalb	98,0 a	11,8 b	6,1 c
Híbrido Convencional L 356	97,0 a	16,5 a	12,7 b
Híbrido BRS 1010	95,0 b	11,0 b	7,2 c
<b>CV (%)</b>	<b>1,4</b>	<b>10,8</b>	<b>4,9</b>
<b>Média Geral</b>	<b>98,0</b>	<b>15,5</b>	<b>11,3</b>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 1 - Médias de germinação, comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA) de plântulas de genótipos de milho.

Os genótipos 1, 2 e 3 não diferiram estatisticamente quanto a germinação com respectivos valores de 99,0; 98,0 e 97,0% (Tabela 1). O menor percentual de germinação ocorreu no Híbrido BRS 1010 com o valor de 95,0%, sendo todos os híbridos utilizados no experimento com percentual acima do padrão mínimo de germinação proposto pela legislação e em uma faixa considerada satisfatória de germinação e emergência para que se obtenha bons resultados em campo.

Com relação ao comprimento de raiz, houve diferença significativa para os Híbridos Dekalb e BRS 1010, tendo respectivamente, 11,8 e 11,0 cm de comprimento (Tabela 1).

<b>Genótipos</b>	<b>Emergência (%)</b>	<b>CR (cm)</b>	<b>CPA (cm)</b>	<b>IVE</b>
Híbrido Impacto Vipetra 3	99,0 a	16,1 b	19,3 a	3,5 a
Híbrido Dekalb	89,0 a	21,2 a	19,2 a	3,2 a
Híbrido Convencional L 356	89,0 a	18,4 ab	19,3 a	3,2 a
Híbrido BRS 1010	93,0 a	22,9 a	23,2 a	3,3 a
<b>CV (%)</b>	<b>10,6</b>	<b>10,5</b>	<b>5,6</b>	<b>10,3</b>
<b>Média Geral</b>	<b>92,3</b>	<b>18,6</b>	<b>19,3</b>	<b>3,3</b>

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2 - Médias de emergência, comprimento de raiz (CR) e parte aérea (CPA) de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) de genótipos de milho.

O índice de emergência de todos os híbridos não diferiu estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Em milho, há afirmações de que a desuniformidade da velocidade de emergência pode afetar o desenvolvimento completo do milho, sendo que plântulas com emergência precoce sombrearão as plântulas com emergência tardia, que em alguma fase de desenvolvimento deve mostrar atraso no crescimento foliar e altura.

Quanto ao comprimento radicular, as plântulas dos híbridos Dekalb e BRS 1010 possuem os maiores tamanhos e demonstram um desenvolvimento inicial rápido em relação aos híbridos Impacto Vipetra 3 e o Convencional L 356 (Tabela 2) que expressa um retardo em seu crescimento inicial. As sementes com alto desempenho fisiológico possuem processos metabólicos rápidos e estáveis, e por isso, uma emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação (MINUZZI, 2010)

Na realização do comprimento da parte aérea, o híbrido BRS 1010 apresentou o maior comprimento, sendo de 23, 2 cm mas não diferiu estatisticamente de nenhum dos outros híbridos. No índice de velocidade de emergência não houve diferença significativa para os quatro híbridos.

O híbrido Dekalb apresentou o alto comprimento radicular, mas o menor comprimento da parte aérea, enquanto os híbridos Impacto Vipetra 3 e o Convencional L 356 apresentaram crescimentos iguais da parte aérea e menor comprimento radicular indicando emergência atrasada, e assim, menor é a capacidade de competição quantitativa por água, luz e nutrientes em condições de campo (MEROTTO JUNIOR et al., 1999).

## 5 | CONCLUSÕES

Conclui-se que entre os testes realizados, em maioria, houve diferença significativa entre os quatro híbridos, ocorrendo então diferenças na qualidade fisiológica destes. O híbrido Impacto Vipetra 3 mostrou-se, em média, o de melhor qualidade fisiológica com os maiores valores médios para os atributos em estudo e o BRS 1010 mostrou-se o de menor qualidade fisiológica sendo então não tão eficientes para uso de seus recursos genéticos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

CARNEIRO, J. W. P.; GUEDES, T. A.; AMARAL, D. Descrição do tamanho de sementes de milho em lotes disponíveis no comércio. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 209-214, 2001.

KIKUTI, A.L.P. et al. Desempenho de sementes de milho em relação à sua posição na espiga. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 765-770, 2003.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 45, DE 17 DE SETEMBRO DE 2013. Padrões para produção e comercialização de sementes. **DOU de 20/09/2013 (nº 183, Seção 1, pág. 6)**

**Fisiologia do milho** (Circular técnica 22). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2002.

**Manejo da cultura do milho** (Circular técnica 87). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2006.

SCOTTI, C.A.; KRZYZANOWSKI, F.C. **Influência do tamanho das sementes sobre a germinação e vigor em milho**, Londrina: IAPAR, 1977 10p. (IAPAR Boletim Técnico, 5).

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V.; ZAMORA, Sérgio A. GORDON, M. **Influência da germinação da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento do estande e na produtividade de milho**. Revista Brasileira de Sementes, v. 24, n. 2, p. 1-5, 2002.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 381 p, 1971.

MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; HAVERROTH, H.S. **A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho**. Ciência Rural, v.29, n.4, p.595-601, 1999.

**Híbrido simples de Milho BRS 1010** (Comunicado técnico 107). Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2004.

