



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**FILIPPE ARAÚJO DE CARVALHO**

**PRODUÇÃO DE FERMENTADO DE ACEROLA:  
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE  
ELABORAÇÃO NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,  
CONTEÚDO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DO PRODUTO**

São Cristóvão - SE

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**FILIPE ARAÚJO DE CARVALHO**

**PRODUÇÃO DE FERMENTADO DE ACEROLA:  
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE  
ELABORAÇÃO NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,  
CONTEÚDO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E CAPACIDADE  
ANTIOXIDANTE DO PRODUTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aline Telles Biasoto Marques

Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Ana Cecilia Poloni Rybka

São Cristóvão – SE

2022

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C331p Carvalho, Filipe Araújo de.  
Produção de fermento de acerola: influência de diferentes métodos de elaboração na composição físico-química, conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante do produto / Filipe Araújo de Carvalho; orientadora Aline Telles Biasoto Marques. – São Cristóvão, SE, 2022.  
64 f.; il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)  
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Acerola. 2. Fermentação. 3. Fenóis. 4. Vitamina C. 5. Compostos bioativos. I. Marques, Aline Telles Biasoto, orient. II. Título.


CDU 634.674

**FILIPPE ARAÚJO DE CARVALHO**

**PRODUÇÃO DE FERMENTADO DE ACEROLA: INFLUÊNCIA DE  
DIFERENTES MÉTODOS DE ELABORAÇÃO NA COMPOSIÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA, CONTEÚDO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E  
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO PRODUTO**


Dissertação de mestrado aprovada no  
Programa de Pós-graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos em 24 de Março de  
2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **ALINE TELLES BIASOTO MARQUES**  
Data: 08/09/2022 10:10:14-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>


---

**Profa Dr<sup>a</sup>. Aline Telles Biasoto Marques**  
**Orinetadora/PROCTA-UFS**

Documento assinado digitalmente  
 **MARIA APARECIDA AZEVEDO PEREIRA DA SI**  
Data: 13/09/2022 14:08:47-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

---

**Profa Dr<sup>a</sup>. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva**  
**Universidade Federal de Sergipe-UFS**

Documento assinado digitalmente  
 **FLAVIO LUIZ HONORATO DA SILVA**  
Data: 08/09/2022 14:48:54-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

---

**Prof Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva**  
**Universidade Federal da Paraíba-UFPB**

São Cristóvão/SE

2022

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, ter me concedido muita saúde, serenidade, força e ter iluminado meus caminhos diante das dificuldades que surgiram nessa jornada.

A meus pais, Margarida Pereira e João Ribeiro, por todo o apoio e ajuda nos momentos difíceis que ocorreram durante esta caminhada. Foram muitas dificuldades vencidas nesse período com a ajuda deles.

À minha esposa Maria, pelo companheirismo e todo apoio dado desde a seleção do mestrado até a conclusão do mesmo.

À minha orientadora Dra. Aline Telles Biasoto Marques, por ter me acolhido novamente, pela confiança, toda a atenção, dedicação, profissionalismo, ensinamentos, oportunidades e por todo o incentivo a mim e ao meu trabalho. Nem sei como agradecê-la, e que se multiplique orientadoras e orientadores como ela por todo o Brasil.

A futura Dra. Renata Torres dos Santos, por toda a ajuda, inclusive por os sábados e domingos dedicados à pesquisa, além dos ensinamentos que foram importantíssimos para mim. Sem sua ajuda, tudo teria sido mais difícil. Agradeço também a Grace Nunes por todo o apoio na minha chegada à EMBRAPA e por todas as informações e dúvidas sanadas mesmo não estando ligada a esse trabalho.

Meu agradecimento à Dra. Ana Cecilia Poloni Rybka pela coorientação do projeto, por me ceder parte do material equipamentos para realização desse trabalho, também pela supervisão e orientação do trabalho realizado na Embrapa- Petrolina.

Ao Dr. Magnus Dall'gna Deon, por ter disponibilizado parte do seu tempo para me levar e mostrar a área de cultivo da acerola do genótipo Junko, essa foi a base do projeto, sem ela, não teríamos adiantado o processamento e a parte inicial da pesquisa antes do início da pandemia.

Ao Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, por ter disponibilizado alguns reagentes para análises do trabalho e principalmente ter oferecido o espaço para armazenamento dos frutos antes do processamento e também dos fermentados durante o período da quarentena do COVID-19, onde não poderíamos ir à EMBRAPA finalizar o produto.

A Universidade Federal de Sergipe pôr a oportunidade concedida a mim e todo o suporte. Incluindo o Junior que faz essa parte do suporte com excelência no setor do PROCTA.

Muito obrigado aos membros da banca pelo aceite do convite e ao tempo dedicado a revisão da dissertação, pelas sugestões e contribuições.

Obrigado aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe (PROCTA/UFS) por todos os ensinamentos e conselhos, também agradeço aos colegas demais docentes, por todo o apoio.

À EMBRAPA Semiárido por permitir a realização deste trabalho nas suas dependências, disponibilizando toda a estrutura necessária à pesquisa. Agradeço ainda ao Dr. Luiz Claudio Corrêa, e aos profissionais técnicos que foram essenciais para realização de muitas atividades: Edna Santos pôr a dedicação e atenção, Sr Antero pôr a atenção e seus ensinamentos práticos, e Daniele pôr a atenção.

A todos meus amigos, principalmente a Leandro Cosmo, Débora Félix, Denize Gabriela, Erikles Soares, Alex Caetano, Joyce Fagundes e Antônio Mendes que mesmo de longe, me ajudaram bastante durante todo período, me dando força e incentivo.

Ao orientador do meu primeiro projeto de pesquisa Dr Rodrigo, através daquele convite e realização do trabalho, muitas oportunidades surgiram, e graças a experiência obtida através de ensinamentos, conselhos, dicas e conversas eu pude evoluir como aluno e pessoa.

Muito obrigado a todos que de alguma forma contribuíram com a realização desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

CARVALHO, F. A. Produção de fermentado de acerola: influência de diferentes métodos de elaboração na composição físico-química, conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante do produto; São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2022.

## RESUMO

Nos últimos anos, diversos produtos vêm sendo elaborados a partir desse fruto e o fermentado alcoólico de acerola, bebida alcóolica similar ao vinho, corresponde a uma forma de inovação tecnológica agregando valor à matéria-prima. Assim, este trabalho objetivou desenvolver um novo método para a elaboração do fermentado de acerola, direcionando a cultivar, e as etapas do processo necessárias para a elaboração em escala piloto de bebida de alta qualidade nutracêutica e sensorial. Utilizou-se a cultivar Junko, do campo experimental da EMBRAPA Semiárido Petrolina-PE. Foram utilizados para a elaboração dos fermentados 4Kg do fruto e 4Kg de água para cada um dos quatro tratamentos em duplicata cada, Despoldado (T1), Prensagem Direta (T2), Maceração pré fermentativa (8°C) por 24h (T3) e Maceração por 96h durante a fermentação alcoólica (T4), totalizando 8 garrações. Utilizou-se também insumos enológicos e após finalizado os mesmos foram engarrafadas e analisadas. Foram avaliados parâmetros físico-químicas, capacidade antioxidante e ácido ascórbico. Os fermentados apresentaram em média pH 3,57, as médias de acidez total 87,06 meq/L e volátil 15,17 meq/L ficaram dentro dos padrões exigidos por lei. O teor de vitamina C foi elevado, com média de 181,70 mg/100g, a bebida apresentou alto teor de fenólicos 4310 mg/L e antocianinas 18,89 mg/L. A capacidade antioxidante para DPPH 22,62 µmol TEAC.mL, FRAP 19,43 mmol TEAC/L e ABTS 19,46 mmol TEAC/L. Conclui-se que os fermentados ficaram dentro dos padrões da legislação, contudo, aplicando a maceração dos frutos durante 96h junto à etapa de fermentação alcoólica (18°C), foi possível a obtenção da bebida com maior potencial nutracêutico. A bebida ficou com coloração vermelha e atraente, apresentando boa limpidez e brilho no aspecto visual. O rendimento de acerola in natura em fermentado foi bastante elevado, sendo superior a 100 %.

**Palavras-chave:** *Malpighia emarginata* DC, Junko, fermentado de fruta, compostos fenólicos, ácido ascórbico.

CARVALHO, F. A. Acerola wine: influence of different methods of processing on the physico-chemical composition, content of bioactive compounds and antioxidant capacity; São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2022.

## ABSTRACT

In recent years, several products have been prepared from this fruit and the alcoholic fermented acerola, an alcoholic beverage similar to wine, corresponds to a form of technological innovation adding value to the raw material. Thus, this work aimed to develop a new method for the elaboration of acerola fermented, directing the cultivar, and the process steps necessary for the development on a pilot scale of high quality nutraceutical and sensory beverage. The cultivar Junko was used, from the experimental field of EMBRAPA Semiarid Petrolina-PE. 4Kg of fruit and 4Kg of water were used for the preparation of fermented fruit and 4Kg of water for each of the four treatments in duplicate each, Pulped (T1), Direct Pressing (T2), Prefermentative Maceration (8°C) for 24h (T3) and Maceration for 96h during alcoholic fermentation (T4), totaling 8 bottles. Oenological inums were also used and after finishing they were bottled and analyzed. Physical-chemical parameters, antioxidant capacity and ascorbic acid were evaluated. The fermented ones presented on average pH 3.57, the mean total acidity 87.06 meq/L and volatile 15.17 meq/L were within the standards required by law. The vitamin C content was high, with an average of 181.70 mg/100g, the beverage presented high phenolic content 4310 mg/L and anthocyanins 18.89 mg/L. A capacidade antioxidante para DPPH 22,62 µmol TEAC.mL, FRAP 19,43 mmol TEAC/L e ABTS 19,46 mmol TEAC/L. The antioxidant capacity for DPPH 22.62 µmol TEAC.mL, FRAP 19.43 mmol TEAC/L and ABTS 19.46 mmol TEAC/L. It was concluded that the fermented ones were within the standards of the legislation, however, applying the maceration of the fruits for 96h next to the alcohol fermentation stage (18°C), it was possible to obtain the beverage with higher nutraceutical potential. The drink was red and attractive, showing good cleanliness and brightness in the visual aspect. The yield of acerola in natura in fermented was quite high, being more than 100 %.

**Keywords:** *Malpighia emarginata* DC, Junko, fruit wine, phenolic compounds, ascorbic acid.



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> ACEROLEIRA.....	19
<b>FIGURA 2:</b> ACEROLEIRA DA VARIEDADE ‘JUNKO’ .....	22
<b>FIGURA 3:</b> ACEROLA DA VARIEDADE ‘JUNKO’ .....	22
<b>FIGURA 4:</b> QUANTIDADE DE ACEROLA PRODUZIDA, EM TONELADAS, POR ESTADOS DO BRASIL. ....	23
<b>FIGURA 5:</b> FLUXOGRAMA BASE PARA A ELABORAÇÃO DE FERMENTADOS DE FRUTAS TROPICAIS. ....	26
<b>FIGURA 6:</b> ELABORAÇÃO DA POLPA DE ACEROLA EM DESPOLPADEIRA (A); MOSTOS DE ACEROLA APÓS O PROCESSO DE DEBOURBAGE DO TRATAMENTO T1(B).....	29
<b>FIGURA 7:</b> PRENSA HIDRÁULICA UTILIZADA (A); ETAPA DE PRENSAGEM PARA PREPARO DO MOSTO DE ACEROLA DO TRATAMENTO T2 (B); RESÍDUO DE ACEROLA APÓS PRENSAGEM (C). ....	29
<b>FIGURA 8:</b> ACEROLAS EM ETAPA DE MACERAÇÃO PRÉ-FERMENTATIVA A FRIO A 8°C PARA PREPARO DO MOSTO DO TRATAMENTO T3. ....	30
<b>FIGURA 9:</b> ACEROLAS EM ETAPA DE FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA (18°C) CONCOMITANTE A MACERAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DO TRATAMENTO T4.....	30
<b>FIGURA 10:</b> ENVASE DOS FERMENTADOS DE ACEROLA EM MÁQUINA ENCHEDORA (A); ARMAZENAMENTO DAS GARRAFAS EM ADEGA CLIMATIZADA (B E C).....	31
<b>FIGURA 11:</b> ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS OBTIDA A PARTIR DA QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NO FERMENTADO DE ACEROLA ELABORADO POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS E DA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS PRODUTOS OBTIDOS POR TRÊS ENSAIOS IN VITRO (ABTS, DPPH E FRAP). EM GRÁFICOS SEPARADOS, SÃO APRESENTADOS OS LOADINGS (A) E SCORES (B). DADOS GERADOS APÓS UM MÊS DE ARMAZENAMENTO. ....	49

**LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1:</b> LIMITES ESTABELECIDOS PARA A COMERCIALIZAÇÃO DE FERMENTADO DE FRUTA NO BRASIL. ....	25
<b>TABELA 2:</b> LIMITES ESTABELECIDOS PARA A COMERCIALIZAÇÃO DE FERMENTADO DE FRUTA NO BRASIL. ....	28
<b>TABELA 3:</b> CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MOSTOS ANTERIORMENTE A ELABORAÇÃO DO FERMENTADO DE ACEROLA POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS. ....	37
<b>TABELA 4:</b> CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FERMENTADOS DE ACEROLA ELABORADOS POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS, APÓS UM MÊS DE ARMAZENAMENTO.....	39
<b>TABELA 5:</b> RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA COLORAÇÃO DOS FERMENTADOS DE ACEROLA ELABORADOS POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS, APÓS UM MÊS DE ARMAZENAMENTO. ....	42
<b>TABELA 6:</b> TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS, ANTOCIANINAS MONOMÉRICAS, ÁCIDO ASCÓRBICO E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE (ENSAIOS DPPH, ABTS E FRAP) DOS FERMENTADOS DE ACEROLA ELABORADOS POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS, APÓS UM MÊS DE ARMAZENAMENTO.....	44
<b>TABELA 7:</b> PERFIL DE COMPOSTOS FENÓLICOS DOS FERMENTADOS DE ACEROLA ELABORADOS POR QUATRO PROCESSOS DISTINTOS, APÓS UM MÊS DE ARMAZENAMENTO.....	46

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

% vol. – Teor alcoólico ou percentagem de álcool por volume

°GL – Gay Lussac

ABTS – 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

AT – Antocianinas

ATT – Acidez titulável

DPPH – 1,1- diphenyl-2-picrylhydrazil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FRAP – Ferric Reducing Antioxidant Power

g – Grama

GAE –Equivalente de Ácido Gálico

HCL – Ácido Clorídrico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

mg – Miligrama

pH – Potencial Hidrogeniônico

PROCTA – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

SST – Sólido solúveis totais

TEAC – Atividade antioxidante equivalente ao Trolox

TPTZ – 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina

UFS – Universidade Federal de Sergipe Ui – Umidade Inicial

VSMSF – Vale do Submédio do São Francisco

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 Acerola.....	18
3.2 Cultivar Junko.....	21
3.3 Processamento agroindustrial da acerola.....	23
3.4 Fermentado de frutas .....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1 Matéria-prima .....	27
4.2 Elaboração do fermentado de acerola.....	27
4.3 Caracterização da composição físico-química dos mostos e fermentados de acerola .....	32
4.3.1 pH.....	32
4.3.2 Acidez total titulável .....	32
4.3.3 Acidez volátil .....	32
4.3.4 Teor alcólico.....	32
4.3.5 Extrato seco e extrato seco reduzido.....	32
4.3.6 Açúcares totais .....	33
4.4 Quantificação de compostos bioativos nos fermentados de acerola .....	33
4.4.1 Ácido ascórbico (Vitamina C).....	33
4.4.2 Antocianinas monoméricas totais.....	33
4.4.3 Compostos fenólicos totais .....	34
4.4.4 Avaliação do perfil de compostos fenólicos .....	34
4.5 Avaliação colorimétrica dos fermentados de acerola.....	35

	13
4.6 Capacidade antioxidante dos fermentados de acerola.....	35
4.7 Análise estatística.....	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1 Composição físico-química do mosto da acerola.....	37
5.2 Composição físico-química do fermentado de acerola .....	38
5.3 Coloração do fermentado de acerola.....	41
5.4 Conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante do fermentado de acerola.	43
6 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) é uma planta originária da América Central, que se espalhou por vários continentes de climas tropicais e subtropicais do sul da América do Norte, Ásia, África e no norte da América do Sul. Essa planta produz um fruto cuja coloração varia do laranja ao vermelho, conhecido pelos nomes comuns de cereja Barbados, cereja das Índias Ocidentais ou simplesmente cereja no Haiti. No entanto, o nome acerola, como é chamado em Porto Rico, é o mais popular no Brasil (JOHNSON, 2003; DELVA; SCHNEIDER, 2013a).

No Brasil, atualmente são produzidas mais de setenta mil toneladas de acerola em uma área total que ocupa quase seis mil hectares (IBGE, 2017). Na região do Submédio do Vale do São Francisco, que engloba municípios dos Estados de Pernambuco e Bahia, se concentra cerca de 26% da área cultivada com acerola no país, contando com área de pelo menos 1.400 hectares e 1.800 propriedades produtoras com mais de 50 pés plantados (IBGE, 2017). Nesta região, a cultura da acerola é irrigada, possibilitando a colheita de até quatro safras ao ano em uma mesma área. A produção de acerola é praticada principalmente por pequenos produtores, com área ao redor de 2 hectares, sendo as principais variedades cultivadas a 'Junko', 'Flor Branca', 'BRS Sertaneja', 'Costa Rica', 'Okinawa', 'Nikki', 'Coopama nº1' e 'BRS Cabocla' (SOUZA *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas, houve um aumento significativo no consumo internacional de frutas tropicais, as quais são apreciadas devido à sua diversidade de aromas, sabores exóticos e valor nutracêutico, que inclui antioxidantes como vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos (NEVES *et al.* 2015). A acerola é cultivada principalmente por causa de seu alto teor de vitamina C, que é comparável apenas ao encontrado em camu-camu (*Mirciaria dubia*).

Pesquisas mostraram que, além da vitamina C, o fruto da acerola pode ser uma boa fonte de fitoquímicos, como antocianinas, principalmente derivadas da cianidina e pelargonidina (ROSSO *et al.*, 2008; DELVA; GOODRICH, 2010); compostos fenólicos não antociânicos (VENDRAMINI; TRUGO, 2004; HANAMURA *et al.* 2005); e carotenoides (provitamina A), como neoxantina, violaxantina, luteína,  $\beta$ -criptoxantina,  $\alpha$ -caroteno e principalmente  $\beta$ -caroteno (ROSSO; MERCADANTE, 2005; LIMA *et al.* 2005). A acerola também possui vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico), cálcio, ferro e fósforo (DELVA; SCHNEIDER, 2013b).

O elevado valor nutracêutico da acerola levou a um aumento no seu consumo na forma de fruta fresca e a uma elevação na elaboração de produtos industrializados a partir do fruto, como polpas, sucos, geleias, concentrados, sorvetes, xaropes e licores (SILVA; DUARTE; BARROZO, 2016). Esses produtos proporcionam para as agroindústrias o alcance de novos nichos de mercado, criados por consumidores que demandam por produtos exóticos e ricos em compostos bioativos, e que desejam manter a saúde e prevenir doenças degenerativas com a alimentação (ALVES *et al.* 2008).

A acerola tem despertado grande interesse dos fruticultores e indústrias, principalmente devido ao seu potencial como fonte de vitamina C. O fruto contém valores próximos de 4.000 mg de ácido ascórbico a cada 100g<sup>-1</sup> de polpa quando o fruto está ainda verde (cerca de 18 dias pós floração da aceroleira), tornando-se importante economicamente para várias regiões do Brasil (NOGUEIRA *et al.*, 2002; MALEGORI *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2018; RIBEIRO; FREITAS, 2020). Nesse estágio de maturação, que corresponde ao pico de vitamina C, a acerola é muito utilizada para extração industrial de vitamina C, a qual vem sendo adicionada a diversas matrizes alimentares nos Estados Unidos da América e Europa. A partir de 2016 até o final de 2026 irá representar um aumento de 8,5% na extração dessa vitamina para enriquecer outros produtos (FMI, 2016).

Assim, a comercialização da acerola se divide em dois grupos, o primeiro, comercializa a acerola verde para produção de vitamina C, e outro que colhe frutos maduros, sendo 46% dos frutos utilizados no beneficiamento de produtos como polpas, sucos, geleias, sorvetes, xaropes e licores, e o outro grupo (54%) destina-se ao consumo *in natura* (SILVA *et al.* 2016; JAESCHKE *et al.* 2016; BEZERRA *et al.* 2017; ALMEIDA *et al.* 2019).

Esse segundo grupo, busca alternativas de agregar valor à acerola e reduzir perdas pós-colheita. Nesse sentido, proporcionar inovação tecnológica e utilizar o fruto para a produção de fermentado alcóolico, bebida similar ao vinho, pode ser uma alternativa potencial. Fermentados de fruta são elaborados mundialmente a partir de uma grande diversidade de espécies frutíferas, visto que a elaboração desse produto já está bem estabelecida. Muitas frutas são utilizadas com sucesso para essa finalidade (OLIVEIRA *et al.*, 2012; SEGTOVIC, *et al.* 2013), como o maracujá (SANTOS *et al.*, 2021), jabuticaba (ASQUIERI *et al.*, 2004), abacaxi (DINIZ; PINHEIRO, 2013), morango (ANDRADE *et al.*, 2013) e laranja (CORAZZA, RODRIGUES; NOZAKI, 2001), entre outros. Assim, a comercialização de fermentado de acerola, além de corresponder a uma forma de inovação tecnológica para o processamento do fruto, pode agregar

valor à matéria-prima e representa uma alternativa de lucratividade para produtores e agroindústrias. Trabalhos abordando a elaboração e caracterização do fermentado de acerola são escassos na literatura, sendo a bebida desenvolvida apenas em escala laboratorial e utilizando a polpa do fruto (EVANGELISTA *et al.*, 2005; SEGTOWICK *et al.*, 2013; ALMEIDA *et al.*, 2014).



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver fermentado de acerola a partir de diferentes métodos de elaboração, originando produto que esteja de acordo com a legislação para fermentados de fruta, e contenha alto teor de compostos bioativos e capacidade antioxidante.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar fermentado de acerola a partir da variedade 'Junko' e utilizando quatro métodos distintos de processamento, selecionados com base nos procedimentos adotados industrialmente para a elaboração de fermentados de fruta e vinho;
- Acompanhar a velocidade de cinética fermentativa dos quatro métodos de elaboração propostos, por meio da avaliação do consumo de substrato, produção de etanol, crescimento celular, velocidades instantâneas e específicas, rendimento da fermentação, produtividade e rendimento em produto;
- Avaliar se os fermentados de acerola encontram-se dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação brasileira para fermentados de fruta, por meio das análises físico-químicas;
- Avaliar o impacto dos diferentes tipos de processos testados na coloração do fermentado de acerola;
- Quantificar compostos bioativos nos fermentados de acerola a partir de análises espectrofotométrias e cromatográficas;
- Avaliar a capacidade antioxidante dos fermentados de acerola utilizando diferentes ensaios *in vitro*.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Acerola

A Acerola é uma planta frutífera originária da América Central que se espalhou para o sul da América, incluindo o Brasil e o Caribe, devido à sua boa adaptação ao solo e ao clima. Essa planta é cultivada em áreas tropicais e subtropicais do extremo sul do Texas, passando pelo México e América Central até o norte do Sul da América e por todo o Caribe. Também foi amplamente introduzida nas regiões tropicais da Ásia e da África (ALVES *et al.* 2008; JOHNSON, 2003).

No Brasil, há evidências de acerola cultivada em pequenos pomares, na cidade de Rio de Janeiro / RJ desde a primeira metade do século 19<sup>o</sup> e no município de Limeira / SP em 1940, com a introdução mais tarde para a região nordeste do Pernambuco, em 1958 (RITZINGER; KOBAYASHI; OLIVEIRA, 2003). Atualmente, a acerola é encontrada em diversas regiões do País. Estima-se que a área total coberta por pomares de acerola no Brasil exceda 10.000 ha, principalmente nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, e secundariamente no Pará e São Paulo. O nordeste brasileiro responde por mais de 60% da produção total de frutas de acerola produzidas no país, e é o maior produtor mundial - à frente de Porto Rico e dos EUA (Havaí e Flórida), onde a acerola também é tradicionalmente cultivada (RITZINGER; KOBAYASHI; OLIVEIRA, 2003).

A região do Submédio do Vale do São Francisco possui cerca de 100 mil hectares irrigáveis, destaca-se como um dos principais polos agrícolas do Nordeste brasileiro, onde várias fruteiras são cultivadas comercialmente com sucesso. A acerola está implantada somente no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em 1.339 ha, e essa área mostra tendência de crescimento. Com relação à produção em áreas de cultivos comerciais, a região do Submédio do Vale do São Francisco registra, atualmente, em lotes agrícolas de produtores familiares assentados nos perímetros irrigados, uma produtividade média de 20 t/ha/ano. Nessa região, há produtores de acerola que alcançam produtividade de até 50 t/ha/ano. Já a produtividade média de acerola dos produtores do Projeto Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina, PE, é entre 25 t/ha e 60 t/ha (CALGARO; BRAGA, 2012).

