

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (*Eugenia  
dysenterica*) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO  
ACÉTICO

AUTORA: Jeisa Farias de Sousa  
Santana

ORIENTADOR: Dr. Althieris de Souza  
Saraiva

RIO VERDE – GO  
AGOSTO – 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (*Eugenia  
dysenterica*) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO  
ACÉTICO

AUTORA: Jeisa Farias De Sousa Santana

ORIENTADOR: Dr. Althieris de Souza  
Saraiva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AGROQUÍMICA, no Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Agroquímica.

RIO VERDE – GO  
AGOSTO – 2019



**INSTITUTO FEDERAL**  
Goiano

**Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas**

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese                          | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação        | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização   | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação               | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | Tipo:   |

Nome Completo do Autor: Jeisa Farias de Sousa Santana  
Matrícula: 2017203310310028  
Título do Trabalho: AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO ACÉTICO

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 05/11/2019

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não  
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 31/10/2019.  
Local Data

Jeisa Farias de Sousa Santana  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]  
Assinatura do(a) orientador(a)

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SSA232 Santana, Jeisa Farias de Sousa  
a AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (Eugenia  
dysenterica) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO ACÉTICO /  
Jeisa Farias de Sousa Santana; orientador Althieris  
de Souza Saraiva; co-orientador Fabiano Guimarães  
Silva. -- Rio Verde, 2019.  
44 p.

Dissertação ( em PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM  
AGROQUÍMICA) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2019.

1. compostos bioativos. 2. biotecnologia. 3.  
vinagre. I. Saraiva, Althieris de Souza, orient. II.  
Silva, Fabiano Guimarães, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 21/2019 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/DG-RV/CMPRV/IFGOIANO

## ATA Nº 57 (CINQUENTA E SETE) BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos dezenove dias do mês de agosto do ano de dois mil e dezenove, às 14:00 (quatorze horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva (orientador), Prof.ª Dr.ª Mariana Buranelo Egea (avaliadora interna – participação via videoconferência), Prof.ª Dr.ª Erika Crispim Resende (avaliadora externa) e Prof. Dr. Leandro Pereira Capato (avaliador externo), sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada na Sala de Videoconferência do Pavilhão da Pesquisa e Pós-Graduação do IF Goiano – Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, da autoria de **JEISA FARIAS DE SOUSA SANTANA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da Dissertação para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM AGROQUÍMICA**, na área de concentração Agroquímica, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGAq da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até 60 (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Pâmella Trayci da Silva Gonçalves, secretária do PPGAq, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.

Prof. Dr. Leandro Pereira Capato  
*Avaliador externo*  
 IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof.ª Dr.ª Erika Crispim Resende  
*Avaliadora externa*  
 IF Goiano – Campus Iporá

Prof.ª Dr.ª Mariana Buranelo Egea  
*Avaliadora interna*  
 IF Goiano - Campus Rio Verde

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva  
*Presidente da banca*  
 IF Goiano - Campus Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- Leandro Pereira Cappato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 24/10/2019 10:35:59.
- Mariana Buranelo Egea, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/10/2019 15:47:09.
- Erika Crispim Resende, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/10/2019 13:23:24.
- Fabiano Guimaraes Silva, PRO-REITOR - CD2 - PROPPI-REI, em 23/10/2019 12:23:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/09/2019. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 80186

Código de Autenticação: 4268cc5b75



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

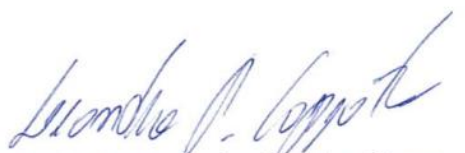
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

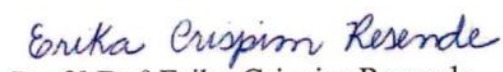
**AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (*Eugenia  
dysenterica*) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO  
ACÉTICO**

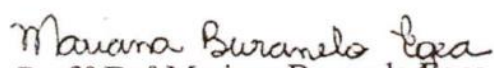
Autora: Jeisa Farias de Sousa Santana  
Orientadores: Fabiano Guimarães Silva  
Althieris de Souza Saraiva

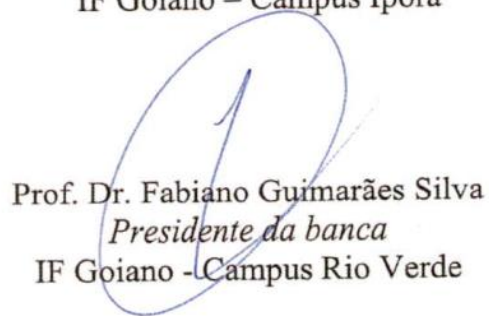
*TITULAÇÃO*: Mestre em Agroquímica – Área de concentração  
Agroquímica.

APROVADA em 19 de agosto de 2019.

  
Prof. Dr. Leandro Pereira Capato  
*Avaliador externo*  
IF Goiano - Campus Rio Verde

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Erika Crispim Resende  
*Avaliadora externa*  
IF Goiano – Campus Iporá

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mariana Buranelo Gea  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano - Campus Rio Verde

  
Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva  
*Presidente da banca*  
IF Goiano - Campus Rio Verde

## DEDICATÓRIA

Meus Pais, Antônio dos Reis e Gercina Farias, meu Avô Paterno Luís Santana (*in memoriam*) aos Amigos Paulo Fonseca (*in memoriam*), a Professora Maria dos Remédios Brito e o Professor Luís Fernando Menezes.



O SENHOR fez grandes  
coisas por nós, pelas quais estamos  
alegres. (Salmo 126:3)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo que tem realizado na minha vida, pelas bênçãos recebidas, orações respondidas, necessidades supridas, livramentos, cuidado, por renovar as minhas forças, alegrar o meu coração me sustentar e conceder a oportunidade de viver experiências incríveis superando desafios grandiosos.

Agradeço a minha Família, meu pai que nunca mediu esforços para me ajudar seguir em frente, minha mãe pelas orações diárias, pelos princípios que me ensinou, com certeza meus pais são meus maiores entusiastas, mesmo distante, sempre estiveram me sustentando em todas as áreas; minha irmã Jacíra, que sempre me incentivou, meus irmãos Josimar, Junior e em especial o Joacy, sendo o primogênito dos cinco filhos, em todos os momentos se dispôs a ajudar na concretização dos meus objetivos; aos meus sobrinhos Matheus e Maria Eduarda, são minha inspiração. Agradeço aos demais familiares.

Agradeço aos Professores Maria dos Remédios de Brito Silva, Janiciara Botelho, Joaquim Soares, Vicente Galber e Emanoela Maciel, que me incentivaram a ingressar na pós-graduação e o colega Teodoreto Barbosa.

Agradeço ao Professor Fabiano Guimarães Silva meu orientador, que mesmo sabendo que não fui estudante de iniciação científica durante a graduação me escolheu para ser sua aluna de mestrado, sempre ofereceu as condições necessárias para a concretização do projeto.

Agradeço a Adriana Rodrigues Machado, que na época que ingressei no mestrado era pós-doutoranda, pessoa que me instruiu quanto as atividades necessárias. Agradeço as colegas de laboratório Glenda, Ana Luísa, Lorrane, Jéssica Medeiros e Daiane Santos; e a professora Letícia Fleury, uma das colaboradoras do projeto.

Agradeço a Professora Mariana Egea, minha co-orientadora, sempre prestativa, independente do dia ou horário, com a convivência aumentou ainda mais meu desejo pela pesquisa.

Agradeço a CAPES e o CNPq, pela concessão da bolsa, pois essa foi responsável pela minha permanência no mestrado, bem como a participação em eventos e projetos;

agradeço ao IFGoiano – Rio Verde e ao Programa de Mestrado em Agroquímica, pela oportunidade.

Agradeço as minhas amigas Flávia Fernanda, Francisca Rodrigues, Nayane Bomfim, entramos juntas no mestrado e com as experiências compartilhadas temos um forte laço de amizade.

Agradeço a todos que fazem parte do Complexo de Laboratório de Cultura de Tecidos (em especial ao Professor Aurélio, ao Paulo Dornelles, Rauander Douglas, Márcio Rosa e Aldo) pois foi minha casa durante essa etapa, ao Laboratório de Biocompostos e Bioprocessos (Adrielle, Tainara, Jéssica e Danielly) e Daiane Peres.

Agradeço a Valéria e Família, bem como o seu João, as colegas e os motoristas do IF Goiano que participaram diretamente das coletas dos frutos no Município de Montes Claros – GO.

Agradeço aos meus professores da Graduação, Fábio Batista, Ronaldo Cunha e Maria de Fátima Soares, em especial ao Luís Fernando Menezes. Agradeço a Mariana Chaves, estudamos junto na graduação e assim como eu, está realizando o sonho de conquistar a pós-graduação no IF Goiano Rio Verde.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente com a concretização desse sonho, que me deram abrigo, carona, comida, conselhos, que me apresentaram em suas orações, que fizeram parte dos bastidores dessa Conquista, em especial aos meus amigos Maria Caroline, Samuel, Ecton e João Júnior. Agradeço a uma das Famílias que ganhei em Rio Verde, Igreja Assembleia de Deus na Vila Genoveva, lugar onde ganhei amizades e vivi experiências que me ajudaram a seguir em frente.

## BIBLIOGRAFIA DO AUTORA

Jeisa Farias de Sousa Santana, nasceu em 13 de outubro de 1993, residente em Sucupira do Riachão – MA, filha mais nova de Antônio dos Reis de Sousa Santana e Gercina Farias de Sousa Santana, ambos lavradores. Em 2007, concluiu o ensino fundamental na Unidade Integrada Humberto de Campos no município supracitado e em 2010 o ensino médio como bolsista no Colégio Impacto em Floriano – PI.