DIAS, M.A.N.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M. **Vigor de sementes de milho associado à mato-competição**. Revista Brasileira de Sementes, v.32, n.2, p.93-101, 2010.

ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P., Faccioli, F. S. **Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 28, n. 4, p. 535-543, out./dez., 2006.

ALBUQUERQUE, P. E.; RESENDE, M. **Cultivo do milho: Manejo de Irrigação**. Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2002.

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. **Cultivo do milho. Preparo convencional do solo**. Ministério da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2002.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho. Clima e solo**. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Sete Lagoas, MG Embrapa, Dezembro, 2002.

# CAPÍTULO 10

## UMA SÍNTESE DO PROCESSO BIOTECNOLÓGICO DA CERVEJA ARTESANAL

*Data de aceite: 01/09/2021*

*Data de submissão: 06/08/2021*

### **Mariana Landenberger dos Santos**

Universidade de Ribeirão Preto  
Ribeirão Preto – São Paulo  
ID Lattes: 7878018074648495

### **Bruno Pinto Ferreira**

Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – Nilo de Stéfani  
Ribeirão Preto – São Paulo  
ID Lattes: 4432070673944010

### **Andresa de Toledo Triffoni-Melo**

Universidade de Ribeirão Preto  
Ribeirão Preto – São Paulo  
ID Lattes: 4230830716881986

### **Sônia Marli Zingaretti**

Universidade de Ribeirão Preto  
Ribeirão Preto – São Paulo  
ID Lattes: 3195515678174130

**RESUMO:** A cerveja é uma das bebidas mais antigas do mundo. O seu processo biotecnológico perpetua há anos. Entretanto, nos dias atuais, o consumidor está cada vez mais exigente em busca de inovação. Visto a demanda do mercado, originaram a chamada cerveja artesanal. O objetivo deste trabalho é sintetizar o processo biotecnológico na produção da cerveja, e ressaltar os seus benefícios nas doenças cardiovasculares. Para isso foram utilizadas a base de dados do PubMed e sites

governamentais, utilizando os descritores isolados ou associados cerveja artesanais, fermentação, polifenóis e doenças cardiovasculares. O diferencial da cerveja artesanal está voltado no processo de produção, especificamente na fermentação e na utilização dos tipos de malte e lúpulo, um dos principais ingredientes utilizados em uma gama de estilos de cervejas. Muito embora o lúpulo seja caracterizado pelo amargor da cerveja, nota-se recentemente que seus componentes, especificamente os polifenóis trazem benefícios para as doenças cardiovasculares, desde que consumidos na quantidade adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antioxidante. Biotecnologia. Polifenóis.

### A SYNTHESIS OF THE BIOTECHNOLOGICAL PROCESS OF CRAFT BEER

**ABSTRACT:** Beer is one of the oldest beverages in the world. Its biotech process has been perpetuated for years. However, nowadays, the consumer is increasingly demanding, always looking for innovation, giving rise to the call of craft beer. The objective of the review is to synthesize the process of the biotechnology in the production of beer, and highlight the benefits regarding to cardiovascular diseases. For this, the PubMed database and governed sites were used, with the following keywords, alone or associated, craft beer, fermentation, polyphenols and cardiovascular diseases. The differential of craft beer is focused on the production process, specifically the fermentation and also the use of

hops, one of the main ingredients used in a range of beer styles. Although hops are necessary for the bitterness of beer, it has been recently noticed that its components, specifically polyphenols, bring benefits for cardiovascular diseases, as long as they are consumed in the necessary amount.

**KEYWORDS:** Antioxidant. Craft Beer. Polyphenols.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na última década o interesse despertado pelos consumidores vem crescendo em relação ao consumo de alimentos e bebidas, tanto referente aos seus aspectos sensoriais, quanto ao seu processo de fabricação (CAVALLINI *et al.*, 2021). O consumidor busca pela inovação do produto, procurando o seu diferencial entre as cervejas tradicionais (AQUILANI *et al.*, 2015).

Novos produtos vêm sendo inseridos no mercado, criando um ciclo constante entre a procura e a oferta, agregado a um desejo insaciável de experimentar o novo, impactando positivamente na produção de cerveja (MARONGIU *et al.*, 2015), principalmente das cervejas artesanais (ELZINGA; TREMBLAY; TREMBLAY, 2015).

A China é o maior produtor de cerveja (397 milhões de hectolitros) do mundo, segundo os últimos dados disponibilizados em 2017, enquanto o Brasil produz 140 milhões de hectolitros; sendo 8,5 milhões de barris de cerveja artesanal produzidos anualmente (NIERO; HAUSCHILD, 2017).

Estimativas atuais apontam a ascensão do mercado da cerveja, movimentando cerca de 730 bilhões de dólares em 2022, enquanto pressupõe-se que a cerveja artesanal representará vendas de 500 bilhões de dólares em 2025 (PETRUCCI *et al.*, 2021).

A cerveja é uma das bebidas alcoólicas fermentadas mais antigas de todo o mundo (GAROFALO *et al.*, 2015), sendo a bebida alcoólica mais consumida por brasileiros. As grandes cervejarias, *pubs* e linhas de restaurantes impulsionam o mercado da cerveja artesanal, que vem crescendo e ganhando espaço ao longo dos anos (MURRAY; O'NEILL, 2012).