As árvores de acerola (Figura 1) podem atingir uma altura média de 3 a 5 m, com um tronco curto e delgado com 0,5 a 1 m de altura e 7 a 10 cm de diâmetro com ramificação compacta ou espalhada.

**Figura 1:** Aceroleira

Fonte: (CALGARO; BRAGA, 2012).

A acerola (*Malpighia puniceifolia* L), pertencente à família *Malpighiaceae*, é conhecida popularmente como acerola, cereja das antilhas e também como cereja de barbado. Se desenvolve satisfatoriamente em climas tropical e subtropical, necessitando, para o seu desenvolvimento e produção, de temperaturas entre 15 °C e 32 °C com médias anuais de 27 °C (EMBRAPA, 2012; NETO *et al.*, 2012).

O início da produção da acerola se dá um ano após o seu plantio, quando se utiliza mudas obtidas por estaquia, já em mudas obtidas por sementes se dá 2,5 anos. Seu período de frutificação ocorre em geral em até quatro vezes ao ano, e em regiões de alta temperatura e luminosidade, podem chegar até sete frutificações. Em regiões que utilizam o processo de irrigação como a região nordeste, que possui condições climáticas favoráveis, é possível produzir o ano todo (ADRIANO; LEONEL, 2012), em decorrência dessas condições, o mesmo tornou-se um dos maiores produtores mundiais da fruta. As variedades de acerola cultivada no Brasil, em especial no Submédio do Vale do São Francisco, apresentam características consideradas essenciais, como um alto nível de produtividade (até 100 kg/planta/ano). Onde os frutos apresentam película de coloração vermelha, peso superior em média de 4g a 5g e teor de vitamina C acima de 1.000 mg/g de polpa. As principais variedades plantadas nessa área são as cultivares Costa Rica, Flor Branca, Okinawa, com boa coloração, alto teor de vitamina C e resistente ao transporte; Sertaneja BRS 152 e, Junko (CALGARO; BRAGA, 2012).

A acerola é classificada como um fruto climatério, assim, os processos como amadurecimento e senescência do fruto ocorrem rapidamente, destacando a degradação da vitamina C, clorofila e síntese de carotenoides (CORRÊA, *et al.*, 2017; CHITARRA; CHITARRA, 2005), quando colhidos maduros com coloração vermelha e firmes tem uma vida útil pós colheita de 3 a 4 dias em ambiente (PHILLIPS *et al.*, 2016).

Apresenta formas, tamanhos e pesos variáveis. É uma fruta, com casca fina e delicada, com variação de sabor, de levemente ácida a muito ácida, o tamanho varia de 1 a 2, 5 centímetros de diâmetro, com peso de 3 a 15g. Sua coloração pode variar em relação ao seu estágio de maturação e variedade, que varia do amarelo ao vermelho intenso e roxo (ADRIANO *et al.*, 2011). Além da cor, o fruto atrai os consumidores também por conta de seu conteúdo de vitamina C, provitamina A (carotenoides), compostos fenólicos, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico), bem como pelo seu aroma e sabor exóticos (MARTINS, 2016). Vários estudos estão sendo realizados para avaliar os benefícios do ácido ascórbico (vitamina C), dos compostos fenólicos (incluindo antocianinas) e dos carotenoides. Estes compostos têm função de proteger o corpo contra o estresse oxidativo, diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares e alguns tipos câncer, e por isso são chamados de compostos bioativos (PRAKASH, 2016).

Pesquisas mostram que o nível de vitamina C na acerola é alto, independente da sua região geográfica. Aproximadamente 100 g do seu suco têm em média 50 a 100 vezes mais conteúdo de vitamina C, do que um suco de limão ou laranja. A ingestão diária recomendada é entre 25 mg e 30 mg, que corresponde a 2 a 4 frutas de acerola ao dia, essa quantidade é suficiente para atender às necessidades nutricionais de indivíduos saudáveis. Assim, a acerola também é importante sob aspectos sociais e econômicos, pois oferece à população pobre uma fonte fácil e acessível de vitaminas e sais minerais a baixo custo (ALMEIDA *et al.*, 2010; CURVELO-SANTANA *et al.*, 2010; FAO/OMS, 2001; ASENJO, 1980).

A acerola tem sido cada vez mais produzida, visto que além do alto teor de vitamina C, ela também contém antocianinas com teores que variam de 3,8 a 47,4 mg.100g<sup>-1</sup> de polpa, dependendo da cultivar (NETO *et al.*, 2012; MUSSER *et al.*, 2004), destacando a cianidina-3-ramnósido e pelargonidina-3-ramnósido (BRITO *et al.*, 2007, ROSSO *et al.*, 2008). As antocianinas possuem benefícios importantes para a saúde humana, por possuírem reconhecida ação antioxidante. Pesquisas demonstraram que compostos bioativos como vitamina C, antocianinas, carotenóides e polifenóis protegem também o corpo do estresse oxidativo, reduzindo assim o risco de doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (LIU, 2004).

A coloração avermelhada da acerola madura é proveniente da presença de antocianinas (LIMA *et al.*, 2000). Este pigmento é muito instável a temperatura, iluminação, pH e oxigênio, podendo ser degradado durante o processamento e vida de prateleira de produtos alimentícios derivados da acerola.

Os carotenóides são pigmentos responsáveis pelas cores que vão do amarelo ao vermelho em muitas frutas e vegetais, que possuem diversas funções fisiológicas (SCOTT; ELDRIDGE, 2005). Mais de 600 carotenóides foram identificados na natureza e aproximadamente 20 estão presentes em quantidade quantificável no soro humano, onde dos seis principais carotenóides ( $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina), apenas o licopeno não foi identificado em frutos de acerola (BENDICH, 1989; COOPER *et al.*, 1999).

### 3.2 Cultivar Junko

Segundo Souza *et al.*, (2013), existem 14 cultivares de aceroleira registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). No entanto, na literatura especializada são relatados 25 clones em uso no Brasil. Desse total, oito estão cultivados no Submédio do Vale do São Francisco. As variedades Junko, Flor Branca, BRS Sertaneja, Costa Rica, Okinawa, Nikki, Coopama N°1 e BRS Cabocla são cultivadas na região.

Os genótipos da acerola podem ser classificadas em doces, semi-doces e ácidas, conforme se diferenciam pelo teor de sólidos solúveis e pela acidez titulável para frutos maduros. Para cada uma destas classificações, é possível dirigir o produto para um público-alvo diferente, sendo os doces destinadas ao consumo in natura, as ácidas, para a industrialização e as semidoces, para ambos os mercados (RITZINGER; RITZINGER, 2009).

As plantas da Junko são robustas, de porte médio, tendo copa medianamente volumosa (Figura 2). A planta possui ramos plagiotrópicos (ramos secundários que crescem horizontalmente) eretos, voltados para cima e apresentam ramificação terciária com ângulo de inserção de aproximadamente 45° (SOUZA *et al.*, 2013).

**Figura 2:** Aceroleira da variedade ‘Junko’



Fonte: (SOUZA *et al.*, 2013).

A cultivar Junko também chamam a atenção em relação a permanência dos frutos na planta por vários dias após o amadurecimento (Figura 3), essa variedade possui boa conservação pós-colheita, permanecendo com aspecto comercial por mais de 15 dias, quando armazenada a 12 °C. A acerola dessa variedade é bastante firme, suportando relativamente bem os danos mecânicos resultantes do manuseio e do transporte. Essas características facilitam a colheita e reduzem as perdas pós-colheita, fazendo da cultivar Junko uma excelente opção para a agroindústria, apresenta ainda sabor ácido por conta do teor de vitamina C, onde estudos recentes mostram que pode até ser superior a 3.653 mg.100 g<sup>-1</sup>. Apesar da elevada acidez, os frutos dessa cultivar possuem aroma/sabor agradável e peculiar, o que os tornam bastante apreciados para o preparo de sucos (MALEGORI *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2013).

**Figura 3:** Acerola da variedade ‘Junko’

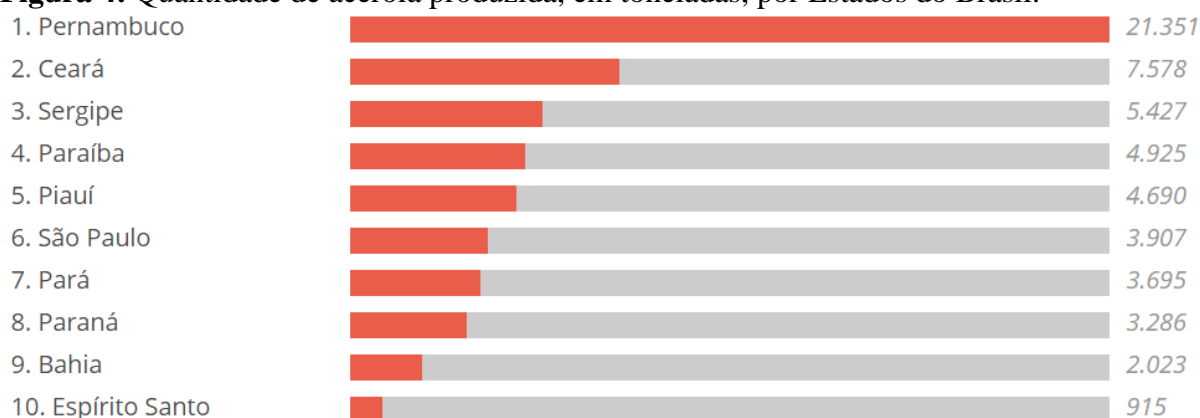


Fonte: (SOUZA *et al.*, 2013).

### 3.3 Processamento agroindustrial da acerola

No ano de 2017, a quantidade total de acerola produzida (Figura 4) considerando apenas produtores com mais de 50 plantas, e foi de 60.966 toneladas. O estado de Pernambuco é o maior estado produtor de acerola 21.351 toneladas, seguido por o estado do Ceará com uma produção de 7.578 toneladas e Sergipe com um total de 5.427 toneladas (IBGE, 2017).

**Figura 4:** Quantidade de acerola produzida, em toneladas, por Estados do Brasil.



Fonte: (IBGE, 2017).

Mais de 45% da acerola que vai para o mercado interno, destina-se à indústria de processamento (CALGARO; BRAGA, 2012). Essa fruta apresenta uma curta vida pós-colheita, com perdas de até 40% em função da sua perecibilidade, devido a elevada taxa respiratória e estrutura frágil quando madura. Esse fato dificulta a comercialização do fruto maduro não processado à grandes distâncias, fazendo-se necessário o estudo de técnicas de pós-colheita que possam prolongar seu período de conservação (MATSUURA *et al.*, 2011). O processamento de frutas em produtos de valor agregado é uma boa alternativa para controlar as perdas pós-colheita. Os produtos de frutas processadas geralmente incluem produtos de frutas minimamente processados, como frutas frescas, produtos tradicionais de frutas processadas termicamente, como geléia, suco e bebidas, novos produtos de frutas processadas não térmicas, como como sucos e bebidas, produtos fermentados de frutas como sidra, vinho e fermentados de fruta (RUPASINGHE; YU, 2012).

Neste sentido, o sabor agradável e exótico da acerola e sua boa qualidade nutricional, devido a presença de compostos bioativos como o ácido ascórbico, carotenóides e compostos fenólicos, levaram a um aumento de seu consumo na forma de fruta *in natura*, fruta fresca congelada, polpa, néctar, suco tropical, suco concentrado, geleias, doces, sorvete, licor, xarope

e outros alimentos. Sendo a acerola hoje também utilizada para o enriquecimento nutricional de sucos e néctares de outras frutas. Outros produtos de acerola que podem ser encontrados no mercado brasileiro são acerola em pó e em cápsulas de vitamina E e C (SILVA, DUARTE; BARROZO, 2016; MANICA *et al.*, 2003). Adicionalmente, o processamento da acerola para obtenção de fermentado de acerola, pode ser uma alternativa em potencial para diversificar as possibilidades de comercialização do fruto, aumentar a rentabilidade da cadeia da acerola e promover redução de perdas pós-colheita.

### 3.4 Fermentado de frutas

Embora a produção de bebidas fermentadas alcoólicas seja feita principalmente pela fermentação da uva, qualquer fruta contendo quantidade razoável de açúcares fermentáveis pode ser utilizada para a elaboração de fermentado de fruta. Porém, caso não disponha de açúcares suficientes para fermentação, a legislação permite adicionar sacarose para uma produção alcoólica com valor mínimo de 4 °GL e máximo de 14 °GL (BRASIL, 2012). Essa adição de sacarose é denominada de chaptalização, onde é realizada a correção do teor de sólidos solúveis do mosto, quando essa matéria prima não contém açúcares suficientes. É empregada para produzir a quantidade de álcool desejada, uma vez que a adição de 18g/L de açúcar eleva o teor alcoólico do vinho em 1°GL (GUERRA & BARNABÉ, 2005). O excesso de chaptalização pode resultar no desequilíbrio da qualidade sensorial da bebida (HASHIZUME, 1983).