Em dezembro de 2016, concluiu a graduação em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI Campus Teresina Central, onde também foi Bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid). Em setembro de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, em nível de Mestrado, na área de concentração em Agroquímica Orgânica, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Agroquímica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, em agosto de 2019.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xv
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Bioma Cerrado .....	1
1.2. Cagaita .....	2
1.3. Fermentação Alcoólica .....	3
1.4. Fermentação Acética.....	4
<b>2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
3.1. GERAL .....	8
3.2. ESPECÍFICOS .....	8
<b>CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE <i>EUGENIA DYSENTERICA</i> PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO ACÉTICO .....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
2.1. Obtenção e caracterização do material vegetal.....	11
2.2. Produção do fermentado alcoólico .....	13
2.3. Produção do fermentado acético.....	14
2.4. Análise Estatística.....	14
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>

3.1. Caracterização da matéria-prima .....	14
3.2. Obtenção do fermentado alcoólico .....	17
3.3. Obtenção do fermentado acético.....	19
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>24</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1</b> - Fermentação Alcoólica com diferentes Tratamentos .....	13
<b>Tabela 2</b> - Caracterização química de frutos de cagaita ( <i>E. dysenterica</i> ).....	15
<b>Tabela 3</b> - Composição mineral de frutos de cagaita ( <i>E. dysenterica</i> ) .....	16
<b>Tabela 4</b> - Análise colorimétrica dos diferentes tratamentos da fermentação alcoólica.....	18
<b>Tabela 5</b> - Características físico-químicas de fermentado acético de cagaita....	21
<b>Tabela 6</b> - Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de polpa, fermentado alcoólico e acético de cagaita ( <i>E. dysenterica</i> ). .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1</b> - Cagaiteira Fonte: Jeisa Farias (2018).....	2
<b>Figura 2</b> - Resumo da glicólise e fermentação em levedura (Walker & Walker, 2018).....	4
<b>Figura 3</b> - Reações enzimáticas terminais de fermentação de levedura (Walker & Walker, 2018).....	4
<b>Figura 4</b> - Processo de conversão de álcool etílico a ácido acético.....	5
<b>Figura 5</b> – Produção de Fermentado Alcoólico e Acético.....	11
<b>Figura 6</b> - Teor alcoólico (%v/v) durante a fermentação alcoólica nos diferentes tratamentos. ....	17
<b>Figura 7</b> - Acidez titulável e teor alcoólico durante a fermentação acética de cagaíta ( <i>E. dysenterica</i> ). ....	20
<b>Figura 8</b> - Espectro infravermelho polpa de cagaíta ( <i>E. dysenterica</i> ) liofilizada. ....	23
<b>Figura 9</b> - Espectro infravermelho: Fermentado alcoólico (FAI), acético (FAc) e polpa de cagaíta ( <i>E. dysenterica</i> ).....	24



## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ABTS - (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico))

ADH - Álcool desidrogenase

ALDH. - Aldeído desidrogenase

AOAC - Official Methods of Analysis

ATT - Acidez total titulável

CFT – Compostos Fenólicos Totais

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage

DPPH - (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)

FRAP – Ferric Reducing Antioxidante Power

GAE: Equivalentes de Ácido Gálico

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MF - Massa do fruto inteiro

MP – Massa da polpa

NADH – Dinucleótido de nicotinamida e adenina

PH – Potencial hidrogeniônico

SST - Sólidos solúveis totais

TRAT – Tratamento

## RESUMO

SANTANA, JEISA FARIAS DE SOUSA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2019. **AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*) PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO ACÉTICO.** Orientador: Althieris de Souza Saraiva, Coorientador Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva. Coorientadora: Prof. Dr.<sup>a</sup> Mariana Buranelo Egea.

O Cerrado brasileiro possui uma flora exuberante, com frutos que apresentam características sensoriais peculiares e exclusivas, e por estas razões, a utilização desses frutos para produções biotecnológicas é uma alternativa promissora. A produção de fermentado alcoólico e acético são opções para agregar valor aos frutos nativos, bem como oferecer ao mercado bebidas com melhor qualidade nutricional, com presença de compostos bioativos. Este trabalho teve como objetivo caracterizar frutos e elaborar fermentado alcoólico e acético de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). Na primeira parte, os frutos foram submetidos a análises químicas, físico-químicas, colorimétricas e de atividade antioxidante. Posteriormente, foram testados diferentes tratamentos para a fermentação empregando dois tipos de enzimas (amilase e pectinase), duas subespécies da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (UFLA CA11 e Termo-resistente LNF Angel) e chaptalização do mosto com sacarose (16 °Brix). A fermentação alcoólica foi realizada em BOD a 34°C. O pH, os sólidos solúveis totais, acidez titulável, teor alcoólico e densidade foram monitorados diariamente nos produtos fermentados. Posteriormente, foi realizada a fermentação acética pelo método lento a 25°C, usando bactérias acéticas com acidez de 9% (v/v) e fermentado alcoólico a 9% (v/v) de álcool. A utilização de levedura termo-resistente sem adição de enzimas proporcionou maior rendimento (tratamento 3; com mosto chaptalizado) foi utilizado na fermentação alcoólica e na fermentação acética o método lento produziu vinagre com parâmetros de acordo com a legislação (acidez maior >4% e teor alcoólico <1% (v/v)). O trabalho demonstrou a possibilidade de empregar frutos de cagaita em processos biotecnológicos na produção de vinagre.

**PALAVRAS-CHAVE:** compostos bioativos, biotecnologia, vinagre;

## ABSTRACT

SANTANA, JEISA FARIAS DE SOUSA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2019. **EVALUATION OF CAGAITA (*Eugenia dysenterica*) FRUITS FOR ACETIC FERMENTED PRODUCTION.** Adviser: Althieris de Souza Saraiva, Co-advisers Prof. Dr.Fabiano Guimarães Silva and Prof. Dr.<sup>a</sup> Mariana Buranelo Egea.

The Brazilian Cerrado has a lush flora, with fruits that have peculiar and unique sensory characteristics, and for these reasons, the use of these fruits for biotechnological production is a promising alternative. The production of alcoholic and acetic fermented are options to add value to native fruits, as well as to offer the market drinks with better nutritional quality, with the presence of bioactive compounds. This work aimed to characterize fruits and elaborate acetic alcoholic fermentation of cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). In the first part, the fruits were submitted to chemical, physicochemical, colorimetric and antioxidant activity analyzes. Subsequently, different fermentation treatments were tested using two enzymes (amylase and pectinase), two subspecies of *Saccharomyces cerevisiae* yeast (UFLA CA11 and Thermo-resistant LNF Angel) and chaptalization of sucrose must (16 ° Brix). Alcoholic fermentation was performed in BOD at 34°C. The pH, total soluble solids, titratable acidity, alcohol content and density were monitored daily in the fermented products. Subsequently, acetic fermentation was performed by the slow method at 25°C, using acetic bacteria with 9% (v / v) acidity and 9% (v / v) alcoholic fermented alcohol. The use of thermo-resistant yeast without addition of enzymes provided higher yield (treatment 3; with chaptalized must) and it was used in alcoholic fermentation and in acetic fermentation the slow method that produced vinegar with parameters according to the legislation (higher acidity >4% and alcohol content <1% (v / v) The work demonstrated the possibility of using cagaita fruits in biotechnological processes in vinegar production.

**KEYWORDS:** bioactive compounds, biotechnology, vinegar;

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Bioma Cerrado

O Brasil é um país rico em biodiversidade, um dos maiores produtores de frutas do mundo, porém grande parte delas por não possuir finalidade definida (não são comercializadas e não existe um padrão de consumo) são desvalorizadas.

O Cerrado brasileiro é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de mais de 2 milhões de hectares no país, é reconhecido como a savana mais rica do mundo, com 11.627 espécies de plantas nativas (Brasil, 2011)

Estudos que buscam conhecer os frutos nativos do Cerrado, são imprescindíveis, agregam valor, despertam o interesse dos consumidores e contribuem com a busca das indústrias por inovações (De Almeida Siqueira et al., 2013 Morzelle et al., 2015). Muitas espécies nativas do Cerrado fornecem frutos com características sensoriais únicas e altas concentrações de nutrientes. Esses frutos desempenham papéis importantes, tanto econômicos, via comercialização de seus produtos, quanto nutricional, pelo seu consumo.

Adquirir informações sobre as características físico-químicas e valor nutricional de funcional dos frutos do Cerrado pode ser umas ferramentas básica para estimular o consumo e a formulação de novos produtos. O conhecimento dos compostos químicos, e antioxidantes presentes nesses frutos pode indicar melhor indicação de seu consumo e uso na indústria de alimentos (Silva et al., 2008; Rocha et al., 2013).

Uma diversidade de frutos do Cerrado mostra-se promissora para a exploração econômica, devido seus múltiplos usos. Possuem potencial de ser utilizado em projetos que conciliem a preservação dos recursos naturais com a rentabilidade econômica, pois permitem renda extra para as comunidades locais na estação seca. Para o desenvolvimento socioeconômico, a pesquisa tecnológica e as melhorias nos padrões de produtividade

desses frutos são fundamentais para reduzir a pressão humana sobre as áreas remanescentes do Cerrado (Martins; Ferraz; Schmidt, 2017).

### 1.2. Cagaita (*Eugenia dysenterica*)

Muitas espécies nativas do Cerrado fornecem frutos com características sensoriais únicas e altas concentrações de nutrientes. Esses frutos desempenham papéis importantes, tanto econômicos, via comercialização de seus produtos, quanto nutricionais, quando do seu consumo. Um dos frutos pertencentes ao Cerrado é a *Eugenia dysenterica* DC., pertencente à família *Myrtaceae*, popularmente conhecida como cagaiteira ou cagaita (De Moraes et al., 2011).



**Figura 1-** Cagaiteira Fonte: Jeisa Farias (2018)

Folhas de *E. dysenterica* usadas em microemulsões contendo o extrato aquoso mostraram que estas formulações parecem ser sistemas promissores para aplicação tópica, possibilitando sua utilização em tratamentos dermatológicos que necessitam de ação antioxidante (Ferreira Nunes et al., 2018).

Enquanto isso, as sementes de cagaita apresentam maior teor de cálcio, chumbo, fósforo, magnésio, potássio e zinco após ser submetida ao tratamento térmico; esse estudo corroboram que essas sementes podem ser usadas como ingrediente em produtos alimentícios, pois fornecem macronutrientes e micronutrientes que são importantes para a alimentação, além de possuírem atividade antioxidante (Abreu, 2015).

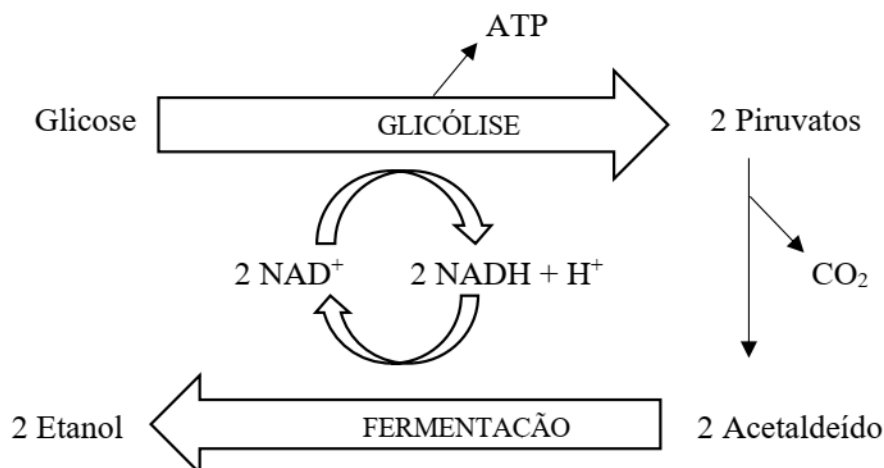
Os frutos de cagaita têm forma arredondada, bacáceo, cor amarela clara, epicarpo ligeiramente ácido, membranoso, com peso entre 14-20 g, comprimento de 3-4 cm, diâmetro de 3-5 cm, média de 3-4 grumos, tendo grande potencial para uso em sistemas agrícolas (Naves, Borges, & Chaves, 2002). Estudos da composição nutricional de diversas frutas nativas do Cerrado verificaram que a cagaita possui elevado teor de água (95,01%), sendo uma das frutas que apresentam maior percentagem de ácidos graxos poli-insaturados (linoleico e linolênico) (Silva, 2017), e é rica em vitamina C.