Os cervejeiros artesanais estão focados na inovação do produto. O diferencial das cervejas artesanais são os tipos de cerveja a serem produzidos, conferindo aroma e sabores ímpares à bebida (CARVALHO *et al.*, 2018), muitas vezes resgatando estilos de cervejas e técnicas de produção, que estimulam o interesse do consumidor (BETTS, 2016).

Dentre os aspectos a serem considerados na cerveja artesanal, apresenta-se: teor alcoólico, envelhecimento e embalagem (BAIANO, 2021), além da versatilidade em poder cruzar os estilos de cervejas (MASTANJEVIĆ *et al.*, 2019).

Assim, o objetivo deste trabalho é sintetizar o processo biotecnológico na produção da cerveja artesanal, e ressaltar os seus benefícios nas doenças cardiovasculares.

## 2 I OS QUATRO PRINCIPAIS INGREDIENTES

Genericamente, a cerveja é preparada a partir de quatro ingredientes principais: água, lúpulo, levedura e malte.

### 2.1 Água

A água é um ingrediente fundamental na qualidade final da cerveja por representar até 90% de sua composição. É responsável pela leveza, qualidade e confiabilidade da cerveja (MORADO, 2009). Historicamente era pré-requisito para a instalação de uma cervejaria, a qualidade da água oferecida no local, devido às suas características influenciarem na qualidade do produto. Isso pode explicar o porquê diferentes regiões ficaram famosas pelo tipo de cerveja que produziam (Tabela 1). Hoje, com as diferentes técnicas para o tratamento da água, sua composição pode ser alterada para as características almeçadas (BRIGGS *et al.*, 2004).

Parâmetros	Pilsen	Munich	Vienna
Total de sólidos secos	51	273	984
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	7.1	80	163
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	3.4	19	68
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	14	-	243
Carbonato (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	-	164	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	4.8	5	216
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Tr.	3	Tr.
Cloreto (Cl <sup>-</sup> )	5.0	1	39
Sódio (Na <sup>+</sup> )	-	1	-

Tabela 1 - Análise da composição de água utilizadas em regiões famosas (expresso em mg/L). Os sinais “-“ refere-se ao significado que não possui.

Fonte: Adaptado de Briggs *et al.* (2004).

No Brasil, tipicamente a água potável possui cloro, que deve ser removido na fabricação para evitar aromas fenólicos (cheiro de esparadrapo) (MORADO, 2009), o que levou as cervejarias artesanais a utilizarem a água provida de poços artesianos (DE ANDRADE *et al.*, 2013).

No entanto, é de extrema importância que a água seja potável, para isso é feito o tratamento com cloro, que posteriormente será retirado utilizando a filtração com carvão ativado. Outras técnicas também utilizadas são a osmose reversa e a troca iônica, que visam a desmineralização da água (SENAI,2014).

Os íons presentes na água, como os íons de cálcio e magnésio, são promotores

da acidez, ou seja, reduzem o pH, e os íons de carbonato e bicarbonato, redutores da acidez, aumentam o pH. Nota-se que o valor de pH da água é de extrema relevância, pois influencia em várias etapas no processo das cervejas, como na atuação das enzimas, solubilização proteica, coagulação e formação do *trub* (SENAI,2014).

Vários são os parâmetros presentes na água que interferem no tipo de cerveja a ser produzido. Em suma, as cervejas do tipo Ale apresentam alta concentração de cálcio em sua água, enquanto as do tipo Lager apresentam águas com baixa concentração, conferindo maior suavidade ao produto (MORADO, 2009).

## 2.2 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma planta pertencente à família das Cannabaceae, e suas flores secas são utilizadas por cervejeiros para fornecer o amargor e aroma da bebida (VAN HOLLE *et al.*, 2019). Isso se deve à imunoflorescência feminina possuir glândulas de tulipas capazes de sintetizar e acumular resinas, e óleos essenciais (ALMAGUER, 2014).

Usualmente, para a cervejaria, a utilização do lúpulo é na forma de *pellets*, obtidos por meio da maceração e prensagem das flores, que, posteriormente, são conservados em embalagem inerte à luz e com atmosfera modificada, pois o oxigênio oxida o lúpulo. Como vantagem, há uma redução no volume de lúpulo a ser transportado e a preservação das características originais das flores (JUNIOR; VIEIRA; FERREIRA, 2009).

Uma gama de fatores interfere nas concentrações de resina e óleos essenciais presentes no lúpulo, alguns deles são: tempo de colheita, secagem e armazenamento (ALMAGUER, 2014). As diferentes variedades de lúpulo apresentam sabor e aroma próprios, sendo assim classificadas em: lúpulo de amargor, que é rico em alfa-ácidos, e o lúpulo de aroma, que apresenta menor concentração de alfa-ácidos e maior teor de óleos essenciais (PALMER, 2006).

Após a adição do lúpulo na fervura do mosto, os alfa-ácidos são extraídos e isomerizados em iso-alfa-ácido, substância amarga e solúvel em água (ALMAGUER, 2014). Tradicionalmente, usa-se a medida de *International Bitterness Unit-IBU*, para mensurar a concentração de iso-alfa-ácido e, conseqüentemente, definir o amargor da cerveja (DANIELS, 2000). Em contrapartida, existem os beta-ácidos que possuem baixa solubilidade em água, e conseqüentemente baixa intensidade para o amargor, mas atuam sobre as bactérias gram-positivas, proporcionando ação anti-bactericida. Outra atividade do lúpulo é atuar reduzindo o pH, entretanto, ele é ineficaz contra levedura, contribuindo no sabor e na garantia de um produto seguro ao consumidor (DEFERNEZ *et al.*, 2007).