O uso de frutas diferentes pode levar à obtenção de bebidas com aroma e sabores distintos e que agradam a diferentes paladares. Por isso, muitas frutas vêm sendo utilizadas na produção de fermentados. Essas bebidas são produzidas no mundo inteiro (JARVIS, 2001; KUMAR *et al.*, 2009; ISITUA; IBEH, 2010; VALIM, *et al.*, 2016).

O fermentado de fruta, segundo a legislação vigente, é definido como a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, à 20°C obtida da fermentação alcoólica do mosto da fruta sã, fresca e madura. Fermentados que não são provenientes da uva, devem, obrigatoriamente, ser rotulados com a denominação fermentado acompanhado do nome da fruta da qual se originou (BRASIL, 2012).

Os padrões de identidade e qualidade para bebida fermentada de fruta, com exceção a uva, é regulamentado através da Instrução Normativa N° 34 de 29 de novembro de 2012 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), qual estabelece que a



composição química e a classificação do fermentado de fruta deverá atender aos limites descritos na Tabela 1 (BRASIL, 2012).

**Tabela 1:** Limites estabelecidos para a comercialização de fermentado de fruta no Brasil.

Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo	Classificação
Acidez fixa, em meq/L.	30	---	---
Acidez total, em meq/L.	50	130	---
Acidez volátil, em meq/L.	---	20	---
Anidrido sulfuroso total, em g/L.	---	0,35	---
Cloretos totais, em g/L.	---	0,5	---
Extrato seco reduzido, em g/L.	12	---	---
Gradação alcoólica, em % v/v a 20 °C.	4	14	---
Pressão, em atm.	2	3	Gaseificado
Teor de açúcar em g/l	---	≤ 3	Seco
	> 3	---	Doce ou Suave

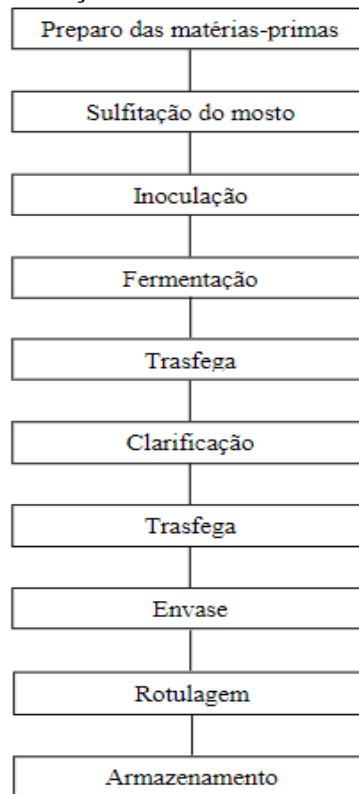
Fonte: BRASIL, 2012.

A padronização, classificação, registro, inspeção, produção, fiscalização e a comercialização de bebidas, incluindo os fermentados de frutas, são regulamentados pelo MAPA através do Decreto Nº 6.871 de 4 de junho de 2009 (BRASIL, 2009).

Além de contribuírem para a redução de perdas pós-colheita de frutos perecíveis, as bebidas fermentadas de frutas constituem produtos promissores devido a tendência de aceitação em pesquisas de consumo, gerando um produto derivado de frutas com maior tempo de vida útil e alto valor agregado (MUNIZ *et al.*, 2002; SANDHU; JOSHI, 1995). Estes produtos, provenientes da tecnologia de fermentação vem sendo cada vez mais estudados, em razão do aumento deste segmento no Brasil e da valorização mercadológica de frutas em geral (RECAMALES, 2010).

Diversas frutas tropicais foram utilizadas em estudos para elaboração de fermentados, como a jabuticaba (ASQUIERI *et al.*, 2004), abacaxi (DINIZ; PINHEIRO, 2013), morango (ANDRADE *et al.*, 2013), laranja (CORAZZA, RODRIGUES; NOZAKI, 2001), caju (NETO *et al.*, 2006) e acerola (SEGTOEWICK *et al.*, 2013). A fabricação de fermentados de frutas já está bem estabelecida mundialmente e muitas frutas tropicais são utilizadas com sucesso nesse processo (OLIVEIRA *et al.*, 2012), de acordo com o fluxograma base apresentado abaixo (Figura 5).

**Figura 5:** Fluxograma base para a elaboração de fermentados de frutas tropicais.



Fonte: Vale Costa *et al.* (2017).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria-prima

A cultivar de acerola escolhida para a pesquisa foi a Junko, por ser uma variedade com alto teor de ácido ascórbico (Vitamina C), possuir alto teor de antocianinas, coloração vermelha da casca, e por ser uma das mais cultivadas no Vale do São Francisco.

As acerolas 'Junko' foram colhidas do campo Experimental da Embrapa Semiárido, localizado em Bebedouro-PE, sendo selecionados frutos sadios e com ausência de injúrias microbiana aparentes. A colheita foi realizada entre Fevereiro e Março de 2020 no período da manhã, antes das 10 horas para evitar horas mais quentes e ainda com o intuito de reduzir injúrias nos frutos, a colheita foi conduzida de forma manual. Os frutos foram acondicionados em contentores de plásticos previamente higienizados. As acerolas foram colhidas a partir do estágio de maturação 3, apresentado casca 100% vermelha (FREITAS et al., 2020), sendo então mantidas em câmara fria a temperatura de 12°C até atingirem coloração arroxeadas. Após atingirem a coloração desejada, as acerolas foram imediatamente direcionadas para o processamento e elaboração do fermentado no Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.

### 4.2 Elaboração do fermentado de acerola

Primeiramente, os frutos foram higienizados com água corrente para retirada de sujidades e então imersos por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg L<sup>-1</sup>, sendo em seguida enxaguados com água filtrada.

Para elaboração do fermentado, quatro quilos de acerolas (na forma de polpa ou fruto *in natura*, dependendo do tratamento) foram previamente diluídos e homogeneizados com quatro quilos de água destilada (proporção 1:1), para correção da acidez, que segundo a legislação brasileira deve ser inferior a 130 meq L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2012). Antes da diluição com água, foi realizado um leve esmagamento das acerolas *in natura* para romper a película do fruto e liberar sua polpa, procedimento semelhante ao realizado com a uva para obtenção do mosto de vinho.

Quatro métodos de elaboração foram propostos para a produção do fermentado de acerola, são eles: 1) fermentado de acerola elaborado a partir da polpa de acerola congelada a -

18°C, obtida utilizando despoldadeira elétrica, seguindo para *debourbage* a 8°C (24h) e fermentação alcoólica (**T1**, Figura 6); 2) fermentado de acerola obtido por prensagem direta dos frutos em prensa hidráulica, seguindo para *debourbage* a 8°C (24h) e fermentação alcoólica (**T2**, Figura 7); 3) fermentado de acerola obtido a partir de maceração a frio pré-fermentativa dos frutos (8°C) durante 24h, seguido de prensagem em prensa hidráulica, *debourbage* a 8°C (24h) e fermentação alcoólica (**T3**, Figura 8); 4) fermentado de acerola obtido com maceração dos frutos concomitante a fermentação alcoólica (18°C) por 96h, seguida de prensagem em prensa hidráulica e continuação da fermentação alcoólica (**T4**, Figura 9). A *debourbage* é uma etapa muito utilizada na elaboração de vinhos brancos e rosés.

Consistido na clarificação prévia do mosto antes do início da fermentação, eliminando aquelas partículas que poderiam participar da formação de gostos e aromas estranhos. Onde comumente emprega-se o frio, e o SO<sub>2</sub> quando empregado na quantidade adequada também pode auxiliar nessa etapa (MANFROI, 2009).

Sendo via de regra realizada posteriormente a *trasfega* (separação do líquido limpo da borra por gravidade com o auxílio de uma mangueira). Ressalta-se que todos os quatro tratamentos foram elaborados em duplicata. Para a realização das análises, foram separadas aleatoriamente duas garrafas de cada replicata de elaboração do fermentado, que por sua vez foram analisadas em três repetições para todos os parâmetros avaliados. Todos os tratamentos estão descritos na tabela 2 a seguir.

**Tabela 2:** Limites estabelecidos para a comercialização de fermentado de fruta no Brasil.

<b>Tratamentos</b>	<b>Descrição</b>
T1	Despoldado
T2	Prensagem Direta
T3	Maceração pré fermentativa a frio (8°C) durante 24h
T4	Maceração concomitante a fermentação alcoólica por 96h

Fonte: próprio autor.

**Figura 6:** Elaboração da polpa de acerola em despulpadeira (A); mostos de acerola após o processo de debourbage do tratamento T1(B).



Fonte: próprio autor.

**Figura 7:** Prensa hidráulica utilizada (A); etapa de prensagem para preparo do mosto de acerola do tratamento T2 (B); resíduo de acerola após prensagem (C).



Fonte: próprio autor.

**Figura 8:** Acerolas em etapa de maceração pré-fermentativa a frio a 8°C para preparo do mosto do tratamento T3.



Fonte: próprio autor.

**Figura 9:** Acerolas em etapa de fermentação alcóolica (18°C) concomitante a maceração para elaboração do tratamento T4.

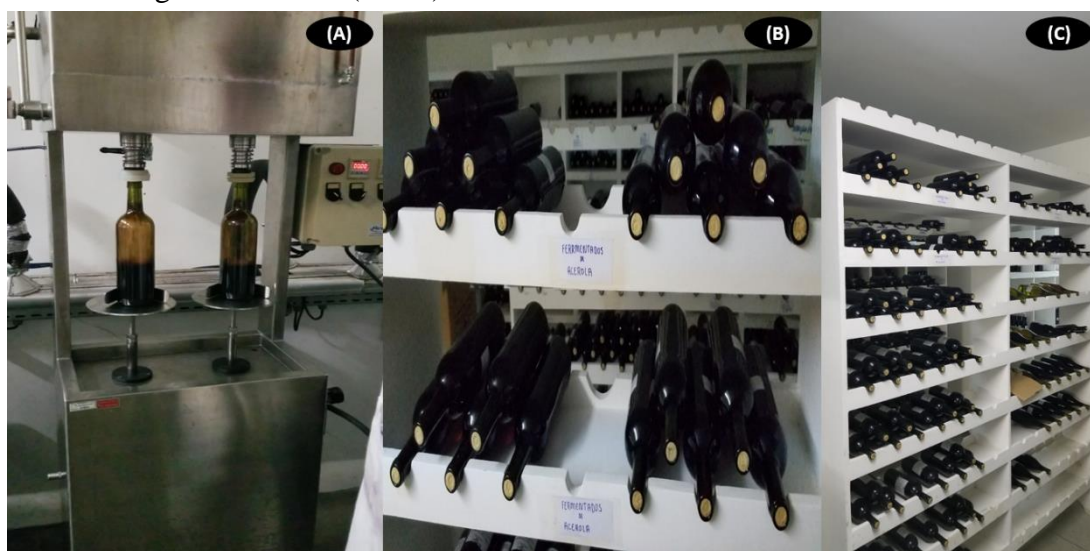


Fonte: próprio autor.

Os seguintes insumos foram adicionados em todos os tratamentos anteriormente a fermentação alcóolica, seguindo a ordem listada: conservante metabissulfito de potássio (0,1 g L<sup>-1</sup>, Amazon Group, Brasil), 0,09 g L<sup>-1</sup> de enzima pectinolítica (Colorpect VR-C<sup>®</sup>, Amazon Group, Brasil), 198 g L<sup>-1</sup> açúcar cristal (para chaptalização e elevação do teor de álcool da

bebida durante a fermentação alcoólica), 0,2 g L<sup>-1</sup> de levedura *Saccharomyces cerevisiae* var. *bayanus* (PDM<sup>®</sup>, Mauri Yeast Pty Ltda, Austrália), 0,3 g L<sup>-1</sup> de nutriente fosfato de amônio (Gesferm<sup>®</sup>, Amazon Group, Brasil). A fermentação alcoólica foi conduzida a 18±2°C em garrafões de vidro de 10L tampados com válvulas do tipo *airlock*. Durante a etapa de fermentação alcoólica, foram realizadas remontagens diárias, sendo a etapa finalizada com 15 dias de fermentação, antes da densidade estabilizar, a fim de que pudesse ser obtido produto com residual de açúcares. Na sequência, foi realizada trasfega e o fermentado seguiu para clarificação (juntamente com estabilização a frio) a 0°C durante 90 dias, com adição de 0,2 g L<sup>-1</sup> de bentonite Maxibent Plus<sup>®</sup> (Amazon Group, Bento Gonçalves-RS), 0,6 g L<sup>-1</sup> de sílica Eversol<sup>®</sup> (Ever, Brasil) e 0,02 g L<sup>-1</sup> de gelatina Collagel 30<sup>®</sup> (Ever, Brasil). Sendo realizada posteriormente nova trasfega, adição do conservante metabissulfito de potássio (0,20 g L<sup>-1</sup>), e nova estabilização com a adição de 0,4 g L<sup>-1</sup> de Stabigum<sup>®</sup> (mistura de goma arábica e ácido metatartárico, marca AEB, Brasil) a temperatura de 18°C. O engarrafamento foi então realizado em garrafas de vidro tipo bordalesa cor verde oliva, com capacidade de 750mL, e fechadas com rolha de cortiça. Essas garrafas permaneceram em posição horizontal e adega climatizada a temperatura de 18°C durante 30 dias até a realização das análises propostas (Figura 10).