Visto a importância nutricional e a presença de compostos bioativos, como retinol, ácido ascórbico, quercetina nos frutos da cagaiteira, é preciso alcançar novas formas de integrar este produto na alimentação. A biotecnologia apresenta estratégias para o desenvolvimento de novos produtos que possuam essas características, sendo a produção de fermentados uma alternativa. As fermentações alcoólica e acética se apresentam como uma estratégia de utilizar matéria-prima agregando valor ao produto final.

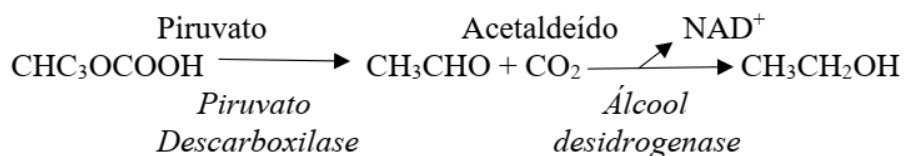
### **1.3. Fermentação Alcoólica**

A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico em que ocorre a transformação dos açúcares presentes no mosto em etanol e dióxido de carbono por ação da levedura. Além disso, várias outras reações e transformações químicas e bioquímicas ocorrem no mosto, produzindo uma bebida alcoólica aromatizada (Souza, 2015).

A etapa da fermentação alcoólica é a mais importante na elaboração de vinhos e bebidas fermentadas, conduzidas, principalmente, pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*, devido alta produção e a sua elevada tolerância a concentrações de etanol. As leveduras fermentam a glicose, o açúcar dominante, em altas taxas, mesmo em condições anaeróbicas, e transporta a glicose para dentro da célula via difusão facilitada, por meio de um gradiente de concentração através da membrana plasmática (Van Maris et al., 2006). As Figuras 2 e 3 apresentam as reações que acontecem na fermentação alcoólica.



**Figura 2** - Resumo da glicólise e fermentação em levedura (Walker & Walker, 2018)



**Figura 3** - Reações enzimáticas terminais de fermentação de levedura (Walker & Walker, 2018)

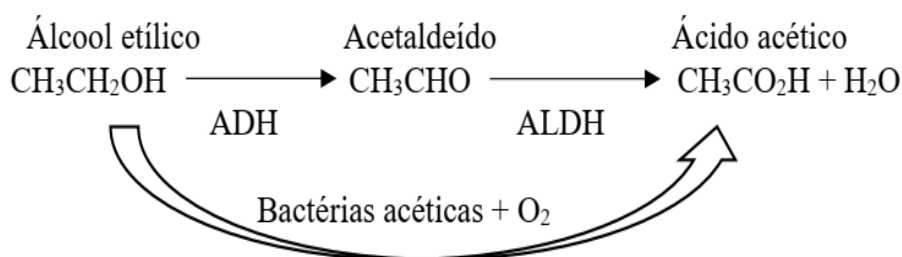
A Instrução Normativa Nº 34, De 29 de Novembro de 2012 (BRASIL, 2012), estabelece que a bebida fermentada de fruta é aquela com graduação alcoólica de 4% a 14%, em volume a 20°C, obtida da fermentação alcoólica do mosto de fruta sã, fresca e madura.

#### 1.4. Fermentação Acética

A produção do vinagre acontece por dois processos bioquímicos resultantes da ação de micro-organismos. Inicialmente ocorre a fermentação alcoólica pela ação de leveduras, com espécies de *Saccharomyces*, sobre as matérias-primas açucaradas, seguida de fermentação acética, pela ação de bactérias aeróbias do gênero *Acetobacter* (Tesfae et al., 2002).

A utilização de bactérias do ácido acético tem longa história em processos fermentativos, representa mais um campo emergente em aplicações biotecnológicas, especialmente relacionada com a biossíntese de substâncias químicas potencialmente úteis com alto valor econômico, bem como em ciências dos alimentos, por meio de processos para a fabricação de vinagre e de outras bebidas fermentadas (Gullo et al., 2009).

A oxidação do etanol a ácido acético dá-se por duas reações sequenciais, sendo catalisadas por enzimas associadas à membrana, são elas: álcool desidrogenase (ADH) e aldeído desidrogenase (ALDH). A primeira enzima é responsável pela conversão do etanol a acetaldeído pela retirada de átomos de hidrogênio. A segunda enzima é responsável pela conversão do acetaldeído a ácido acético pela incorporação de átomos de oxigênio (Zilioli et al., 2011) como apresentado na Figura 3.



**Figura 4** - Processo de conversão de álcool etílico a ácido acético

Algumas das transformações realizadas pelas bactérias do ácido acético são de grande interesse para a indústria biotecnológica. Durante a acetificação, essas bactérias também podem produzir acetato de etila e outros ésteres que são característica do seu metabolismo. Embora mais de 60 espécies foram descritas como bactérias do ácido acético, apenas um número limitado delas estão envolvidas na produção de vinagre (Mas et., 2016).

Vinagres de frutas, no geral, são ricos em ácidos orgânicos, aminoácidos e vitaminas. Os principais ácidos orgânicos incluem ácido acético, ácido tartárico, ácido fórmico, ácido láctico, ácido cítrico e ácido málico. A composição desses vinagres depende das características inerentes como tipo de matéria utilizada, método, bactérias, teor alcoólico, utilizado na produção (Souza, 2015).

A legislação brasileira define que vinagre ou vinagre de vinho é o produto obtido através da fermentação acética do vinho e deve conter uma acidez volátil mínima de 40 g por litro expresso em ácido acético (4%) e graduação alcoólica não pode ultrapassar a 1 °GL. A Instrução Normativa nº 6 do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), de 03 de abril de 2012 (BRASIL, 2012), estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos.



## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, P. A. A. (2015). Caracterização dos fatores nutricionais e antinutricionais de sementes de frutos do cerrado (Dissertação de mestrado). Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Brasil. **Ministério do Meio Ambiente**. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA - Monitoramento do Bioma Cerrado 2009-2010. Brasília, DF, agosto. 2011.

Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2012, Novembro 29). Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade para fermentado de fruta. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2012.

Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2012, Abril 3). Instrução Normativa nº 6, de 03 de abril de 2012. Brasília, 2012. Estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2012.

De Almeida Siqueira, E. M., Rosa, F. R., Fustinoni, A. M., de Sant'Ana, L. P., & Arruda, S. F. (2013). Brazilian savanna fruits contain higher bioactive compounds content and higher antioxidant activity relative to the conventional red delicious apple. *PLoS one*, 8(8), e72826.

De Moraes Cardoso, L., Martino, H. S. D., Moreira, A. V. B., Ribeiro, S. M. R., & Pinheiro-Sant'ana, H. M. (2011). Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Research International*, 44(7), 2151-2154.

Ferreira-Nunes, R., Da Silva, S. M. M., De Souza, P. E. N., De Oliveira Magalhães, P., Cunha-Filho, M., Gratieri, T., & Gelfuso, G. M. (2018). Incorporation of *Eugenia dysenterica* extract in microemulsions preserves stability, antioxidant effect and provides enhanced cutaneous permeation. *Journal of Molecular Liquids*, 265, 408-415.

Gullo, M.; Giudici, P. Acetic acid bacteria taxonomy from early descriptions to molecular techniques. In: Solieri, L.; Giudici, P. (Ed.). **Vinegars of the world**. New York: Springer, 2009. p. 41-56.

Martins, B. De A.; Ferraz, A. C. De O.; Schmidt, F. L. Physical characteristics of baru tree fruit aimed at kernel extraction. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 18651873, 2017.

Mas, A., Troncoso, A. M., García-Parrilla, M. C., & Torija, M. J. (2016). *Vinegar Encyclopedia of food and health* (pp. 418–423).

Morzelle MC, Bachiega P, Souza EC, Vilas Boas EVB, Lamounier ML (2015) Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 37(1):96-103.

Naves, Ronaldo Veloso; Borges, Jácomo Divino; Chaves, Lázaro José. A cagaiteira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 0-0, 2002.

Rocha, M.S., Figueiredo, R.W., Araújo, M.A.M., Moreira-Araújo, R.S.R., 2013. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 35 (4), 933941.

Silva, Flávio Santos. **Elaboração de geleia com mix de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) e mangaba (*Hancornia speciosa*) e avaliação dos parâmetros de qualidade**. Dissertação de Mestrado – Palmas, 2017.

Silva, M.R., Lacerda, D.B.C.L., Santos, G.G., Martins, D.O., 2008. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural*. 38 (6), 17901793.

Souza, Angélica Cristina de. **Utilização de cagaita, jabuticaba e pitaya na elaboração de fermentado alcoólico e vinagre** / Tese – Lavras: UFLA, 2015.

Tesfaye, W.; Morales, M.L.; Garcia-Parrilla, M.C.; Troncoso, A. Wine Vinegar: Technology, Authenticity and Quality Evaluation. **Trens in Food Science & Technology**, v.12, n.1, p. 12-21,2002.

Van Maris, Antonius JA et al. Alcoholic fermentation of carbon sources in biomass hydrolysates by *Saccharomyces cerevisiae*: current status. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 90, n. 4, p. 391-418, 2006.

Walker, Graeme M.; Walker, Roy SK. Enhancing yeast alcoholic fermentations. In: **Advances in applied microbiology**. Academic Press, 2018. p. 87-129.

Zilioli, Estevão et al. Composição química e propriedades funcionais no processamento de vinagres. 2011.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. GERAL**

Avaliar os frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) como matéria-prima na produção de fermentado acético.