## 2.3 Levedura

As leveduras possuem grande impacto no desenvolvimento da fermentação. O principal gênero utilizado nas cervejarias são *Saccharomyces*. As leveduras do tipo Ale pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae* e possuem a capacidade de absorver uma gama de açúcares. As leveduras do tipo Lager pertencem à espécie *Saccharomyces*

*pastorianus*, representadas por um misto interespecies de *S. cerevisiae* e *Saccharomyces eubayanus* (STEWART, 2013).

A *Saccharomyces cerevisiae* é uma levedura anaeróbica facultativa que pode utilizar a via respiratória ou fermentativa. Na presença de oxigênio, a metabolização da glicose ocorre pela via glicolítica e, subsequentemente, oxidando o ácido pirúvico que é provindo da via do ácido cítrico, obtendo como subprodutos o CO<sub>2</sub>, água e energia para a subdivisão celular. Enquanto que na ausência de oxigênio, a célula metaboliza a glicose pela via glicolítica, e pela via fermentativa alcoólica ela oxida os produtos, resultando em etanol, CO<sub>2</sub> e energia para que possa sobreviver (OMORI et al., 2011.)

Para o crescimento e metabolismo da levedura, estudos apontam que o nitrogênio é essencial (PUGT et al., 1997). Entretanto, parte do material nitrogenado do mosto pode ser utilizado pela levedura a fim de realizar atividades metabólicas. Os aminoácidos livres (FAN) são a somatória dos aminoácidos individuais do mosto, íons de amônio e de pequenos peptídeos, usados pela levedura para que elas realizem as atividades metabólicas, como a síntese de proteínas estruturais (STEWART, 2013).

O mosto pode atuar tanto como um meio de crescimento para o desenvolvimento de novas células, quanto um meio de fermentação, gerando os produtos e subprodutos já descritos (STEWART, 2013).

Usualmente utiliza-se o método de contagem de colônias e placas para identificar a quantidade de células viáveis necessárias para que ocorra a fermentação da cerveja, garantindo assim a qualidade no produto final (SENAI, 2014).

Dentre os indicadores de qualidade da cerveja, podemos mencionar além da estabilidade coloidal, a estabilidade do sabor. Algumas cervejas contam com notas mais fortes de lúpulo, como a *India Pale Ale*, característica esta que é indesejada nas Lager (HABSCHIED et al., 2021). Entretanto, algumas vezes essas características indesejáveis são resultado do processo de fabricação, denominado como *off flavors*, substâncias que causam aromas, odores e sabores desagradáveis para a cerveja (GERMAT; BROUWER; OTTENS, 2020).

## 2.4 Malte

O malte é o produto obtido pela germinação das sementes de diferentes cereais, sendo a cevada o principal cereal na fabricação de cerveja (CRANE et al., 2021).

Este é obtido em um processo denominado maltagem, que conta com três etapas: a maceração, a germinação e a secagem. A maltagem da semente de cevada é precedida da hidratação das sementes seguida de sua secagem, que pode ser realizada em diferentes temperaturas dependendo dos sabores e cores desejáveis (GRETHENHART, 1997), repercutindo em alterações na composição química dos grãos e geração de produtos pela reação de Maillard (PETRUCCI et al., 2021).

Mais especificamente, a secagem do malte e a fervura do mosto, com o intermédio

das reações de Maillard, geram a ação antioxidante presente no malte, que colabora com a estabilidade oxidativa do produto e proporciona benefícios à saúde (VANDERHAEGEN *et al.*, 2006).

### 3.1 O PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA

A primeira etapa, moagem, consiste em quebrar os grãos do cereal, a fim de expor o amido interno, com o principal objetivo de facilitar a ação das enzimas na etapa subsequente (MORADO, 2009).

Após a moagem, o malte moído é misturado com água em temperatura controlada, ajuste de pH e sais, em um processo chamado de mosturação. Os componentes do malte serão solubilizados, proporcionando a gomificação, seguido da hidrólise do amido à açúcares (SENAI, 2014).

O binômio tempo e temperatura apresentam-se de extrema importância para definir o tipo de cerveja a ser produzido. Estes fatores são essenciais para caracterizar o “corpo” e a espuma da cerveja (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Inicia-se o processo de mosturação com o pH da água na faixa de 5,4 utilizando ácidos alimentícios e tamponando, por exemplo com cloreto de cálcio. A mistura de malte moído e água deve seguir a variação de temperatura, denominada de rampas de temperatura (Tabela 2) (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Temperatura e pH de atuação das enzimas			
Enzimas	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo	Substrato
Hemicelulose	40 a 45	4,5 a 4,7	Hemicelulose
Exopeptidases	40 a 50	5,2 a 8,2	Proteínas
Endopeptidases	50 a 60	5,0	Proteínas
Dextrinase	55 a 60	5,1	Amido
beta-amilase	60 a 65	5,4 a 5,6	Amido
alfa-amilases	70 a 75	5,6 a 5,8	Amido

Tabela 2 - Rampas de temperatura durante a mosturação.

Fonte: Tschope (2001).

O encurtamento na rampa da beta-amilase proporcionará uma maior concentração de dextrinas e menos açúcares fermentescíveis, resultando em uma cerveja com mais corpo (TSCHOPE, 2001). O perfil da mosturação varia de acordo com o tipo de cerveja a ser fabricado.