**Figura 10:** Envase dos fermentados de acerola em máquina enchedora (A); armazenamento das garrafas em adega climatizada (B e C)



Fonte: próprio autor.

### **4.3 Caracterização da composição físico-química dos mostos e fermentados de acerola**

#### **4.3.1 pH**

O potencial hidrogeniônico foi determinada através de leitura direta, em potenciômetro HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 9321, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, (BRASIL, 2005).

#### **4.3.2 Acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada partir do método titulométrico de neutralização com solução de NaOH 0,1N (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para tal, utilizou-se titulador automático previamente calibrado Metrohm, modelo Tritino Plus 848.

#### **4.3.3 Acidez volátil**

A acidez volátil foi determinada com auxílio do destilador enológico SuperDee (Gibertini, Italia) no modo arraste a vapor, após os destilados foram titulados com NaOH 0,1 N, usando fenolftaleína como indicador (BRASIL, 2005).

#### **4.3.4 Teor alcólico**

O teor alcoólico foi determinado em balança hidrostática eletrônica modelo Super Alcomat (Gibertini, Itália) a 20°C, após destilação prévia em destilador enológico SuperDee no modo de destilação simples (BRASIL, 2005).

#### **4.3.5 Extrato seco e extrato seco reduzido**

Os teores de extrato seco e, conseqüentemente, extrato seco reduzido, em  $\text{g L}^{-1}$ , foram determinados por densimetria, após destilação simples da bebida em destilador enológico no modo de destilação simples e leitura na balança hidrostática. A balança lê o valor do extrato seco, mas para o cálculo do extrato seco reduzido foi utilizada a Equação 13 (BRASIL, 2005).

$$\text{Eq. 13: Extrato seco reduzido (g L}^{-1}\text{)} = \text{ES} - (\text{A}-1)$$

Onde:

ES = extrato seco total em  $\text{g L}^{-1}$



A = açúcares redutores em g L<sup>-1</sup>

#### 4.3.6 Açúcares totais

Após inversão da sacarose, os açúcares foram quantificados como açúcares redutores totais e expressos em g L<sup>-1</sup> de glicose. Para isso, utilizou-se a metodologia de MILLER (1959), ácido 3,5-dinitro-salicílico (DNS) e a leitura da absorbância das amostras a 540nm, com o auxílio de um espectrofotômetro UV-VIS Multiskan GO, Thermo Scientific (Waltham, MA, USA).

### 4.4 Quantificação de compostos bioativos nos fermentados de acerola

#### 4.4.1 Ácido ascórbico (Vitamina C)

A determinação do teor de ácido ascórbico (vitamina C) em mg 100g<sup>-1</sup> nas amostras foi realizada por titulometria do extrato da amostra (em solução de ácido oxálico) com solução de Tillmans (2,6-dicloro-fenol indofenol) seguindo a metodologia descrita por Strohecker e Henning (1967). Sendo, o cálculo dado pela Equação 14 a seguir.

$$\text{Eq.14: AA} = (\text{VSTA} * 250 * 100) / (\text{VSTP} * p)$$

Onde,

AA= Ácido ascórbico em mg 100g<sup>-1</sup> concentração de AA na solução padrão - 250µg;

VSTA= Volume da Solução de Tillmans gasto na titulação de amostra (mL);

VSTP= Volume de Solução de Tillmans gasto na padronização (mL);

p= peso da amostra (g);

#### 4.4.2 Antocianinas monoméricas totais

A determinação de antocianinas monoméricas totais foi realizada pelo método de diferença de pH descrito por Lee *et al.* (2005). Onde diluiu-se as amostras (1:10) com as soluções tampão descritas no método e a leitura realizada em espectrofotômetro (Multiskan GO, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) a 520 nm e 700 nm. A leitura a 700 nm é realizada para descontar a turbidez da amostra. Calculou-se o valor da absorbância final (AF) a partir das Equações 15 e 16. A concentração de pigmentos de antocianinas nas amostras foi expressa em mg L<sup>-1</sup> de cianidina-3-*O*-glicosídeo.

$$\text{Eq. 15: } AF = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1,0} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$$

$$\text{Eq. 16: } \text{Antocianinas (mg L}^{-1}\text{)} = (AF \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon \times l)$$

Onde:

- PM = peso molecular da antocianina cianidina 3-*O*-glucosídeo (449,2);
- FD = fator de diluição (50);
- $\epsilon$  = absortividade molar da cianidina 3-*O*-glucosídeo (26900)

#### 4.4.3 Compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais das amostras foi determinado a partir do método espectrofotométrico proposto por Rossi e Singleton (1965). Este método baseia-se na oxidação dos compostos fenólicos na presença de solução de carbonato de sódio e Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, EUA). O teor de compostos fenólicos foi então quantificado a partir da leitura da absorbância a 760 nm em espectrofotômetro (Multiskan GO, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA), utilizando curva de calibração obtida a partir do ácido gálico (Vetec, Brasil) para cálculo do conteúdo total de compostos fenólicos expressos em mg L<sup>-1</sup> de ácido gálico.

#### 4.4.4 Avaliação do perfil de compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram individualmente quantificados por CLAE, utilizando cromatógrafo Waters modelo Alliance e2695, detector de Arranjo de Diodos - DAD (280, 320, 360 e 520 nm), coluna Gemini-NX C18 (150mm x 4,60mm x 3 $\mu$ m) e a pré-coluna Gemini-NX C18 (4,0mm x 3,0mm), ambas da marca Phenomenex (EUA). A partir de método já otimizado e validado no laboratório de cromatografia da Embrapa Semiárido por Natividade et al. (2013) e Da Costa et al. (2020), foi possível quantificar 16 compostos fenólicos nos fermentados de acerola, foram eles: peonidina-3-*O*-glucosídeo (antocianina), ácidos gálico, cafeico, *trans*-caftárico, clorogênico,  $\rho$ -cumárico e ferúlico (ácidos fenólico), quercetina-3- $\beta$ -D-glucosídeo, rutina, miricetina, caempferol-3-*O*-glucosídeo e isorhamnetina-3-*O*-glucosídeo (flavonóis), *trans*-resveratrol e *cis*-resveratrol (estilbenos), (-)- galato epigalocatequina, (-)-galato epicatequina, (flavanóis).

Empregando eluição em gradiente, a fase móvel foi constituída pela Fase A: solução de ácido orto-fosfórico (Fluka, Suíça) em água ultrapura (Purelab Option Q Elga System, EUA) a

0,85%; e Fase B: acetonitrila grau HPLC (J. T. Baker, EUA), totalizando 60 minutos de corrida. A temperatura do forno será mantida a 40°C e o fluxo a 0,5 mL.min<sup>-1</sup>. As amostras foram injetadas sem diluição prévia, após filtração em membrana de nylon de diâmetro de 13 mm e tamanho do poro de 0,45µm (Phenomenex, EUA), utilizando como volume de injeção 10 µL/amostra.

O padrão do ácido ferúlico foi obtido da ChemService (West Chester, EUA). Os padrões dos ácidos cafeico, *trans*-caftárico, *p*-cumárico, clorogênico e gálico foram comprados da Sigma-Aldrich (EUA) e o *cis*-resveratrol foi adquirido da Cayman Chemical (Michigan, USA). Os demais padrões foram adquiridos da Extrasynthese (Genay, França).

#### 4.5 Avaliação colorimétrica dos fermentados de acerola

Para a avaliação da coloração das amostras, utilizou-se o sistema CIELab e CIEL\*C\*h para determinação dos parâmetros: L\* (luminosidade), a\* (coordenada vermelho/verde), b\* (coordenada amarelo/azul), C\* (*Chroma*, cromaticidade ou saturação) e ângulo h (*hue* ou tonalidade). As leituras foram realizadas utilizando calorímetro portátil (Delta Color, modelo Delta Vista 450G), previamente calibrado no modo transmitância, com iluminante D65 e ângulo de 10°. A intensidade de cor (IC) e tonalidade também foram determinadas a partir das leituras das absorvâncias em espectrofotômetro (Multiskan GO, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) nos comprimentos de onda de 420nm, 520nm e 620nm (LIMA et al., 2014).

#### 4.6 Capacidade antioxidante dos fermentados de acerola

A capacidade antioxidante dos fermentados de acerola foi determinada por três ensaios *in vitro* espectrofotométricos, foram eles: captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), captura do radical ABTS [ácido 2, 2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico)] (RE et al., 1999), e redução do íon férrico a ferroso FRAP (BENZIE; STRAIN, 1996).

Para a análise da capacidade antioxidante pelo método DPPH, realizou-se a descoloração de solução arroxeadada de DPPH (Sigma Aldrich, EUA), cuja concentração era de

0.06 mM, sendo essa modificação de cor promovida pela reação entre o radical e os compostos com atividade antioxidante da amostra. O decaimento de cor foi medido espectrofotometricamente a 515 nm e a perda é proporcional ao potencial antioxidante da amostra. Para isso, alíquota da amostra foi misturada com o DPPH, em solução metanoica, e incubada no escuro por 60 minutos a  $23 \pm 2$  °C. Para a avaliação pelo método FRAP, foi preparado o reagente FRAP, obtido da mistura de tampão acetato (300 mM, pH 3,6), TPTZ (Sigma–Aldrich, EUA) (10 mM em HCl 40 mM) e FeCl<sub>3</sub> 6H<sub>2</sub>O (20 mM), sendo este adicionado a amostra. A mistura foi incubada por 30 minutos no escuro a  $23 \pm 2$  °C e em seguida realizou-se a leitura a 593 nm. Já para a determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS, 5 mL de uma solução estoque do radical ABTS a 7 mM (Sigma–Aldrich, USA), foi misturada com 176 µL de persulfato de potássio a 70 mM e incubada no escuro durante 16 horas. As leituras foram feitas a 743 nm após 0 minutos para o controle e após 6 minutos de incubação no escuro para as amostras.

Para calcular a capacidade antioxidante dos fermentados de acerola pelos três ensaios, foi construída uma curva de calibração utilizando o Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico, Sigma Aldrich, EUA) como padrão para cada um deles, e os resultados foram expressos em mili mol de equivalentes de Trolox por litro de vinho (mmol TEAC L<sup>-1</sup>). As leituras das absorvâncias foram realizadas em espectrofotômetro Biospectro SP-220 (Lab-líder, Brasil).

#### **4.7 Análise estatística**

O tratamento dos dados foi realizado com auxílio do programa estatístico a XLStat (Addinsoft Inc., Anglesey, UK, 2015). Os resultados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Adicionalmente, foi realizada análise multivariada a partir de Análise de Componentes Principais (ACP) e matriz de correlação de *Pearson* ( $n - 1$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição físico-química do mosto da acerola

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da avaliação dos mostos dos quatro métodos propostos para a elaboração do fermentado de acerola (T1, T2 T3 e T4), estes foram avaliados após a adição de água, anteriormente a fermentação alcoólica ser iniciada. Ressalta-se que, somente o mosto do tratamento T4 ainda não havia sido prensado no momento das análises, por isso, nessa amostra são identificados o menor valor de acidez total e o maior valor de pH, da mesma forma, o teor de açúcar é superior e acidez volátil foi inferior, comparativamente aos demais amostras.

**Tabela 3:** Caracterização físico-química dos mostos anteriormente a elaboração do fermentado de acerola por quatro processos distintos.