#### **3.2. ESPECÍFICOS**

- Averiguar a composição físico-química e bromatológica dos frutos de cagaita;
- Analisar as diferentes formulações na produção de fermentado alcoólico;
- Obter fermentado acético de cagaita e averiguar se os parâmetros estão de acordo com a legislação brasileira e com a literatura;

## CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DE FRUTOS DE *EUGENIA DYSENTERICA* PARA PRODUÇÃO DE FERMENTADO ACÉTICO

### 1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado constitui um imensurável patrimônio de recursos naturais renováveis, com ênfase para as espécies frutíferas exóticas detentoras de características sensoriais peculiares e intensas. Estas características únicas creditaram aos frutos um potencial de exploração nacional e internacional, despertando o interesse dos consumidores e contribuindo com a busca das indústrias por inovações que proporcionem um desenvolvimento competitivo na indústria alimentícia (Morzelle, et al, 2015).

Uma das espécies pertencentes ao Cerrado é a *Eugenia dysenterica* DC., uma fruta da família *Myrtaceae*, popularmente conhecida como cagaiteira ou cagaita (De Moraes Cardoso et al., 2011). A espécie *Eugenia* tem sido alvo de pesquisas, pela produção natural de metabólicos secundários. Gasca et al. (2017) relataram que a quercetina e a catequina foram isoladas pela primeira vez a partir do extrato aquoso de *E. dysenterica*, além disso o mesmo extrato apresentou atividade inibitória da acetilcolinesterase relativamente moderada em comparação com o fármaco fisostigmina.

As principais fontes de polifenóis da dieta humana são as frutas, as verduras e os chás, sendo que o consumo destes alimentos faz parte de estratégias nutricionais para o combate à obesidade e suas manifestações metabólicas (Granato et al., 2016). Trabalhos foram realizados apresentando relação entre a presença de polifenóis em frutos de cagaita e os benefícios a saúde, como atenuação do ganho de peso corporal, redução da adiposidade, hipoglicemia em jejum, confirmando propriedades funcionais interessantes para prevenir e tratar a obesidade e doenças associadas (Donado-Pestana, Belchior & Genovese, 2015 e 2018).

A presença de compostos fenólicos na cagaita pode ter potencial terapêutico, sendo esses compostos suscetíveis à degradação causada por fatores como pH, temperatura, exposição à luz, oxigênio e condições de armazenamento (Selcuk & Erkan, 2015, Grace et al., 2014).

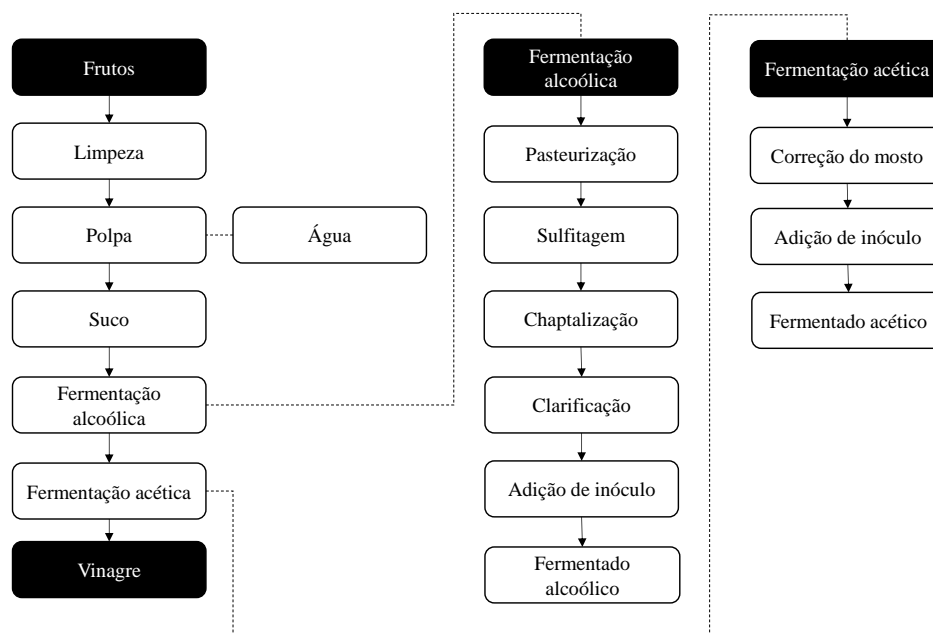
Assim, a cagaita tem grande potencial pela sua composição química e valor nutricional. Seu consumo deve ser estimulado como fonte promissora de compostos bioativos com capacidade significativa a ser explorada em aplicações alimentares e medicinais, trazendo benefícios à saúde com bons teores de vitaminas, minerais, compostos fenólicos e antioxidantes (De Sousa et al., 2018; Guedes et al., 2017).

A fermentação acética é o processo pelo qual o etanol produzido é oxidado em ácido acético pelas bactérias do ácido acético (AAB). Além de AAB, o vinagre também pode ser produzido pela inoculação de mãe de vinagre nas amostras de álcool (Isham et al., 2019). Muitos metabólitos AAB são capazes de inibir o crescimento de micro-organismos indesejáveis, apresentam propriedades nutracêuticas e contribuem para as propriedades de sabor e textura (Gullo et al., 2014). Além disso, várias outras reações e transformações que ocorrem no mosto, acabam por produzir uma bebida muito aromatizada (Souza, 2015).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) como matéria-prima na produção de fermentado acético.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

No fluxograma a seguir apresenta o desenvolvimento do fermentado alcoólico e acético (Figura 5).



**Figura 5** – Produção de Fermentado Alcoólico e Acético.

### 2.1. Obtenção e caracterização do material vegetal

Os frutos da cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) foram coletados na vegetação natural da região de Montes Claros de Goiás – GO (-16.1634, -51.3208) no mês de outubro de 2018. Foram sanitizados com hipoclorito de sódio (200 ppm, por 15 minutos), despulpados manualmente (com separação da semente), homogeneizados em liquidificador industrial (SKYMSSEN, metalúrgica Siemens LTDA) e o resíduo sólido separado utilizando tecido volta-ao-mundo. O rendimento em polpa foi calculado utilizando as massas do fruto inteiro (MF) e a massa da polpa (MP) obtida e o resultado foi expresso em percentual.

A cor foi determinada diretamente em colorímetro Chroma Meter CR-410 (Konica Minolta, Japão). Os parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (+:vermelho, -:verde),  $b^*$  (+: amarelo, -:azul),  $C^*$  (Chroma: saturação) e  $h_{ab}$  (ângulo hue: tonalidade) foram obtidos através das coordenadas do espaço de cor CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital (Refractometer Reichert, Japão) e os resultados foram expressos em °Brix. A medida do valor do pH foi realizada diretamente utilizando potenciômetro digital (Lucadema, modelo LUCA-210, São José do Rio Preto-Brasil). A acidez titulável (AT)

foi determinada pelo método da titulação volumétrica com solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1mol L<sup>-1</sup>) e expresso em meq/L. A relação SS/AT foi utilizada para indicar o grau de maturação dos frutos utilizados na produção de polpa. O grau alcoólico dos fermentados foi medido a partir da amostra destilada (Microdestilador de álcool TE-012, Piracicaba, Brasil), por densidade e teor de álcool em densímetro digital (DMA35, Anton Paar, Brazil).

A composição proximal da polpa foi realizada de acordo com métodos oficiais (AOAC, 2010) e expressos em g.100g<sup>-1</sup>. Brevemente, o teor de umidade foi determinado por gravimetria em estufa a 105°C com posterior determinação de cinzas por incineração a 550°C. O conteúdo de proteínas foi determinado após a digestão da amostra e multiplicando-se pelo fator de conversão 6,25. O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Bligh & Dyer (1959) enquanto o teor de carboidratos foi calculado por diferença (100-umidade-proteínas-lipídeos-cinzas). Para o cálculo do valor energético utilizou-se o fator de conversão de Atwater (proteínas x 4 kcal, lipídeos x 9 Kcal e carboidratos x 4 Kcal).

A vitamina C foi determinada pelo método de redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução de ácido ascórbico (AOAC, 1990). O extrato foi preparado a partir da amostra para a quantificação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. Utilizou-se 2 gramas de amostra, 20 mL de metanol (50%) após sessenta minutos de repouso adicionou-se 20 mL de acetona (70%). Decorrido sessenta minutos, realizou-se a filtração e transferência do extrato para um balão volumétrico de 50 mL e o volume completado com água destilada.

Para a quantificação de compostos fenólicos totais, 200 µL do extrato foi adicionado de 1,9 mL do reagente Follin-Ciocalteau 1:9 em água destilada recém-preparada. O mesmo volume (1,9 mL) da solução aquosa de carbonato de sódio (60 g.L<sup>-1</sup>) foi usada para neutralizar a mistura. Após 120 minutos da reação na ausência de luz e temperatura ambiente, a absorbância foi medida em 725 nm. O cálculo foi realizado utilizando a curva padrão (R=0,998) e os resultados expressos em g equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de amostra (Li et al., 2009).

A capacidade antioxidante foi realizada por dois métodos: ABTS ((2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico)) e FRAP (redução de ferro). Para o método de ABTS, utilizou-se uma alíquota de 30 µL do extrato com 3 mL do radical ABTS<sup>+</sup> e realizou-se a leitura a 734 nm após 6 minuto, utilizando o álcool etílico para calibrar o

espectrofotômetro (Rufino et al., 2007). O percentual de descoloração foi calculado conforme a Equação 1.

$$\% \text{ Descoloração} = \left[ 1 - \left( \frac{\text{Absorbância da amostra}}{\text{Absorbância do controle}} \right) \right] \times 100 \quad (1)$$

O método de FRAP foi realizado como descrito Rufino et al. (2006) utilizando 100 µL do extrato e 3 mL do reagente FRAP. Como padrão foi utilizado sulfato ferroso e a leitura da absorbância foi realizada a 595 nm.

As análises de espectroscopia de absorção na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foram realizadas em um equipamento Perkin Elmer modelo (FT-IR /NIR Spectrometer, Frontier), seguindo as seguintes condições de operação: região 650-4000 cm<sup>-1</sup>, com 8 varreduras e resolução de 2 cm<sup>-1</sup> (leitura direta no equipamento, sem nenhum tratamento prévio).