Ao final da última rampa de temperatura, na sacarificação alfa, em que o objetivo é

ativar as alfa-amilases, responsáveis por converter o amido em açúcares menores, realiza-se o teste com iodo para analisar a sacarificação do malte. Ao resultar na completa hidrólise do amido, a solução é aquecida até 78°C com o objetivo de inativar as enzimas presentes (SENAI, 2014).

Na sequência, em uma *tina de filtração* realiza-se a separação da parte sólida do malte e a parte líquida (mosto), processo este denominado de filtração. Após a extração do caldo primário realiza-se a lavagem da cama de grãos com o intuito de extrair maiores quantidade de açúcares disponibilizados durante a mosturação e aumentar o rendimento do processo (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Na etapa seguinte, o mosto é submetido à fervura, e o lúpulo é adicionado (HUMIA *et al.*, 2019). O processo possui as seguintes funções: evaporação da água a fim de regular a concentração; realização da reação de Maillard que proporciona alteração na cor; esterilização do mosto; extração dos componentes solúveis do lúpulo e isomerização dos alfa-ácidos (SENAI, 2014).

Ao final da fervura, utiliza-se força centrípeta (*whirlpool*) resultando na precipitação do *trub*, que é um complexo de proteínas, resinas e taninos. O *trub* sedimenta-se no fundo da tina (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Após o *whirlpool*, realiza-se um descanso de 10 a 15 minutos com o intuito que o *trub* fique no centro da tina. Para o próximo passo, o resfriamento, utiliza-se a saída lateral da tina que é côncava, auxiliando na separação entre o mosto líquido e o *trub*. Esse processo é realizado por bomba centrífuga sanitária.

O mosto é resfriado brevemente à uma temperatura condizente com a faixa de fermentação da levedura e a quantidade ideal de oxigênio dissolvido, iniciando assim o processo de fermentação. Nas primeiras 18 horas ocorre a fermentação aeróbica, as leveduras consomem o oxigênio dissolvido no mosto a fim de realizar a multiplicação celular. Após o consumo deste oxigênio, inicia-se a fermentação anaeróbica, a levedura irá consumir o açúcar disponibilizado durante o processo de mosturação, resultando em álcool e dióxido de carbono (HUMIA *et al.*, 2019).

Nesta etapa vale ressaltar que tradicionalmente as cervejas do tipo Ale são fabricadas com leveduras de alta fermentação, inoculadas em um mosto à 16°C e fermentadas em uma variação de temperatura entre 15 e 20°C, em um tempo menor ao da levedura Lager. Por outro lado, nas cervejas do tipo Lager, as leveduras utilizadas são de baixa fermentação, inoculadas em um mosto resfriado de 7 a 10°C e fermentadas na faixa de 10 a 15°C por um período superior a três dias (BRIGGS *et al.*, 2004).

Ao final da fermentação, com a retirada das leveduras e diminuição da temperatura, ocorre a maturação da cerveja. No início do processo, a maioria dos açúcares já foi transformado com álcool etílico, gás carbônico, glicerol, ácido acético, álcoois superiores e ésteres (HUMIA *et al.*, 2019).

O objetivo da maturação é iniciar a clarificação da cerveja, que ocorre devido à

decantação das leveduras, bem como o desenvolvimento de complexos de proteínas e polifenóis. Outro objetivo é a carbonatação natural da cerveja, como consequência do gás carbônico produzido na fermentação do extrato restante, que realiza a contrapressão exercida no próprio tanque de maturação (MORADO, 2009). Neste processo, a bebida é armazenada em temperaturas mais baixas, por várias semanas, dependendo do estilo produzido (ALMEIDA E SILVA, 2005).

Após o processo de fermentação e maturação, visando melhorar a aparência, refinar os aromas e garantir a qualidade e longevidade, alguns tipos de cervejas passam pelo processo de filtração e ajuste de carbonatação. No entanto, alguns tipos de cerveja como as cervejas de trigo e do tipo Ale dispensam o processo de filtração, pois suas características contam com a presença de turbidez e alguma sedimentação no fundo da garrafa (MORADO, 2009).

Com a filtração, é possível caracterizar uma cerveja brilhante, quase livre de leveduras. Na maioria das vezes neste processo, as cervejarias utilizam terra diatomácea ou diatomita, que são ricas em sílica, de modo a formar uma camada filtrante, que posteriormente será retirada nos suportes metálicos de filtros especiais (ALMEIDA E SILVA, 2005).

A etapa final da produção da cerveja é o envase, que ocorre diretamente em barris, latas ou garrafas. O “*chopp*” é caracterizado por ser a bebida envasada em barris e isenta do processo de pasteurização, enquanto os demais necessitam da pasteurização, conferindo estabilização microbiana e, conseqüentemente, aumentando a vida útil do produto na prateleira (MORADO, 2009).

## 4 | POLIFENÓIS E AS DOENÇAS CARDIOVASCULARES

Considerando os ingredientes principais da cerveja, bem como o seu processo de fabricação, é válido ressaltar a diferença entre as cervejas artesanais e as tradicionais.

Especificamente nas cervejas artesanais, o malte, o lúpulo e o processo de fermentação são os principais responsáveis pela diferenciação entre os tipos de cervejas, por serem a base das características organolépticas do produto (HUMIA *et al.*, 2019).

Os polifenóis, princípios bioativos, estão presentes em uma série de alimentos (DABEEK; MARRA, 2019). Na cerveja, são originados tanto do lúpulo, quanto do malte (LUGASI, 2003).