Parâmetros	T1	T2	T3	T4
pH	3,10 ± 0	2,96 ± 0,02	2,97 ± 0,03	3,28 ± 0,02
AT (meq L <sup>-1</sup> )	88,17 ± 0,76	81,14 ± 6,12	78,98 ± 3,06	30,83 ± 0,76
AV (meq L <sup>-1</sup> )	13,00 ± 0,35	15,37 ± 0,17	15,35 ± 1,02	8,25 ± 0,70
Açúcar (g L <sup>-1</sup> )	109,88 ± 6,94	117,00 ± 1,98	108,68 ± 8,07	131,02 ± 5,95

Resultados expressos como média ± desvio padrão. AT = acidez total. AV = acidez volátil. Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

Excluindo-se o mosto do tratamento T4, os resultados de acidez total variaram entre 78,98 e 88,17 meq L<sup>-1</sup>, garantindo assim que a fermentação do fermentado de acerola fosse iniciada com acidez total de acordo com a legislação, a qual preconiza valores mínimos de 50 e máximos de 130 meq L<sup>-1</sup> para fermentados de fruta (BRASIL, 2012). Adicionalmente, de maneira geral, o pH dos mostos de acerola estavam entre 2,96 (T2) e 3,28 (T4), e constituem-se em valores de pH de mosto de uva recomendados para a elaboração de vinhos, dentro da faixa dita como ideal para uma melhor estabilidade química e microbiológica do vinho branco, que é entre pH 3,0 e 3,3 (JACKSON, 2014). Esses valores de pH dos mostos obtidos de acerola ‘Junko’ são similares ou inferiores aos apresentados por Segtowick *et al.* (2013), que analisaram suco da acerola obtido por prensagem (pH 3,26), sem adição de água, e por Caetano *et al.* (2012), que estudaram o suco e a polpa da acerola, cujo pH foi de respectivamente 3,47 e 3,44.

Esses resultados ressaltam o potencial da variedade escolhida ('Junko') para a elaboração do fermentado de acerola, assim como demonstram que a proporção de água adicionada foi adequada (1:1 em massa).

Por outro lado, olhando os valores de acidez volátil apresentados na Tabela 2, nota-se que esse fator parece ser um problema para o desenvolvimento do produto proposto, uma vez que, ainda que todos estejam dentro da legislação brasileira (BRASIL, 2012), que é de no máximo 20 meq L<sup>-1</sup>, eles apresentam-se elevados, com exceção do mosto do tratamento T4 que não foi prensado. O fato da AV ser alta no mosto de acerola inviabiliza a elaboração de fermentado de acerola sem a adição do conservante dióxido de enxofre.

## **5.2 Composição físico-química do fermentado de acerola**

Os resultados das análises físico-químicas realizadas nos fermentados de acerola obtidos encontram-se apresentadas na Tabela 4. As análises foram realizadas após um mês de armazenamento das bebidas já prontas.

O pH final dos fermentados ficou entre 3,53 e 3,65. Estando esses valores dentro da faixa ideal de pH para vinhos tintos (3,3-3,6) reportada por Jackson (2014). Níveis muito elevados de pH podem desestabilizar o vinho, uma vez que o torna mais propenso à oxidação e à proliferação microbiana, comprometendo, portanto, a sua durabilidade (RIZZON; MIELE, 2002). Segundo Chavarria et al. (2008), o pH é uma característica fundamental do vinho, pois além de interferir na cor da bebida, exerce um efeito pronunciado sobre seu gosto ácido e estabilidade. Esses valores apresentados também ficaram próximos aos valores encontrados por Segtowick et al. (2013) no fermentado obtido a partir da polpa e do suco da acerola, entre 3,56 e 3,63.

**Tabela 4:** Caracterização físico-química dos fermentados de acerola elaborados por quatro processos distintos, após um mês de armazenamento.

Parâmetros <sup>1</sup>	T1	T2	T3	T4
pH	3,54 b ± 0,08	3,65 a ± 0,06	3,57 b ± 0,06	3,57 b ± 0,01
AT (meq L <sup>-1</sup> )	98,77 a ± 1,25	70,60 c ± 1,08	81,61 b ± 5,69	97,14 a ± 2,72
AV (meq L <sup>-1</sup> )	14,23 b ± 0,40	13,84 b ± 0,59	16,54 a ± 2,11	16,09 a ± 0,50
Açúcar totais (g L <sup>-1</sup> )	8,90 c ± 0,00	10,75 b ± 0,00	11,80 a ± 0,28	7,28 d ± 1,02
Álcool (% v/v)	9,68 b ± 0,21	9,56 bc ± 0,00	9,41 c ± 0,04	10,50 a ± 0,22
Extrato seco reduzido (g L <sup>-1</sup> )	24,88 d ± 0,03	28,25 b ± 0,00	27,20 c ± 1,97	29,81 a ± 0,00
Extrato seco (g L <sup>-1</sup> )	32,78 c ± 0,14	38,00 a ± 0,00	38,00 a ± 2,19	36,09 b ± 0,91

Resultados expressos como média ± desvio padrão. AT = acidez total. AV = acidez volátil. <sup>1</sup>Valores seguidos por letras distintas na mesma linha apresentam médias que diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

A acidez total titulável das bebidas variou entre 70,59 e 98,76 meq L<sup>-1</sup>, se enquadrando dentro do preconizado pela legislação brasileira para fermentado de fruta (BRASIL, 2012), que estabelece o limite mínimo de 50 e máximo de 130 meq L<sup>-1</sup>. Alguns fatores podem contribuir para o aumento da acidez titulável da bebida, onde destaca-se a atividade de leveduras capazes de produzir ácidos orgânicos e também a liberação destes ácidos, a partir da película da casca do fruto, durante o processo de maceração (OUGH; AMERINE, 1988; GIANCHINI, 1996). Isso explica o fato do tratamento elaborado com 96 h de maceração (T4) ter se destacado em acidez total, juntamente com o tratamento T1. Este último tratamento citado, foi obtido da polpa congelada de acerola. Neste caso, a acerola foi inteiramente processada na despulpadora. Enquanto o tratamento T2, onde as acerolas foram imediatamente prensadas, sem maceração, apresentou o menor resultado para esse parâmetro analisado.

No trabalho de Segtowick et al. (2013), alguns dos fermentados de acerola elaborados ficaram acima da legislação brasileira para AT (135,33, 135,89 e 133,33 meq L<sup>-1</sup>), provavelmente em função de utilização de menor quantidade de água que o presente estudo para a elaboração do mosto, ou de frutos em estágio menos avançado de maturação.

No tocante à acidez volátil, as bebidas analisadas enquadraram-se nos valores estipulados pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2012), que é de no máximo 20 meq L<sup>-1</sup>. No fermentado elaborado por Segtowick et al. (2013), os valores de AV ficaram entre 3,50 e 5,22 meq L<sup>-1</sup>. Ficando abaixo do encontrado nesta pesquisa, possivelmente em função da variedade de acerola escolhida ou estágio de maturação do fruto. Outros fermentados de frutas tropicais

também apresentaram baixa acidez volátil, a exemplo do fermentado de umbu elaborado por Dantas e Silva (2017), que ficou com AV de 5,51 meq L<sup>-1</sup>, e do fermentado de cajá desenvolvido por Dias *et al.* (2003), com AV de 5,50 meq L<sup>-1</sup>.

O açúcar residual dos fermentados de acerola ficou acima de 3 g L<sup>-1</sup>, assim esses se classificam como fermentado de acerola suave (BRASIL, 2012). Um maior conteúdo de açúcares pode ser interessante para o produto do ponto de vista sensorial, para disfarçar o gosto ácido acentuado da acerola quando consumida *in natura*. O fermentado de maracujá desenvolvido por Santos et al. (2021), contendo 90 g L<sup>-1</sup> de açúcar, apresentou boa aceitação hedônica entre consumidores, ainda que a bebida não tivesse sido diluída com água e apresentasse acidez total cerca de quatro vezes superior ao limite da legislação para o produto.

Quanto ao grau alcoólico, todas as amostras apresentaram valores dentro dos intervalos de referência descritos pela legislação brasileira para fermentados de frutas (BRASIL, 2012), estando com teor alcoólico máximo de 10,5 e mínimo de 9,4 (%v/v), tratamentos T4 e T3 respectivamente. Segtowick et al. (2013), desenvolveram um fermentado de acerola com conteúdo alcóolico próximo, entre 9,77 e 11,09 (%v/v).

Outros fermentados já foram desenvolvidos com maiores conteúdos alcóolicos, a exemplo do fermentado de umbu ficou com 12,57 (%v/v) (DANTAS; SILVA, 2017), o fermentado de cajá com 12°GL (DIAS *et al.*, 2003). Por sua vez, o fermentado de abacaxi apresentou teor alcóolico bem inferior e igual a 5,90 (%v/v) (PARENTE et al., 2014).

Por fim, as bebidas analisadas apresentaram concentração de extrato seco entre 32,77 e 38,00 g L<sup>-1</sup>. Esse parâmetro representa o conjunto de todas as substâncias que não se volatilizam na bebida (RIBÉREAU-GAYON, 2003). Entre os principais grupos que compõem o extrato seco total estão os ácidos fixos, sais orgânicos e minerais, polialcoois, compostos fenólicos, compostos nitrogenados, açúcares e polissacarídeos (NAVARRE, 1991). Segundo Aquarone et al. (2001), vinhos que contém menos de 20,00 g L<sup>-1</sup> são considerados como vinhos leves. Altos teores de extrato seco indicam a possibilidade dos vinhos serem mais estruturados e encorpados. Corroboram com o presente trabalho, os resultados obtidos por Segtowick et al. (2013), com resultados de extrato seco acima de 37,50 g L<sup>-1</sup> para fermentado de acerola. Já o fermentado de umbu obteve somente 22,49 g L<sup>-1</sup> de extrato seco (DANTAS; SILVA, 2017).

Quanto ao teor de extrato seco reduzido, todos os tratamentos ficaram dentro do limite mínimo (12 g L<sup>-1</sup>) estabelecido por lei para o produto (BRASIL, 2012). Os fermentados



estudados por Segtowick et al. (2013) também apresentaram valores acima do mínimo exigido, estando os valores entre 14,48 e 26,60 g L<sup>-1</sup>.

### **5.3 Coloração do fermentado de acerola**

Os resultados para os parâmetros colorimétricos (espectrofotométrico e pelo sistema CIELab) dos fermentados de acerola estão dispostos na Tabela 5. No tocante a intensidade de cor (IC), os tratamentos diferiram entre si com valores que variaram desde o menos intenso 3,01 (T1) a 3,89 (T4), mais intenso, mostrando que a realização da prática de maceração aumentou significativamente a coloração do fermentado. Esses resultados podem indicar uma coloração pouco intensa, comparativamente ao vinho tinto, visto que esses valores de IC para o produto, geralmente variam entre 2,5 a 10,0, dependendo da variedade de uva e práticas enológicas adotadas na vinificação (CELOTTI et al., 2020; SILVA et al., 2020). Entretanto, em trabalho realizado com o fermentado de jabuticaba foram obtidos resultados de IC inferiores aos dos fermentados de acerola avaliados (NEVES et al., 2021).

Por sua vez os valores de tonalidade, ficaram entre 1,84 (T4) e 2,31 (T3), onde o T4 foi o único tratamento que diferiu dos demais nesse parâmetro, apresentando possivelmente uma coloração mais estável e duradoura. As características cromáticas de intensidade de cor e tonalidade obtidas pela leitura da absorbância a 420, 520 e 620 nm são válidas para vinhos jovens, pois apresentam absorção máxima a 520 nm (cor vermelha) e mínima a 420 nm (cor amarela) (RIBÉREAU-GAYON et al., 2003). Assim, T3, T2 e T1 apresentaram maior absorvidade que T4 no comprimento de 420nm e menor no comprimento de 520nm.

**Tabela 5:** Resultados da avaliação da coloração dos fermentados de acerola elaborados por quatro processos distintos, após um mês de armazenamento.

Parâmetros <sup>1</sup>	T1	T2	T3	T4
IC (420+520+620nm)	3,01 c ± 0,04	3,39 bc ± 0,18	3,66 ab ± 1,15	3,89 a ± 0,09
Tonalidade (420/520nm)	2,31 a ± 0,02	2,28 a ± 0,10	2,31 a ± 0,05	1,84 b ± 0,02
L*	29,30 a ± 0,07	28,62 a ± 0,06	28,24 a ± 3,28	25,87 b ± 0,48
a*	16,86 b ± 0,13	15,97 c ± 0,21	16,86 b ± 0,75	19,08 a ± 0,09
b*	32,24 a ± 0,24	29,77 b ± 0,25	30,79 ab ± 3,90	27,23 c ± 0,10
C*	36,44 a ± 0,27	33,79 bc ± 0,09	35,15 ab ± 3,08	32,56 c ± 0,28
h	62,38 a ± 0,12	61,77 a ± 0,50	61,12 a ± 4,18	54,17 b ± 0,34

Resultados expressos como média ± desvio padrão. IC = intensidade de cor avaliada por espectrofotômetro. <sup>1</sup>Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

Segundo Wu e Sun (2013), para medir cor em alimentos, esse sistema de cor é o mais utilizado, visto que por ele há uma distribuição uniforme de cores, e porque a distância entre duas cores diferentes de dois alimentos, corresponde, aproximadamente, à diferença de cor perceptível entre eles pelo olho humano.