## 2.2. Produção do fermentado alcóolico

As polpas de cagaita foram descongeladas e adicionadas à água filtrada para produção do suco (proporção água: polpa, 1:1; v:v). Os tratamentos estudados para produção de álcool a partir de suco de cagaita estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Fermentação Alcoólica com diferentes Tratamentos

Abreviação	Descrição
TRAT1	- Mosto Não chaptalizado + Levedura Seleccionada;
TRAT2	-Mosto chaptalizado + Pasteurização (80°C/ 20 minutos) + Levedura Seleccionada CA11;
TRAT3	- Mosto chaptalizado + Pasteurização (80°C/ 20 minutos) + Levedura Termo resistente;
TRAT4	- Mosto chaptalizado + <i>Amilase</i> + Levedura Seleccionada CA11;
TRAT5	- Mosto chaptalizado + <i>Amilase</i> + Levedura Termo resistente;
TRAT6	- Mosto chaptalizado + <i>Pectinase</i> + Levedura Seleccionada CA11;
TRAT7	- Mosto chaptalizado + <i>Pectinase</i> + Levedura Termo resistente;

A metodologia proposta por Oliveira et al., 2011 foi utilizada (com modificações) para preparação do mosto; em que a chaptalização (adição de açúcar), quando realizada, corrigiu o teor de sólidos solúveis do suco para 16° Brix com adição de sacarose comercial. Ao mosto foi adicionado metabissulfito de sódio na concentração de 0,1 g.L<sup>-1</sup>



<sup>1</sup>, proporção necessária para assegurar uma assepsia e reduzir a carga bacteriana sem afetar a atividade fermentativa das leveduras (Dias et al., 2007).

O volume de amilase e pectinase foi de 0,03 mL por litro de mosto, e o tratamento foi realizado por 20 minutos a 80°C em banho-maria.

Para a fermentação foram utilizados separadamente duas cepas: *Saccharomyces cerevisiae*, UFLA CA11 e termo resistente LNF - ANGEL (LNF, Bento Gonçalves, Brasil) (10g.L<sup>-1</sup>). O suco inoculado manteve-se em fermentação anaeróbica em BOD a 34°C, e foi controlado diariamente quanto ao teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez e determinação do teor alcoólico. O processo foi considerado finalizado quando o teor de sólidos solúveis se manteve estável após três leituras consecutivas.

### **2.3. Produção do fermentado acético**

Os mostos fermentados de cagaita obtidos na seção anterior foram acetificados em sistema de fermentação lenta a 25°C e sem agitação, em quatro repetições. A fermentação acética foi realizada utilizando vinagre concentrado com 9% (v/v) de acidez e fermentado alcoólico de cagaita a 9% (v/v), seguindo a proporção 1:10. Durante a fermentação acética, amostras foram coletadas para análise de acidez (titulação), teor de sólidos solúveis (refratômetro), pH (pHmetro) e álcool (destilação). A fermentação acética foi finalizada quando o vinagre apresentou teor alcoólico abaixo de 1,0% (v/v).

### **2.4. Análise Estatística**

Os experimentos foram realizados em triplicata e as análises com três repetições. Os resultados foram apresentados como valores médios e desvios padrões e realizou-se a ANOVA seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Caracterização da matéria-prima**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises químicas de frutos de cagaita. Os valores de sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT) encontrados neste trabalho foram maiores que os relatados por De Araújo et al. (2019) (5,2 °Brix, 2,2 e 0,64 g de ácido cítrico 100g<sup>-1</sup>, respectivamente), e por Oliveira et al., 2011 para SS e AT (8,3°

Brix 0,73 g 100g<sup>-1</sup>, respectivamente) para o fruto da mesma espécie. Segundo Adriano et al., (2011) quanto maior a maturação, menor a quantidade de ácidos orgânicos e conseqüentemente maior valor do pH. Frutos que apresentam maior relação SS/AT são mais aceitos pela população para o consumo *in natura*, pois apresentam maior teor de SS e menor teor de AT, sendo, portanto, mais adocicados e menos ácidos (Camilo et al., 2014). Fatores como solo, clima, época do ano e variabilidade genética interferem nas características físico-química dos frutos (Schiassi et al., 2018).

O teor de umidade encontrado para este trabalho (85,61 g 100g<sup>-1</sup>) foi inferior ao encontrado por De Araújo et al., 2019 (88,87%) e por Oliveira et al., 2011 (88,32 g 100g<sup>-1</sup>) para frutos de cagaita. Este parâmetro está relacionado com a qualidade do fruto como também às condições de conservação. A alta a umidade torna a cagaita altamente suscetível a deteriorações enzimáticas e microbianas, dificultando sua conservação (De Moraes Cardoso et al., 2011).

O teor de cinzas, que faz referência ao conteúdo mineral, foi duas vezes maior que o encontrado por Schiassi et al., 2018 (0,30 %) para frutos da mesma espécie. O teor de proteínas encontrado neste trabalho (1,37 g 100g<sup>-1</sup>) foi maior comparado com os valores encontrados por De Moraes Cardoso et al., (2011) (0,63 g 100g<sup>-1</sup>) e De Araújo et al., (2019) (0,63 g 100g<sup>-1</sup>). Essas proteínas são constituídas por aminoácidos que desempenham funções vitais no funcionamento das células e parte dos lipídeos estão ligados a essas estruturas.

**Tabela 2** - Caracterização química de frutos de cagaita (*E. dysenterica*)

Variáveis <sup>a</sup>	Média <sup>b</sup> ± DP <sup>c</sup>	Literatura <sup>1</sup>	Literatura <sup>2</sup>
Rendimento (%)	74,35 ± 0,34	-	-
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,8 ± 0,07	8,00 ± 0,15	9,12
pH	3,47 ± 0,01	3,84 ± 0,02	3,3
Acidez titulável (g ácido cítrico 100 g <sup>-1</sup> )	0,90 ± 0,02	0,64 ± 0,01	0,73
Índice de maturação (SST/ATT)	9,71 ± 0,13	12,64	12,49
Umidade (g 100g <sup>-1</sup> )	85,61 ± 0,64	89,74 ± 0,10	91,56
Cinzas (g 100g <sup>-1</sup> )	0,70 ± 0,1	0,30 ± 0,09	0,18 ± 0,02
Proteínas (g 100g <sup>-1</sup> )	1,37 ± 0,07	0,77 ± 0,01	0,63 ± 0,09
Lipídios (g 100g <sup>-1</sup> )	0,30 ± 0,007	0,49 ± 0,28	0,57 ± 0,05
Carboidratos (g 100g <sup>-1</sup> )	12,48 ± 0,42	8,09 ± 0,54	5,54 ± 0,65
Valor energético (kcal 100 <sup>-1</sup> g)	119,27 ± 3,5	39,87 ± 0,44	29,83 ± 3,43
Vitamina C (mg de ácido ascórbico·100g <sup>-1</sup> )	26,38 ± 0,01	31,95 ± 0,77	34,11 ± 1,48

<sup>a</sup>Valores expressos em matéria fresca; <sup>b</sup>Média de 3 repetições; <sup>c</sup>Desvio padrão.

<sup>1</sup>Schiassi et al., (2018), <sup>2</sup> De Moraes Cardoso et al., (2011)

O teor de lipídios neste trabalho foi menor que o relatado por De Moraes Cardoso et al., (2011) (0,57 g 100g<sup>-1</sup>), De Araújo et al., (2019) (0,57 g 100g<sup>-1</sup>) e Schiassi et al., (2018)(0,49 g 100g<sup>-1</sup>) para frutos de cagaita. Os lipídios desempenham papel importante na qualidade dos alimentos, pois contribuem com atributos como textura, sabor, nutrição e densidade calórica (Fennema et al., 2010). Enquanto isso, o teor de carboidratos e consequentemente o valor calórico foram maiores que o relatado por De Moraes Cardoso et al., 2011) (5,54 g 100g<sup>-1</sup> e 29,83 kcal 100 g<sup>-1</sup>), De Araújo et al., (2019) ( 29,83 kcal 100g<sup>-1</sup>) e Schiassi et al., (2018) (8,09 e 39,87 kcal 100g<sup>-1</sup>) para frutos de cagaita, respectivamente.

O teor de vitamina C encontrado (26,38 mg de ácido ascórbico 100g<sup>-1</sup>) foi menor que o valor encontrado por De Araújo et al. (2019) (34,11 mg 100g<sup>-1</sup>) e maior que o valor encontrados por Alves et al., (2017) (10,63 mg 100g<sup>-1</sup>). A cagaita pode ser importante para os fatores alimentares e nutricionais, uma vez que contribui para atender às recomendações de vitamina C (De Moraes Cardoso et al., (2011), sendo que pode também apresentar efeito anticarcinogênico (Pereira, 2018).

A Tabela 3 apresenta a composição mineral e a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para um adulto masculino sadio para finalidade de comparação (FAO/OMS,2001).

**Tabela 3** - Composição mineral de frutos de cagaita (*E. dysenterica*)

	Cagaita MD±DP	RECOMENDAÇÃO DIÁRIA (mg) <sup>1</sup>
Sódio (mg 100g <sup>-1</sup> )	2,13±0,05	-
Fósforo (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,19±0,01	700
Potássio (mg 100g <sup>-1</sup> )	1,64±0,00	-
Cálcio (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,28±0,18	1000
Magnésio (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,18±0,05	260
Boro (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,20±0,00	1
Cobre (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,90±0,00	900
Ferro (mg 100g <sup>-1</sup> )	10,30±5,00	14
Manganês (mg 100g <sup>-1</sup> )	5,17±3,20	2,3
Zinco (mg 100g <sup>-1</sup> )	0,23±2,08	7

<sup>1</sup> FAO/OMS (2001)

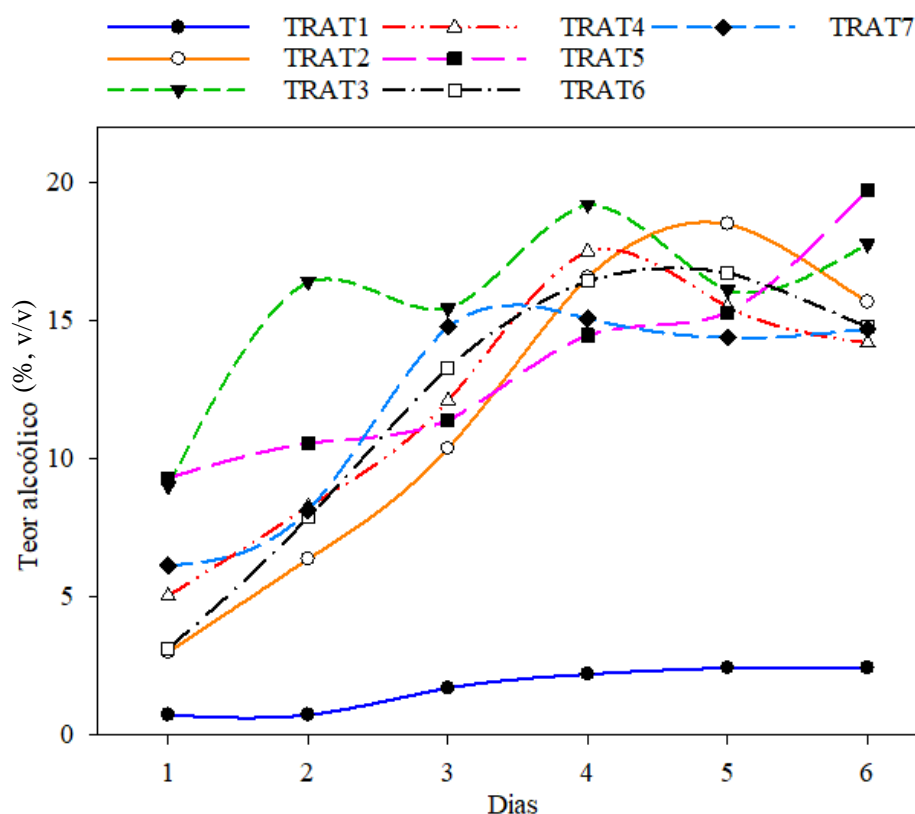
Segundo Fennema et al. (2010), os minerais são essenciais para muitas reações enzimáticas do organismo, eles são peças-chave na regulação do metabolismo, são essenciais à resistência e à rigidez dos ossos e dentes, facilitam o transporte de oxigênio e dióxido de carbono no sangue e são necessários à adesão e à divisão celular. Entre os minerais determinados em frutos de cagaita, o ferro apresentou destaque, sendo este

elemento muito importante no funcionamento e manutenção das atividades vitais do ser humano.