O tempo e a variedade de lúpulo determinam a quantidade de polifenóis a serem extraídos, podendo aumentar significativamente o teor deles (OLADOKUN *et al.*, 2017). Dependendo do estilo da cerveja a ser fabricado, o lúpulo contribui com até 50% (DE KEUKELEIRE *et al.*, 1999) e o malte aproximadamente 80% dos polifenóis da bebida. Entretanto, as alterações do malte durante o processo de produção dificultam a caracterização dos polifenóis, assim, o lúpulo é melhor mencionado quanto à sua propriedade referente

aos polifenóis (GERHÄUSER, 2005).

Várias evidências indicam a importância das propriedades imunomoduladoras, vasodilatadoras e antioxidantes dos polifenóis presentes em vários alimentos, e mencionam seu benefício nas doenças cardiovasculares (TANGNEY; RASMUSSEN, 2013). Recentemente, a presença de polifenóis (OAK *et al.*, 2018) na cerveja vem sendo estudada por contribuir no efeito antioxidante (OSORIO-PAZ; BRUNAUER; ALAVEZ, 2020), nas doenças cardiovasculares (DE GAETANO *et al.*, 2016).

No mundo, a principal causa de morte são as doenças cardiovasculares, e na maioria delas há o aumento das espécies reativas de oxigênio (SHAH; XU; MRAZ, 2019). Para o tratamento dessas doenças, além do uso de medicamentos, uma série de fitoquímicos vem sendo empregados (KOMICI *et al.*, 2020).

Os fitoquímicos, no caso os polifenóis, possuem efeitos vasodilatadores, são capazes de melhorar o perfil lipídico, bem como atenuar os níveis das lipoproteínas de baixa densidade e ter ação anti-inflamatória, assim reduzindo os riscos das doenças cardiovasculares (HUMIA *et al.*, 2019).

Um estudo meta analítico, utilizando 26 ensaios, eleito como critério de inclusão o consumo de cerveja e para controle o consumo de cerveja sem álcool ou similares ao placebo, concluiu a melhora da elasticidade e o aumento dos níveis séricos de HDL-colesterol, supondo que o consumo de cerveja proporciona benefícios na função endotelial relacionada às doenças cardiovasculares (SPAGGIARI *et al.*, 2020).

Portanto, há evidências que os polifenóis trazem melhorias para a saúde, abrangendo grandes benefícios nas doenças cardiovasculares. Apesar de existirem recomendações quanto ao consumo pré-estabelecido na quantidade da bebida por homens e mulheres, é válido considerar a individualidade de idade, genética, uso de medicamento ou suplemento (ARRANZ *et al.*, 2012).

## 5 | CONCLUSÃO

Embora o processo biotecnológico da cerveja exista há anos, ainda hoje a eficácia da técnica resulta em novos produtos alimentares, as cervejas artesanais, que se diferenciam pelos tipos de ingredientes utilizados. Também é válido ressaltar que em seu processo, os cervejeiros possuem maior flexibilização para mudanças e aprimoramento das técnicas, visando a qualidade de um produto diferenciado para o mercado.

Os estudos apontam que os polifenóis, originados do malte e majoritariamente do lúpulo, estão sendo utilizados no tratamento das doenças cardiovasculares, por possuírem princípios bioativos, com diferentes ações, dentre elas a função antioxidante.

Assim, podemos afirmar que o tipo de cerveja consumida está relacionado com a quantidade dos princípios bioativos disponíveis e seus benefícios na saúde.

## REFERÊNCIAS

ALMAGUER, C., SCHONBERGER, C., GASTL, M., ARENDT, E.K., BECKER, T. **Humulus lupulus-a story that begs to be told. A review.** Journal of the Institute of Brewing, v.120, n.4, p.289-314,2014.

ALMEIDA E SILVA, J.B. **Cerveja.** In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.) Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, cap. 15, p.347-382, 2005.

AQUILANI, B., LAURETI, T., POPONI, S., SECONDI, L. **Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences.** Food quality and preference, v.41, p.214-224, 2015.

ARRANZ, S., CHIVA-BLANCH, G., VALDERAS-MARTÍNEZ, P., MEDINA-REMÓN, A., LAMUELA-RAVENTÓS, R. M., ESTRUCH, R. **Wine, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer.** Nutrients, v.4, n.7, p.759-781, 2012.

BAIANO, A. **Craft beer: An overview.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v.20, n.2, p.1829-1856, 2021.

BETTS, BRYAN. **Brewing up a technology revolution.** Engineering & Technology, v.11, n.2, p.54-57, 2016.

BRIGGS, D.E., BROOKES, P. A., STEVENS, R. B. C. A., BOULTON, C. A. **Brewing: science and practice.** Elsevier, 2004.

CARVALHO, N. B., MINIM, L. A., NASCIMENTO, M., DE CASTRO FERREIRA, G. H., MINIM, V. P. R. **Characterization of the consumer market and motivations for the consumption of craft beer.** British Food Journal, v.120, n.2, p.378-391, 2018.

CAVALLINI, N., SAVORANI, F., BRO, R., COCCHI, M. **A Metabolomic Approach to Beer Characterization.** Molecules, v.26, n.5, p.1472, 2021.

CRAINE, E.B., BRAMWELL, S., ROSS, C.F., FISK, S., MURPHY, KM. **Strategic malting barley improvement for craft brewers through consumer sensory evaluation of malt and beer.** Journal of Food Science, 2021.