O parâmetro L\* está relacionado com a transmissão da luz ou o quanto uma amostra é clara ou escura (L\*=0, amostra totalmente preta; L\*=100, amostra totalmente branca). A coordenada cromática a\* pode assumir valores desde -80 (verde) a +100 (vermelho) e a coordenada de cromaticidade b\* pode variar desde -50 que corresponde a cor azul a até +70 cor amarelo (ALVES et al., 2008). Adicionalmente, a coordenada C\* representa a intensidade da tonalidade, ou seja, quanto maior seu valor, maior é a intensidade da cor percebida. Para o ângulo *hue* (h), os valores vão de 0° ou 360°, representam a cor vermelha (0°), e 90°, 180° e 270° correspondem, respectivamente, ao amarelo, verde e azul (PATHARE et al., 2013).

Para o parâmetro L\*, os fermentados apresentaram resultados entre 25,87 e 29,30, estando mais próximos do 0, caracterizando as amostras como de coloração mais escura, com destaque para o fermentado de acerola obtido do tratamento T4. Já a coordenada a\*, as análises resultaram em números positivos, o que constata a coloração mais avermelhada, presente nos fermentados de acerola, principalmente T4, comprovando que a utilização da maceração a 18°C por 96h, extraiu mais pigmentos da acerola. Em relação ao parâmetro b\*, os resultados encontrados foram positivos e confirmam que as bebidas estão mais próximas da cor amarela do que da azul em uma escala visual, onde o T1, T2 e T3 tiveram os maiores resultados,

diferindo estatisticamente do T4, corroborando com os resultados de tonalidade obtidos espectrofotometricamente, pelas razões entre as leituras das absorbâncias nos comprimentos de 420 e 520nm. Por fim, o ângulo de tonalidade *hue* (h), indicou que as amostras avaliadas de fermentado de acerola se encontram entre os espectros de cor vermelho (0°) e amarelo (90°), por apresentarem resultados que oscilaram entre 54,17 (T4) e 62,38 (T1).

#### **5.4 Conteúdo de compostos bioativos e capacidade antioxidante do fermentado de acerola**

Na Tabela 6 a seguir estão apresentados os valores referentes as concentrações nos fermentados de acerola de ácido ascórbico, fenólicos totais, antocianinas monoméricas e capacidade antioxidante (ensaios DPPH, ABTS e FRAP).

O teor de ácido ascórbico dos fermentados de acerola, ficou bem abaixo da concentração da vitamina encontrada na acerola in natura da cultivar Junko, isso se justifica por diversos fatores. Primeiramente, tendo em vista que os frutos utilizados nesta pesquisa estavam em um estágio de maturação mais avançado (NASCIMENTO *et al.*, 2016) e foram diluídos com água na proporção 1:1. O estágio de maturação dos frutos para o processamento foi determinado por conta da menor acidez total e que beneficiaria nossa pesquisa ao produzir uma bebida com menor acidez total titulável. Nesse ponto, as acerolas já estão com o teor de vitamina C bem abaixo do seu potencial máximo. Esse valor máximo pode chegar a 3,705 mg/100g quando a acerola está verde e 2,307 mg/100g para o fruto maduro, quando começa a mudar para a coloração vermelha (RIBEIRO; FREITAS, 2020; SANTOS, 2016; CARVALHO *et al.*, 2018). Além disso, o tempo de processamento e armazenamento do fermentado de acerola também acarreta em degradação no seu conteúdo de vitamina C, ainda assim, T1 e T4, apresentaram cerca de 244 mg 100mL<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, conteúdo similar ao do pseudofruto de caju *in natura*, que é em média de 230mg/100g (BIASOTO, 2013) e bastante superior ao encontrado em fermentado de outras frutas tropicais, a exemplo do fermentado de maracujá (SANTOS *et al.*, 2021). Com relação a outros trabalhos com acerola processada, Brunini *et al.*, (2004) estudaram a polpa de acerola de várias regiões sem a identificação das cultivares e constataram teores de ácido ascórbico na polpa variando de 243,48 a 818,17 mg 100g<sup>-1</sup>. Já Freitas *et al.*,

(2006a) encontrou resultados inferiores, que variaram entre 93,5 e 168,6 mg 100mL<sup>-1</sup> para suco de acerola.

**Tabela 6:** Teor de compostos fenólicos, antocianinas monoméricas, ácido ascórbico e capacidade antioxidante (ensaios DPPH, ABTS e FRAP) dos fermentados de acerola elaborados por quatro processos distintos, após um mês de armazenamento.

Parâmetros <sup>1</sup>	T1	T2	T3	T4
Vitamina C (mg 100mL <sup>-1</sup> )	244,13 a ± 1,74	107,71 c ± 8,29	130,24 b ± 0	244,75 a ± 2,83
Compostos fenólicos totais (mg L <sup>-1</sup> )	4566,46 b ± 217,22	3534,45 d ± 576,05	3935,85 c ± 177,61	5205,36 a ± 116,41
Antocianinas monoméricas (mg L <sup>-1</sup> )	18,16 b ± 1,77	15,79 c ± 3,13	15,66 c ± 0,48	26,01 a ± 0,41
DPPH (mmol TEAC L <sup>-1</sup> )	28,20 b ± 0,20	10,47 d ± 1,06	21,73 c ± 1,33	30,13 a ± 0,32
ABTS (mmol TEAC L <sup>-1</sup> )	21,96 b ± 0,35	10,53 d ± 0,29	19,27 c ± 1,14	25,98 a ± 2,98
FRAP (mmol TEAC L <sup>-1</sup> )	15,95 a ± 0,59	9,32 c ± 0,005	10,52 c ± 0,51	14,27 b ± 2,85

Resultados expressos como média ± desvio padrão. <sup>1</sup>Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

No que concerne aos resultados obtidos para o conteúdo de compostos fenólicos totais, o fermentado obtido com maceração de 96 h a 18°C, tratamento T4, apresentou os maiores valores, enquanto o tratamento 2, sem maceração, mostrou os menores valores; e todos os tratamentos diferiram entre si. Esse conteúdo de compostos fenólicos encontrado nos fermentados de acerola, independentemente do processo de elaboração adotado, também é bastante alto. Em vinhos tintos de uvas *Vitis vinifera*, a média mundial para o conteúdo de fenólicos totais é de 2.000 mg L<sup>-1</sup> (Waterhouse et al., 2016). Compostos fenólicos desempenham um papel importante nos vinhos, especialmente para o seu sabor, estrutura, corpo e na cor (RIBEREAU-GAYON et al., 2005). Nessa bebida, a concentração de compostos fenólicos é afetada pela variedade de uva, condições de cultivo e práticas de vinificação empregadas (SACCHI; BISSON; ADAMS, 2005).

Para acerola, pesquisas mostram que a época de colheita e estágio de maturação do fruto também influenciam na composição e quantidade de compostos fenólicos. Righetto et al. (2005), verificaram que o teor fenólico total do suco de acerola foi reduzido de 3,8 mg g<sup>-1</sup> para 1,35 mg g<sup>-1</sup> em função do maior estágio de maturação das acerolas processadas. Lima et al. (2005) encontraram teor fenólico superior em acerolas coletadas em estação mais seca do ano.

Os valores encontrados para antocianinas monoméricas apresentaram maiores resultados nos tratamentos onde foi realizada a maceração por 96 h (T4), seguido do tratamento elaborado a partir da polpa de acerola (T1). Entretanto, em vinhos tintos são encontrados resultados superiores de antocianinas monoméricas, Alencar et al. (2018) encontraram 331,12 mg L<sup>-1</sup> de antocianinas monoméricas totais em vinho da cultivar Syrah. Já Padilha et al. (2017) obtiveram resultados próximos aos desta pesquisa para dois dos sete vinhos tintos comerciais analisados. Resíduo do processamento também apresentou maior concentração de antocianinas (42,3 mg 100g<sup>-1</sup>) no trabalho desenvolvido por Silva et al. (2021).

Para DPPH, os resultados obtidos ficaram entre 10,53 e 30,13 mmolTEAC L<sup>-1</sup>, mostrando-se elevados, principalmente para o fermentado de acerola obtido do tratamento T4, uma vez que Alencar et al. (2018) encontraram valores bem inferiores, entre 4,20 a 17,10 mmolTEAC L<sup>-1</sup> em mosto e vinho tinto da cultivar Syrah. Adicionalmente, o fermentado obtido do tratamento T4, se destacou em capacidade antioxidante pelo ensaio ABTS (25,98 mmol TEAC L<sup>-1</sup>), seguido do tratamento T1 (21,97 mmolTEAC L<sup>-1</sup>). Para vinhos tintos, Padilha et al. (2017) encontraram valores semelhantes, sendo 28,9 mmolTEAC L<sup>-1</sup> o mais elevado, e o mais baixo foi de 19,3 mmolTEAC L<sup>-1</sup>. Já pelo ensaio FRAP, o método que proporcionou maior capacidade antioxidante ao fermentado de acerola, foi o tratamento T1 (15,95 mmol TEAC L<sup>-1</sup>).

Compostos fenólicos também foram separadamente identificados nas amostras de fermentado de acerola por HPLC-DAD ( $n = 16$ ), havendo diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os produtos dos tratamentos testados com relação a concentração da maioria desses compostos, conforme apresentado na Tabela 7.

Dentre os quatro métodos propostos para a elaboração do fermentado de acerola, o produto originário do tratamento T4, apresentou os maiores valores de concentração da maioria dos compostos fenólicos identificados. Mostrando que o processo de maceração, quando realizado durante o período de fermentação por 96 horas a 18°C, promoveu um aumento significativo da extração desses compostos, da acerola para a bebida. Em contrapartida, a prática de maceração tradicional ocasionou na redução da concentração no fermentado de acerola de *cis*-resveratrol e (-)-galato epicatequina.

**Tabela 7:** Perfil de compostos fenólicos dos fermentados de acerola elaborados por quatro processos distintos, após um mês de armazenamento.

Compostos fenólicos (mg L <sup>-1</sup> )	T1	T2	T3	T4
Quercetina-3-β-D-glucosídeo	2,613 c	2,226 d	2,916 b	4,294 a
Isorhamnetina-3-O-glucosídeo	8,770 b	6,974 c	8,628 b	12,701 a
Caempferol-3-O-glucosídeo	0,317 b	0,316 b	0,344 a	0,338 a
Rutina	0,697 b	0,612 c	0,745 b	0,946 a
(-)-Galato epicatequina	0,419 c	0,578 ab	0,653 a	0,535 b
(-)-Galato epigallocatequina	1,133 a	1,046 b	1,045 b	1,001 b
Miricetina	0,516 c	0,501 d	0,534 b	0,551 a
Ácido gálico	5,492 b	3,496 c	8,129 a	9,494 a
Ácido cafeico	0,649 a	0,532 b	0,515 b	0,594 a
Ácido <i>trans</i> -caftárico	0,576 c	0,690 b	0,675 b	0,860 a
Ácido clorogênico	0,491 b	0,378 c	0,355 c	0,554 a
Ácido <i>p</i> -cumárico	0,271 c	0,315 c	0,703 b	1,010 a
Ácido ferúlico	0,362 ab	0,346 b	0,372 ab	0,394 a
<i>trans</i> -resveratrol	0,275 b	0,263 c	0,276 b	0,304 a
<i>cis</i> -resveratrol	0,264 a	0,258 a	0,252 a	0,216 b
Peonidina-3-O-glucosídeo	11,533 b	12,049 b	12,840 b	20,888 a

Resultados expressos como média ± desvio padrão. <sup>1</sup>Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey. Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

Os compostos isorhamnetina-3-O-glucosídeo e quercetina-3-β-D-glucosídeo foram os principais compostos identificados nos fermentados de acerola entre os flavonóis quantificados. O fermentado originário do tratamento T4, apresentou os maiores resultados para esses dois compostos citados, seguido do tratamento T3, ainda que essas amostras tenham diferido estatisticamente entre si e das amostras provenientes dos demais tratamentos testados.