Estudos científicos têm mostrado o crescente interesse em compostos bioativos presentes em alimentos e bebidas. Dados clínicos e epidemiológicos evidenciam uma associação inversa entre o consumo de alimentos com compostos bioativos e o desenvolvimentos de doenças crônicas não transmissíveis, como a aterosclerose, alguns tipos de câncer, diabetes, hipercolesterolemia e inflamação crônica devido aos distúrbios metabólicos (González-Sarrías, Li et al., 2012; Sreelatha & Inbavalli, 2012).

### 3.2. Obtenção do fermentado alcólico

A fermentação alcoólica foi avaliada durante seis dias, e finalizou-se quando o teor de sólidos solúveis apresentou menor variação durante as medidas. Na Figura 6 está apresentada a produção de álcool durante o período para os tratamentos.



**Figura 6** - Teor alcoólico (%v/v) durante a fermentação alcoólica nos diferentes tratamentos. TRAT1 - Mosto Não chaptalizado + Levedura Seleccionada; TRAT2 - Mosto chaptalizado + Pasteurização (80°C/ 20 minutos) + Levedura Seleccionada CA11; TRAT3 - Mosto chaptalizado + Pasteurização (80°C/ 20 minutos) + Levedura Termo resistente;

TRAT4 - Mosto chaptalizado + Amilase + Levedura Seleccionada CA11; TRAT5 - Mosto chaptalizado + Amilase + Levedura Termo resistente; TRAT6 - Mosto chaptalizado + Pectinase + Levedura Seleccionada CA11; TRAT7 - Mosto chaptalizado + Pectinase + Levedura Termo resistente;

O TRAT1 foi elaborado como forma de manter apenas os açúcares fermentescíveis do próprio fruto, como o teor de sólidos solúveis inicial era baixo, o teor alcoólico foi o menor comparado aos tratamentos. No TRAT2, o teor alcoólico foi maior que no TRAT1 nos dois casos utilizando a levedura selecionada, já o TRAT3 com a utilização de levedura termo-resistente o rendimento em teor alcoólico foi maior que os demais tratamentos.

Com a finalidade de promover a quebra das macromoléculas de carboidratos, foram empregadas duas enzimas separadamente antes da fermentação alcoólica (amilase e pectinase). Nos TRAT4 e TRAT5, foi adicionada amilase, sendo que ao final dos seis dias, o TRAT5 apresentou maior teor alcoólico, isso porque a levedura termo-resistente mostrou-se mais eficiente.

Nos TRAT6 e TRAT7, com a utilização da pectinase antes da fermentação, a diferença no emprego das duas leveduras foi menor, quando comparada com os demais tratamentos. Considerando a viabilidade financeira e o tempo, foi percebida que a utilização da levedura termo-resistente apresentou maior eficiência, sendo desnecessária a adição de enzimas antes da fermentação.

Na Tabela 4 estão os resultados das análises de cor dos tratamentos após a fermentação alcoólica.

**Tabela 4 - Análise colorimétrica dos diferentes tratamentos da fermentação alcoólica.**

AMOSTRA	L	a	b	C	°h
TRAT1	30,83±0,04	-1,82±0,02	1,56±1,56	2,40±0,04	139,37±0,45
TRAT2	26,39±0,09	-0,41±0,02	0,74±0,04	0,85±0,05	119,23±1,01
TRAT3	29,21±0,02	-1,43±0,01	1,68±0,01	2,21±0,02	130,49±0,05
TRAT4	28,72±0,11	-1,49±0,02	2,23±0,03	2,68±0,02	124,05±0,79
TRAT5	35,53±0,02	-4,09±0,01	7,3±0,02	8,36±0,03	119,30±0,03
TRAT6	24,98±0,02	0,23±0,01	-0,03±0,01	0,24±0,01	352,47±1,14
TRAT7	26,59±0,04	-0,33±0,03	0,28±0,04	0,44±0,05	139,28±2,17

Os parâmetros  $L^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$  apresentaram-se maior na polpa ( $L^*$  54,45;  $a^*$  -7,91;  $b^*$  34,87;  $C^*$  35,77) do que nas amostras fermentadas. Isso porque na fermentação a presença de leveduras e bactérias realizam a degradação de macromoléculas em estruturas menores, isso interfere nas características visuais (cor; luminosidade, tonalidade) e sensoriais. Entre os sete tratamentos, o TRAT6 apresentou menor valor no parâmetro  $L^*$  e  $b^*$ , maior no  $a^*$  e  $C^*$ .

Após verificar que o TRAT3 apresentou resultados mais eficiente (a cepa utilizada apresenta melhor desempenho por apresentar maior tolerância a etanol, por produzir mais álcool em tempo menor quando comparada aos demais tratamentos), foi elaborado um ensaio em triplicata, empregando a levedura termo-resistente com suco chaptalizado, sólidos solúveis a 11° Brix, foram necessários quatro dias para a estabilização dessa variável, resultando no teor alcoólico de  $9 \pm 0,1$  (% v/v). Isso demonstrou que não é necessário fermentar até o sexto dia para a elevação do teor alcoólico objetivado.

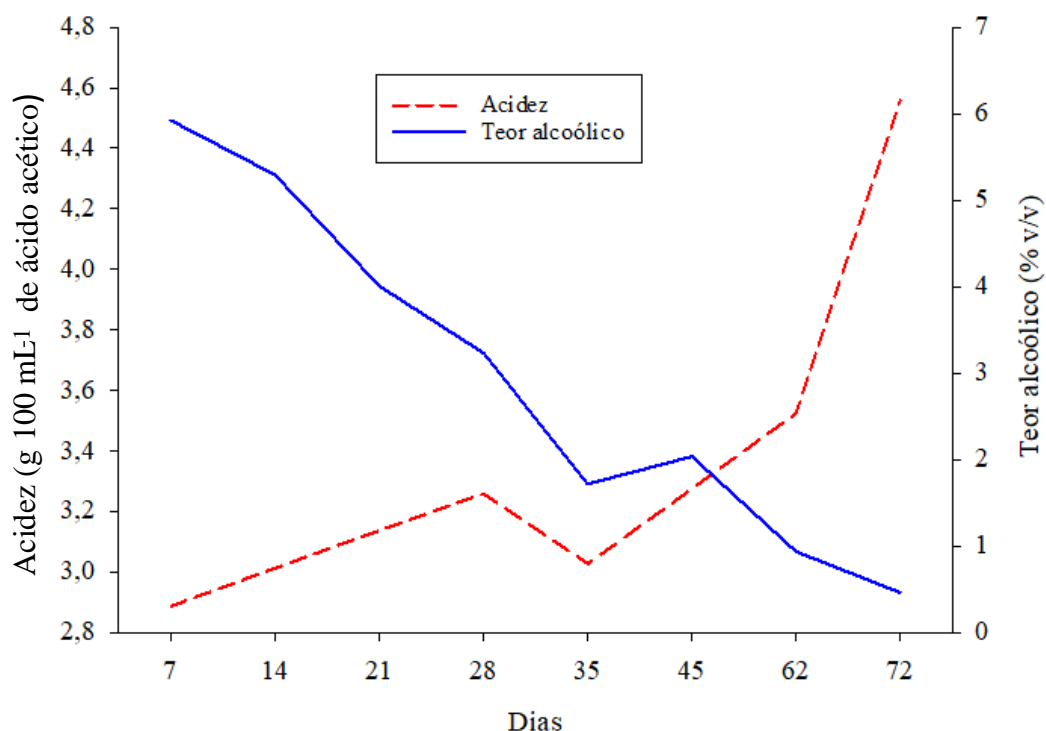
### 3.3. Obtenção do fermentado acético

A fermentação acética foi realizada pelo processo lento (Orleans) sem agitação, com o fermentado alcoólico que apresentava pH ácido. O método Orleans é uma das técnicas mais antigas para a produção de vinagre. A fermentação acética é lenta, tendo efeito apenas na superfície do líquido, em que há oxigênio dissolvido suficiente, garantindo a conversão de álcool em ácido acético. Essa fermentação dura de 8 a 14 semanas, dependendo de vários fatores, como a temperatura de fermentação, a composição inicial da solução alcoólica, a natureza dos micro-organismos e a suficiência do oxigênio fornecido (Dabija & Hatnean, 2014).

Neste trabalho a produção de fermentado acético foi acompanhada por 10 semanas. Sabe-se que após esse período há quantidade maior de ácidos orgânicos, sendo o ácido acético o majoritário, esse composto proporciona um sabor agradável e inibe o desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis ou patogênicos, pela alta acidez (Viana et al., 2017). Na Figura 7 é mostrada a diminuição do teor alcoólico e consequentemente o aumento da acidez.

O pH variou de 3,40 até 3,19 em 72 dias para a produção do fermentado acético. No trabalho de Tang et al., (2019) realizaram a produção de vinagre à aproximadamente 60°C, mostraram aumento do pH até 5,80, enquanto a acidez titulável diminuiu 0,10 mmol  $g^{-1}$  durante os 12 primeiros dias. Além disso, nos estágios (fermentação alcoólica e

acética), o pH se apresentou mais alto, resultando na diminuição da acidez titulável, o resultado implicou que a fermentação a alta temperatura alterou a atividade metabólica, consequentemente alterando os parâmetros físico-químicos (acidez e pH) durante o processo de fermentação. Neste trabalho a temperatura foi 25°C, pois temperaturas maiores poderiam facilitar a evaporação dos compostos voláteis (álcoois principalmente) de maneira mais rápida, assim, o rendimento de ácidos ao final da fermentação acética seria inferior ao esperado.