DANIELS, R. **Designing great beers: the ultimate guide to brewing classic beer styles.** Boulder: Brewers Publications, 2000.

DABEEK, Wijdan M.; MARRA, Melissa Ventura. **Dietary quercetin and kaempferol: Bioavailability and potential cardiovascular-related bioactivity in humans.** Nutrients, v.11, n.10, p.2288, 2019.

DE ANDRADE, M. B., PERIM, G. A., DOS SANTOS, T. R. T., MARQUES, R. G. **Influência do ph na cerveja artesanal.** BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports, v.2, n.3esp, p.261-264, 2013.

DE GAETANO G., COSTANZO S., DI CASTELNUOVO A., BADIMON L., BEJKO D., ALKERWI A., CHIVA-BLANCH G., ESTRUCH R., LA VECCHIA C., PANICO S., POUNIS G., DOFI F., STRANGES S., TREVISAN M., URSINI, F. CERLETTI, C., DONATI M.B., IACOVIELLO L. **Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document.** Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. n.6, v.26, p.443–467, 2016.

DE KEUKELEIRE D., DE COOMAN L., RONG H., HEYERICK A., KALITA J., MILLIGAN S.R. **Functional properties of hop polyphenols.** *Basic Life Sci.* v.66, p.739–760, 1999.

DEFERNEZ M., FOXALL R.J., O'MALLEY C.J., MONTAGUE G., RING S.M., KEMSLEY E.K. **Modeling beer fermentation variability.** *J. Food Eng.* v.83, p.167–172, 2007.

ELZINGA, K. G., TREMBLAY, C. H., TREMBLAY, V. J. **Craft beer in the United States: History, numbers, and geography.** *Journal of Wine Economics*, v. 10, n. 3, p. 242-274, 2015.

GAROFALO C., OSIMANI A., MILANOVIĆ V., TACCARI M., AQUILANTI L., CLEMENTI F. **The occurrence of beer spoilage lactic acid bacteria in craft beer production.** *Journal of food science*, v.80, n.12, p.M2845-M2852, 2015.

GERHÄUSER, C. **Beer constituents as potential cancer chemopreventive agents.** *European Journal of Cancer*, v. 41, n. 13, p. 1941-1954, 2005.

GERNAT, D. C.; BROUWER, E.; OTTENS, M. Aldehydes as wort off-flavours in alcohol-free beers—origin and control. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, n. 2, p. 195-216, 2020.

GRETENHART K.E. **Specialty malts.** *Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am.*, v.34, p.102–106, 1997.

HABSCHIED, K., KOŠIR, I. J., KRSTANOVIĆ, V., KUMRIĆ, G., MASTANJEVIĆ, K. **Beer Polyphenols—Bitterness, Astringency, and Off-Flavors.** *Beverages*, v. 7, n. 2, p. 38, 2021.

HUMIA, B. V., SANTOS, K. S., BARBOSA, A. M., SAWATA, M., MENDONÇA, M. D. C., PADILHA, F. F. **Beer molecules and its sensory and biological properties: A review.** *Molecules*, v.24, n.8, p.1568, 2019.

JUNIOR, A. A., VIEIRA, A. G., FERREIRA, T. P. **Processo de produção de cerveja.** *Revista Processos Químicos*, v. 3, n. 6, p. 61-71, 2009.

KOMICI, K. Conti, V., Davinelli, S., Bencivenga, L., Rengo, G., Filippelli, A., FERRARA, N., Corbi, G. **Cardioprotective effects of dietary phytochemicals on oxidative stress in heart failure by a sex-gender-oriented point of view.** *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020.

LUGASI, A. **Polyphenol content and antioxidant properties of beer.** *Acta Alimentaria*, v. 32, n. 2, p. 181-192, 2003.

MARONGIU, A.; ZARA, G.; LEGRAS, J.-L.; DEL CARO, A.; MASCIA, I.; FADDA, C.; BUDRONI, M. **Novel starters for old processes: Use of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from artisanal sourdough for craft beer production at a brewery scale.** *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v.42, p.85–92, 2015.

MASTANJEVIĆ, K., KRSTANOVIĆ, V., LUKINAC, J., JUKIĆ, M., LUČAN, M., MASTANJEVIĆ, K. **Craft brewing—is it really about the sensory revolution?** *Kvasny prumysl*, v. 65, n. 1, p. 13-16, 2019.

MORADO, R. **Larousse da cerveja.** São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

MURRAY, D. W.; O'NEILL, M. A. **Craft beer: Penetrating a niche market.** *British Food Journal*, 2012.

NIERO, MONIA; HAUSCHILD, MICHAEL Z. Closing the loop for packaging: finding a framework to operationalize Circular Economy strategies. **Procedia Cirp**, v. 61, p. 685-690, 2017.

OAK, M. H., AUGER, C., BELCASTRO, E., PARK, S. H., LEE, H. H., SCHINI-KERTH, V. B. **Potential mechanisms underlying cardiovascular protection by polyphenols: Role of the endothelium**. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 122, p.161-170, 2018.

OLADOKUN O., JAMES S., COWLEY T., SMART K., HORT J., COOK D. **Dry-hopping: The effects of temperature and hop variety on the bittering profiles and properties of resultant beers**. *Brew. Sci.* v.70, p.187–196, 2017.