**Figura 7** - Acidez titulável e teor alcóolico durante a fermentação acética de cagaita (*E. dysenterica*).

Os resultados apresentados na Figura 7 (acima de 4 g 100 mL<sup>-1</sup> ácido acético), teor alcoólico <1(% v/v) mostram que a fermentação acética foi mais eficiente do que a descrita por Isham et al., (2019) 2,05 – 2,41 g 100 mL<sup>-1</sup> ácido acético, que usou cogumelos e leveduras como cultura inicial para produção de vinagre. Na Tabela 5 estão apresentados os resultados encontrados em comparação com os parâmetros estabelecidos pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). A Instrução Normativa nº 6 do MAPA, de 03 de abril de 2012 (BRASIL, 2012), estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos.

**Tabela 5** - Características físico-químicas de fermentado acético de cagaita.

PARÂMETROS	Média ± DP	Legislação <sup>1</sup>
pH	3,45 ± 0,01	-
Acidez Titulável (g.100 mL <sup>-1</sup> de ácido acético)	4,56 ± 0,15	≥4
Densidade (a 20°C)	0,99	-
Teor Alcoólico (%v/v) (a 20°C)	0,50	≤1
Extrato Seco	13,20 g/L	≥6

<sup>1</sup> Parâmetros do fermentado acético de fruta (Brasil, 2012)

Existem alguns fatores que afetam as propriedades químicas e sensoriais do vinagre, como o sistema de acetificação utilizado, a matéria-prima utilizada como substrato e a quantidade de tempo gasto com o envelhecimento em madeira após o processo finalizado (Guerreiro et al., (2014). O teor alcoólico foi abaixo do limite máximo estabelecido (1% v/v) mostrando que o vinagre de cagaita produzido se encontra dentro da legislação. O extrato seco foi maior que a quantidade mínima preconizada pela legislação, isso provavelmente aconteceu porque a matéria usada na produção de vinagre era polpa de fruta e o produto final não foi submetido a filtração.

Os valores encontrados nas análises de compostos bioativos estão apresentados na Tabela 6. A quantidade de compostos fenólicos totais na polpa de cagaita foi superior aos valores encontrados após as fermentações (alcoólica e acética). Fatores como a oxidação, temperatura, tempo de fermentação e tipo de levedura afetam quantitativamente e qualitativamente a composição fenólica de uma variedade de produtos de origem vegetal em termos nutricionais e de saúde, os compostos fenólicos são muito estudados pelas suas ações antimicrobianas, antivirais e, principalmente, antioxidantes (Granato & Nunes, 2016).

No trabalho de Donaldo-Pestana et al. (2015) que se administrou o extrato de cagaita a camundongos, foi observado que os animais diminuíram o ganho de peso, atenuação da hiperglicemia, dislipidemia em jejum, melhora na capacidade antioxidante do plasma e a excreção de triglicérides nas fezes. Essas informações corroboram os resultados encontrados por Donaldo-Pestana et al. (2018), os autores atribuíram estes efeitos a presença de compostos fenólicos, estes possuem propriedades funcionais interessantes para prevenir e tratar a obesidade e doenças associadas.



**Tabela 6** - Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de polpa, fermentado alcoólico e acético de cagaita (*E. dysenterica*).

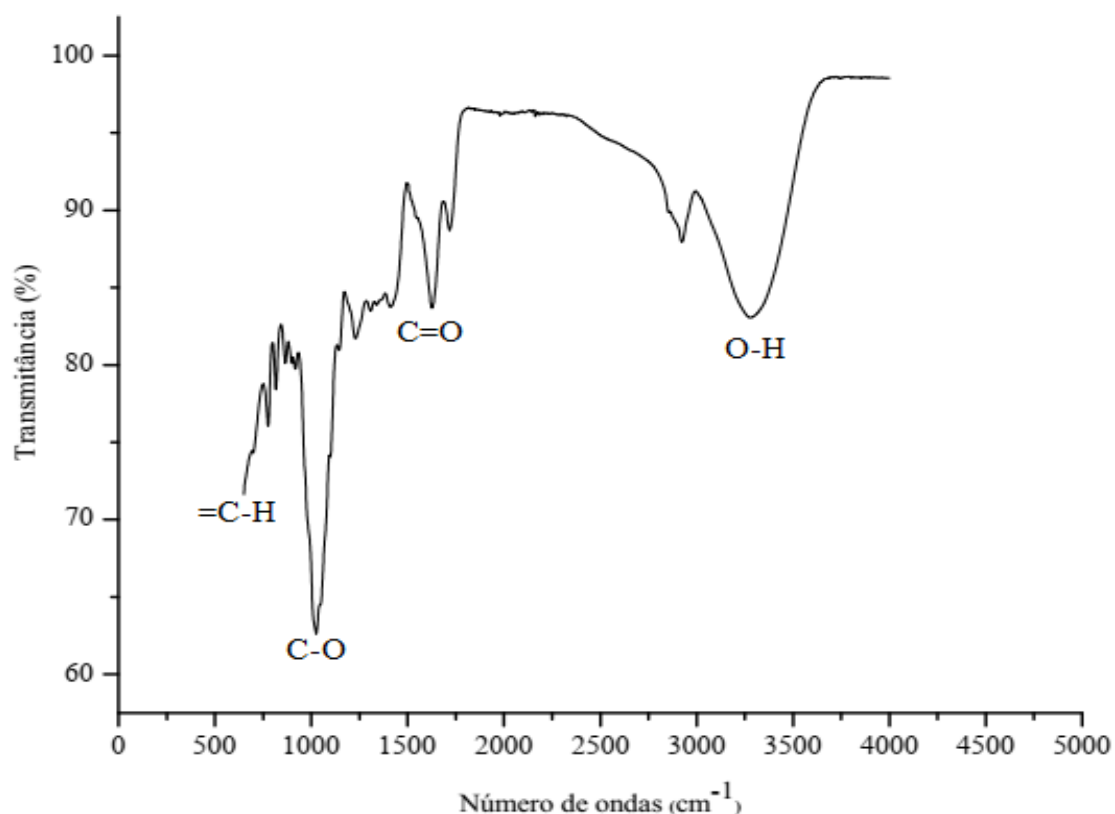
Composição	Polpa (MD±DP)	Fermentado	Fermentado
		alcoólico (MD±DP)	acético (MD±DP)
CFT (mg de GAE 100g <sup>-1</sup> )	84,22±1,53	29,15 ± 0,74	29,02 ± 0,85
ABTS (% descoloração)	16,97±0,49	8,81 ± 0,08	6,32 ± 0,73
FRAP (µM de SF·g <sup>-1</sup> )	1830,50 ± 3,53	502,50 ± 3,54	418,33 ± 3,82

CFT: compostos fenólicos totais; GAE: equivalentes de ácido gálico; SF: sulfato ferroso

A capacidade antioxidante foi avaliada utilizando dois sistemas antioxidantes: 2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) (ABTS) por descoloração e poder antioxidante de redução do ferro (FRAP). O primeiro sistema foi medido por descoloração, isso aconteceu quando na presença radical ABTS<sup>•+</sup> o extrato das amostras mudou de cor, quanto maior a mudança maior o poder da amostra combater os radicais livre.

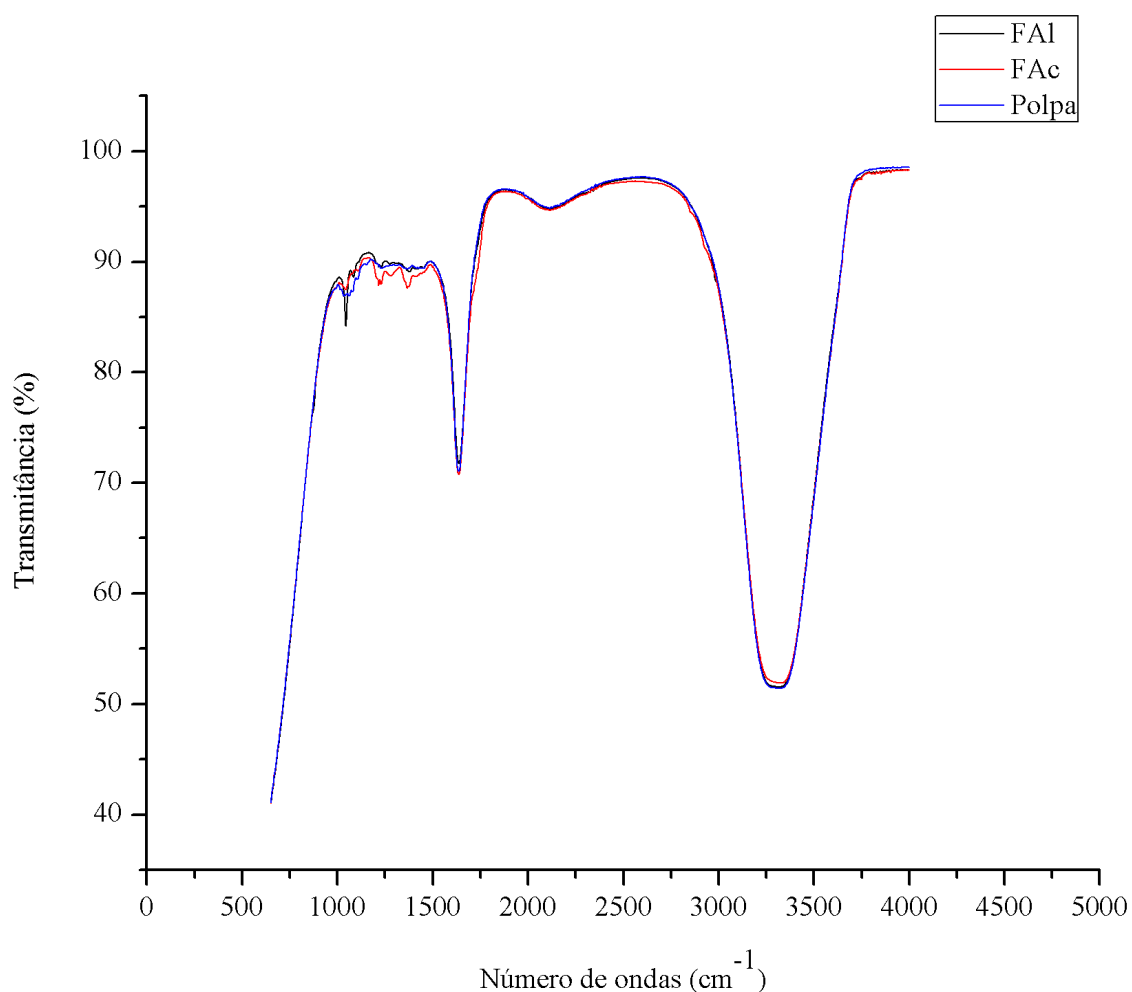
Os resultados encontrados se assemelham aos de Ubeda et al., (2013), quando na produção de vinagre de morango foi percebida diminuição da capacidade antioxidante e da quantidade de compostos fenólicos após as duas fermentações. Este comportamento também foi confirmado no trabalho de Leonés et al., (2019), que após a fermentação alcoólica houve significativa diminuição dos compostos fenólicos, já após a fermentação acética a diminuição foi menor na produção de vinagre de limão.

O espectro no infravermelho (IV) (Figura 8) apresentou picos característicos de compostos com ligações de carbono e oxigênio: (700, C=C; 1550, C=C), ligação de éster (1000, C-O;1650, C=O), ácidos carboxílicos (2400 a 3400; O-H) e ácidos carboxílicos (3250,O-H) (Pavia et al., 2010) na polpa de cagaita liofilizada. Essas bandas indicam a presença de compostos como acetato de etila (éster) e ácido ascórbico (tem função álcool, enol e éster).



**Figura 8** - Espectro infravermelho polpa de cagaita (*E. dysenterica*) liofilizada.

Nos espectros infravermelho disponíveis na Figura 9 foi possível verificar que não houve grandes diferenças entre as amostras, comparando a polpa e o fermentado alcoólico (FAI) e o fermentado acético (FAc), estas possuem grupos funcionais semelhantes, porém com fórmulas e estruturas diferentes. O espectro infravermelho fornece informações que contribuem na identificação dos grupos funcionais, nesse caso supõe-se a mistura de ácidos orgânicos, álcoois, aldeídos e ésteres. Na Figura 8, as bandas saíram mais definidas porque a amostra era desidrata, enquanto na Figura 9 a presença de água interfere nas bandas, dificultando a interpretação dos dados.



**Figura 9** - Espectro infravermelho: Fermentado alcoólico (FAI), acético (FAc) e polpa de cagaita (*E. dysenterica*)

O vinagre de cagaita é uma forma de agregar valor a esse fruto nativo do Cerrado, bem como um produto inovador. Sendo que os vinagres são utilizados no mundo inteiro, conhecidos por apresentarem efeitos antidiabéticos, antitumorais, antimicrobianos, antifúngicos, além de estimular a digestão.

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo em questão possibilitou a comprovação da viabilidade em usar cagaita, no desenvolvimento de fermentado acético para a indústria alimentícia que é justificada pela presença de compostos bioativos, que proporcionam benefícios a saúde humana. Os tratamentos realizados foram eficientes na identificação da viabilidade na produção de fermentado alcoólico, resultando em uma bebida com teor de alcoólico satisfatória para a fermentação acética, sendo que a última etapa também foi eficiente em produzir o

fermentado acético dentro da qualidade exigida pela legislação brasileira (Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008).

## 5. REFERÊNCIAS

Adriano, Elisa; Leonel, Sarita; Evangelista, Regina Marta. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 541-545, 2011.

Almeida, S. P. De. **Cerrado: Aproveitamento Alimentar**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. 188 P.

AOAC. **Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist: 15<sup>a</sup>ed.** EUA; 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 17th. v. II., 2000.

A. Dabija, CA Hatnean. Estudo sobre a qualidade do vinagre de maçã obtido pelo método clássico. **Jornal de Processos e Tecnologias Agroalimentares**, 20 (4) (2014) , pp. 304 – 310.

Alves, A. M., Dias, T., HASSIMOTTO, N. M. A., & NAVES, M. M. V. (2017). Ascorbic acid and phenolic contents, antioxidant capacity and flavonoids composition of Brazilian Savannah native fruits. *Food Science and Technology*, 37(4), 564-569.

Bligh, E. Graham; Dyer, W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2012, Abril 3). Instrução Normativa nº 6, de 03 de abril de 2012. Brasília, 2012. Estabelece os padrões de identidade e qualidade e a classificação dos fermentados acéticos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2012.

Camilo, Y. M. V., Souza, E. R. B., Vera, R., & Naves, R. V. (2014). Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.). *Científica*, 42(1), 1-10.

De Araújo, F. F., Neri-Numa, I. A., de Paulo Farias, D., da Cunha, G. R. M. C., & Pastore, G. M. (2019). Wild Brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. *Food research international*.

De Moraes Cardoso, L., Martino, H. S. D., Moreira, A. V. B., Ribeiro, S. M. R., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2011). Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Research International*, 44(7), 2151-2154.

De Sousa, Eli Rb; Camilo, Yanuzi MV; VERA, Rosângela. Cagaita—*Eugenia dysenterica*. In: **Exotic Fruits**. Academic Press, 2018. p. 77-83.

Dias, D. R., Schwan, R. F., Freire, E. S., & Serôdio, R. D. S. (2007). Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. *International journal of food science & technology*, 42(3), 319-329.

Donado-Pestana, C. M., Belchior, T., & Genovese, M. I. (2015). Phenolic compounds from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit prevent body weight and fat mass gain induced by a high-fat, high-sucrose diet. *Food Research International*, 77, 177-185.

Donado-Pestana, C. M., dos Santos-Donado, P. R., Daza, L. D., Belchior, T., Festuccia, W. T., & Genovese, M. I. (2018). Cagaita fruit (*Eugenia dysenterica* DC.) and obesity: Role of polyphenols on already established obesity. *Food Research International*, 103, 40-47.

FAO/OMS. Human Vitamin and Mineral Requirements. In: Report 7<sup>a</sup> Joint FAO/OMS Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 2001.

Fennema, Owen R.; Damodaran, Srinivasan; Parkin, K. L. Química de alimentos de Fennema. **Editorial Acribia, Espanha**, p. 1258, 2010.

Gasca, C. A., Castillo, W. O., Takahashi, C. S., Fagg, C. W., Magalhães, P. O., Fonseca-Bazzo, Y. M., & Silveira, D. (2017). Assessment of anti-cholinesterase activity and cytotoxicity of cagaita (*Eugenia dysenterica*) leaves. **Food and Chemical Toxicology**, 109, 996-1002.

González-Sarrías, A.; Li, L.; Seeram, N.O. Anticancer effects of maple syrup phenolics and extracts on proliferation, apoptosis, and cell cycle arrest of human colon cells. **Journal of Functional Foods** 4(1) 185-196, 2012.

Grace MH, Warlick CW, Neff S A & Lila MA (2014) Efficient preparative isolation and identification of walnut bioactive components using high-speed counter-current chromatography and LC-ESI-IT-TOF-MS. **Food Chemistry**, 158:229-238.

Granato, Daniel; Nunes, Domingos. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle de qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. Elsevier Brasil, 2016.

Guedes, M. N. S., Rufini, J. C. M., Marques, T. R., Melo, J. O. F., Ramos, M. C. P., & Viol, R. E. (2017). Minerals and phenolic compounds of cagaita fruits at different maturation stages (*Eugenia dysenterica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39(1).

Guerreiro, T.M.; Oliveira, D.N.; Ferreira, M.S.; Catharino, R.R. **Análise de alto rendimento por SP-LDI-MS para identificação rápida de adulterações em vinagres balsâmicos comerciais**. *Analytica Chimica Acta*, 838 (2014), pp. 86 – 92.

Gullo, Maria; Verzelloni, Elena; Canonico, Matteo. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: process and biotechnological aspects. **Process Biochemistry**, v. 49, n. 10, p. 1571-1579, 2014.

Isham, N. K. M., Mokhtar, N., Fazry, S., & Lim, S. J. (2019). The development of an alternative fermentation model system for vinegar production. **LWT**, 100, 322-327.

Leonés, A., Durán-Guerrero, E., Carbú, M., Cantoral, J. M., Barroso, C. G., & Castro, R. (2019). Development of vinegar obtained from lemon juice: Optimization and chemical characterization of the process. **LWT**, 100, 314-321.

Lima, T. B., Silva, O. N., Oliveira, J. T. A., Vasconcelos, I. M., Scalabrin, F. B., Rocha, T. L., ... & Castro, C. F. S. (2010). Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: A novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. **Peptides**, 31(8), 1426-1433.

Lima, T. B., Silva, O. N., Oliveira, J. T. A., Vasconcelos, I. M., Scalabrin, F. B., Rocha, T. L., ... & Castro, C. F. S. (2010). Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: A novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. *Peptides*, 31(8), 1426-1433.

MORZELLE, M. C., BACHIEGA, P., SOUZA, E. D., Vilas Boas, E. V. B., & Lamounier, M. L. (2015). Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e murici provenientes do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(1), 96-103.

Oliveira, M. E. S et al. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2391-2400, 2011.

Padovani, Renata Maria et al. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, 2006.

Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2010). **Introdução à espectroscopia**. Cengage Learning, São Paulo, 2010.

Pereira, Maiara. Avaliação dos efeitos quimiopreventivos da vitamina C e do ácido acetilsalicílico em modelo animal de câncer colorretal. 2018.

Rufino, M. S. M. et al. Metodologia científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS<sup>+</sup>. Brasília: EMBRAPA, 2007. 127 p. (Comunicado Técnico).

Rufino, M. D. S. M., ALVES, R. E., De Brito, E. S., De Moraes, S. M., Sampaio, C. D. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., & SAURA-CALIXTO, F. D. (2006). Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). *Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.

Schiassi, Maria Cecília Evangelista Vasconcelos et al. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food chemistry**, v. 245, p. 305-311, 2018.

Selcuk, Nurten; Erkan, Mustafa. The effects of modified and palliflex controlled atmosphere storage on postharvest quality and composition of 'Istanbul' medlar fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 99, p. 9-19, 2015.

Souza, Angélica Cristina de. **Utilização de cagaita, jaboticaba e pitaya na elaboração de fermentado alcoólico e vinagre** / Tese – Lavras: UFLA, 2017.

Sreelatha,S.; Inbavalli,R. Antioxidant, antihyperglycemic, and antihyperlipidic effects of coriandrumsativum leaf and stem in alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Food Science** 77 T119-T123, 2012.

Tang, Hanlan et al. Comparison of microbial community and metabolites in spontaneous fermentation of two types Daqu starter for traditional Chinese vinegar production. **Journal of bioscience and bioengineering**, 2019.

Ubeda, C., Callejón, R. M., Hidalgo, C., Torija, M. J., Troncoso, A. M., & Morales, M. L. (2013). Employment of different processes for the production of strawberry vinegars: Effects on antioxidant activity, total phenols and monomeric anthocyanins. **LWT-Food Science and Technology**, 52(2), 139-145.

Viana, R. O., Magalhães-Guedes, K. T., Braga Jr, R. A., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2017). Fermentation process for production of apple-based kefir vinegar: microbiological, chemical and sensory analysis. **Brazilian Journal of Microbiology**, 48(3), 592-601.