OMORI, W. P., PIRES, R. T., OGASSAVARA, F. O., FRIGIERI, M. C. **Emprego de cepas de *Zymomonas mobilis* em processos fermentativos**. *Ciência e Tecnologia*, v.3, n.1, p.28-47,2011.

OSORIO-PAZ, I.; BRUNAUER, R.; ALAVEZ, S. **Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease**. *Critical reviews in food science and nutrition*, v. 60, n. 20, p. 3492-3505, 2020.

PALMER, G.H. **Barley and Malt**. IN: PRIEST, F. G; STEWART, G.G. *Handbook of Brewing*. Boca Raton: Taylor and Francis, v.2, n.1, p.139-159,2006.

PETRUCCI, R., DI MATTEO, P., SOBOLEV, A. P., LIGUORI, L., ALBANESE, D., PROIETTI, N., ... RUSSO, P. **Impact of Dealcoholization by Osmotic Distillation on Metabolic Profile, Phenolic Content, and Antioxidant Capacity of Low Alcoholic Craft Beers with Different Malt Compositions**. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 69, n. 16, p. 4816-4826, 2021.

SENAI. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro Tecnologia cervejeira/SENAI, agrarian, Centro de Tecnologia SENAI alimentos e bebidas. - Rio de Janeiro. p.284, 2014.

SHAH, B. R.; XU, W.; MRAZ, J. **Cytochrome P450 1B1: role in health and disease and effect of nutrition on its expression**. *RSC advances*, v. 9, n. 36, p. 21050-21062, 2019.

SPAGGIARI, G., CIGNARELLI, A., SANSONE, A., BALDI, M., SANTI, D. **To beer or not to beer: A meta-analysis of the effects of beer consumption on cardiovascular health**. *Plos one*, v. 15, n. 6, p. e0233619, 2020.

STEWART, G. G., HILL, A. E., RUSSELL, I. **125th anniversary review: developments in brewing and distilling yeast strains**. *Journal of the Institute of Brewing*, v.119, n.4, p.202-220, 2013.

TANGNEY, C. C.; RASMUSSEN, H. E. **Polyphenols, inflammation, and cardiovascular disease**. *Current atherosclerosis reports*, v. 15, n. 5, p. 324, 2013.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias: a historia, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Aden, 2001.

VAN HOLLE, A., MUYLLE, H., RUTTINK, T., VAN LANDSCHOOT, A., HAESAERT, G., NAUDTS D., DE KEUKELEIRE D., ROLDÁN-RUIZ I. **Single nucleotide polymorphisms and biochemical markers as complementary tools to characterize hops (*Humulus lupulus* L.) in brewing practice**. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.67, n.13, p.3761-3771,2019.

VANDERHAEGEN, B., NEVEN, H., VERACHTERT, H., DERDELINCKX, G. **The chemistry of beer aging—a critical review**. *Food Chem.* v.95, n.3, p.357– 81, 2006.

## **SOBRE AS ORGANIZADORAS**

**VANESSA BORDIN VIERA** - Docente adjunta na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), bacharel e licenciada em Nutrição pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Docente no Instituto Federal do Amapá (IFAP). Editora da subárea de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Journal of bioenergy and food science. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

**NATIÉLI PIOVESAN** - Docente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), graduada em Química Industrial e Tecnologia em Alimentos, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui graduação no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional. Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atua principalmente com o desenvolvimento de pesquisas na área de Antioxidantes Naturais, Qualidade de Alimentos e Utilização de Tecnologias limpas.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aguaymanto 59, 60, 61, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72

Aislante térmico 85

Alimentos 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 48, 49, 57, 63, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 86, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 108, 117, 123, 124, 127, 128

Antioxidante 6, 47, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 72, 116, 121, 124

Atividade antioxidante 6, 47, 48, 54, 56, 57, 58

### B

Bandinha de feijão 1, 4, 5, 11, 14, 17

Bioindicators 74

Biotecnologia 116

### C

Cana-de-açúcar 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44, 45, 74

Cinética de secado 59, 61, 64, 65, 72

Classificação 1, 3, 4, 82, 108

Compostos fenólicos 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Covid-19 99, 100

### D

Difusividad efectiva 59, 60, 67, 70

### E

Eficiencia energética 85

Emergência 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Empratamento 99, 100, 103

Ensino remoto 99

### F

Farinha da casca da pitaya 47, 49, 50, 52, 54, 56, 57

Fermentação 7, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 99, 100, 103, 104, 106, 116, 119, 120, 122, 123

Fotografia 99, 100, 101, 102, 103, 105

## G

Germinação 101, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 120

## L

Leguminosa 1, 2, 3, 9

## M

Microrganismos isolados 34

Modelamiento 59

## N

Napier grass 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82

Nematicidas 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31

Nematoídes 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31

## P

*Phaseolus vulgaris* L 1, 2, 4, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18

Polifenóis 6, 7, 48, 49, 116, 123, 124

Produtividade agrícola 19, 20, 21, 24

Propiedades geométricas 59, 60, 63

## Q

Qualidade fisiológica 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115

## S

*Saccharomyces cerevisiae* 33, 34, 45, 46, 119, 120, 126

Sistema de refrigeración 85

Soil quality 74, 77, 80

## V

Valor nutricional 1, 3, 6, 59

## Z

*Zea mays* L. 107, 108, 109

# GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

# GESTÃO DA QUALIDADE E (BIO)TECNOLOGIA APLICADA A ALIMENTOS



-  [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)
-  [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)