Ferreira et al., (2021), avaliando sete variedades brasileiras de acerola produzidas também sob condições semiáridas, encontraram resultados elevados para isorhamnetina-3-O-glucosídeo e quercetina-3-β-D-glucosídeo, chegando a 47,01 mg kg<sup>-1</sup> e 32,88 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Ressaltando que a cultivar Junko não foi analisada. Uma vez que para a sua elaboração o fermentado de acerola foi obtido do fruto/polpa diluído em água na proporção 1:1, essa comparação com a literatura, mostra que pode ocorrer uma possível perda de quercetina-3-β-D-glucosídeo ao longo do processo de elaboração da bebida, e uma estabilidade no conteúdo de isorhamnetina-3-O-glucosídeo.

O tratamento T1, fermentado obtido a partir do processamento da polpa de acerola, apresentou o maior valor para (-)-galato epigallocatequina, destacando-se dos demais apenas no conteúdo desse composto fenólico, entre os identificados. Em trabalho realizado por Mezdri et al. (2008), avaliando seis amostras de polpa de acerola, encontrou-se resultados de concentração de (-)-galato epigallocatequina ao redor de  $0,53 \text{ mg L}^{-1}$ , inferiores as concentrações mostradas na Tabela 6.

Os principais ácidos fenólicos quantificados no presente estudo, foram os ácidos gálico, *trans*-caftárico e cafeico, e a amostra T4 se destacou no conteúdo dos dois primeiros, mas não de ácido cafeico, onde o tratamento T1 apresentou-se como o mais concentrado no composto, não diferindo estatisticamente de T4. O fermentado originário do tratamento T4 também destacou-se na concentração dos demais ácidos fenólicos identificados, a exemplo do ácido clorogênico. Estudos mostram benefícios dos ácidos fenólicos para a saúde, principalmente com relação a prevenção de doenças como diabetes mellitus tipo 2 e cardiovasculares. Além disso, a atividade antioxidante desses compostos pode reduzir o estresse oxidativo celular, inibindo o crescimento de células cancerígenas no fígado e cólon, entre outros órgãos (GARAMBONE; ROSA, 2007).

Nascimento et al. (2018), analisaram ácidos fenólicos em acerola *in natura* em três diferentes estádios de maturação, incluindo no estudo os ácidos gálico e cafeico, ambos foram identificados em maiores concentrações nos frutos mais maduros. Assim, a utilização de acerolas em estágio mais avançado de maturação para a elaboração do fermentado pode proporcionar ao produto maiores conteúdo desses dois ácidos fenólicos.

Dentre os dois estilbenos quantificados, o *trans*-resveratrol apresentou-se em maiores concentrações que o *cis*-resveratrol, e o fermentado originário do tratamento T4 se sobressaiu nesse composto em relação aos demais. Das sete variedades de acerola avaliadas na pesquisa de Ferreira et al. (2021), foram identificados resultados que variaram entre 2,34 e 3,85  $\text{mg Kg}^{-1}$  de *trans*-resveratrol, já a presença de seu isômero *cis*-resveratrol não foi identificada pelos autores.

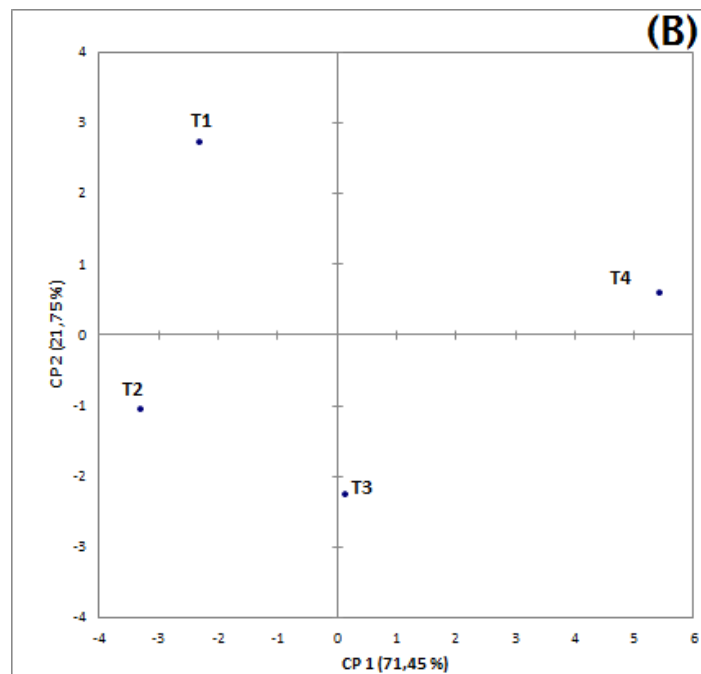
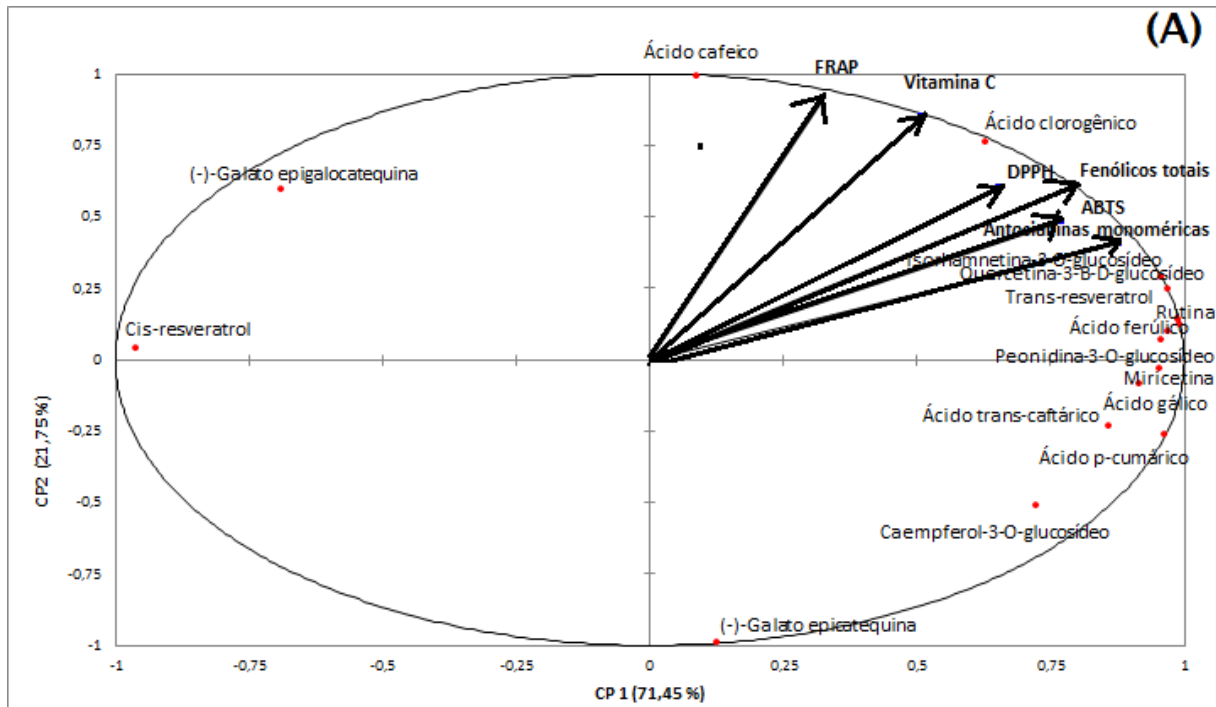
Por fim, foi identificada apenas uma antocianina monomérica no fermentado de acerola, entre as comumente encontradas em vinho tinto (malvidina-3-*O*-glucosídeo, peonidina-3-*O*-glucosídeo, delphinidina-3-*O*-glucosídeo, pelargonidina-3-*O*-glucosídeo, petunidina-3-*O*-glucosídeo e cianidina-3-*O*-glucosídeo), a peonidina-3-*O*-glucosídeo, e a amostra obtida com maceração durante 96h a 18°C (tratamento T4) destacou-se no composto. Os teores de

petunidina-3-*O*-glucosídeo dessa amostra foram superiores aos encontrados por Alencar et al. (2018) em vinho tinto da cultivar Syrah. Adicionalmente, Padilha (2014) comprovou em seu estudo que a peonidina-3-*O*-glucosídeo apresenta correlação positiva com a atividade antioxidante de vinhos tintos. De fato, a literatura cita que as antocianinas estão entre os mais importantes grupos de pigmentos solúveis em água, concentrados principalmente na pele da fruta, sendo responsáveis pela cor arroxeadada e por suas propriedades antioxidantes (SANTOS et al., 2013).

A Análise de Componentes Principais (ACP) apresentada na Figura 19, mostra que as amostras de fermentado de acerola apresentaram diferentes perfis de compostos bioativos em função do método de elaboração testado, influenciando principalmente na capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, uma vez que os vetores os representam, são mais importantes para diferenciar as amostras na primeira componente principal (CP1). Encontram-se mais próximos desses vetores, aqueles que representam a concentração dos compostos fenólicos: isorhamnetina-3-*O*-glucosídeo, quercetina-3- $\beta$ -D-glucosídeo, *trans*-resveratrol, peonidina-3-*O*-glucosídeo, ácidos gálico,  $\rho$ -cumárico, ferúlico e *trans*-caftárico, miricetina e rutina, e a amostra originada do tratamento T4, a qual se destacou significativamente das demais no conteúdo de todos esses compostos listados e de capacidade antioxidante pelos métodos ABTS e DPPH, conforme anteriormente apresentado nas Tabelas 5 e 6. Adicionalmente, a Figura 19 mostra que o vetor que representa a capacidade antioxidante pelo método FRAP, encontra-se mais próximo daqueles que representam o conteúdo de ácido ascórbico, e dos ácidos clorogênico e cafeico, sendo todos mais explicados pela CP 2. Porém, uma vez que a CP2 explica somente 21,75% da variação entre as amostras, provavelmente a correlação entre FRAP e a concentração desses compostos é mais fraca que aquela que ocorre entre DPPH e ABTS e isorhamnetina-3-*O*-glucosídeo, quercetina-3- $\beta$ -D-glucosídeo, *trans*-resveratrol, peonidina-3-*O*-glucosídeo, ácido gálico,  $\rho$ -cumárico, ferúlico e *trans*-caftárico, miricetina e rutina.



**Figura 11:** Análise de Componentes Principais obtida a partir da quantificação de compostos bioativos no fermentado de acerola elaborado por quatro processos distintos e da avaliação da capacidade antioxidante dos produtos obtidos por três ensaios *in vitro* (ABTS, DPPH e FRAP). Em gráficos separados, são apresentados os *loadings* (A) e *scores* (B). Dados gerados após um mês de armazenamento.



Tratamentos: T1 (Fermentado elaborado a partir da polpa de acerola), T2 (Fermentado elaborado após a prensagem da acerola *in natura*, sem maceração), T3 (Fermentado elaborado após maceração a frio pré-fermentativa a 8°C por 24h) e T4 (Fermentado elaborado com maceração tradicional, concomitante a fermentação alcoólica durante 96h a 18°C).

## 6 CONCLUSÕES

A elaboração em escala piloto do fermentado de acerola com a cultivar Junko a partir dos quatro métodos propostos, apresentaram-se dentro dos padrões de qualidade exigidos por a legislação brasileira vigente para fermentados de frutas. Portanto, os quatro processos tecnológicos testados podem ser utilizados para a elaboração de fermentado de acerola.

No que concerne a capacidade antioxidante do produto, sugere-se a elaboração do fermentado de acerola utilizando a prática de maceração, que no caso foi de 96 h a 18°C. Este tratamento também proporcionou à bebida, elevado conteúdo de ácido ascórbico, compostos fenólicos totais. O fermentado de acerola elaborado a partir do tratamento T4, adicionalmente se destacou na concentração da maioria dos compostos fenólicos identificados no presente estudo (n = 16) e na intensidade de cor, possuindo menor tonalidade e apresentando coloração mais vermelha que os demais. Vale ressaltar que o tratamento elaborado a partir da polpa de acerola congelada (T1), também apresentou significativo conteúdo de ácido ascórbico e elevada capacidade antioxidante pelo ensaio FRAP, além de apresentar maiores concentrações de ácido cafeico, *cis*-resveratrol e (-)-galato epigallocatequina. O teor de ácido ascórbico mesmo tendo ficado bem abaixo daquele encontrado em acerola in natura da cultivar Junko, ainda apresenta-se semelhante ao de muitas frutas consideradas ricas nessa vitamina.

Contudo conclui-se que, a realização da prática de maceração concomitante a fermentação alcoólica, pode ser recomendada para a elaboração do fermentado de acerola, proporcionando maior potencial nutracêutico do produto. Novos estudos são necessários para avaliar o impacto dos métodos propostos na estabilidade e qualidade sensorial do fermentado de acerola, bem como na aceitabilidade do produto junto a seus possíveis consumidores. Finalmente, vale ressaltar que uma inovação da presente pesquisa foi a de proporcionar alternativa tecnológica para a melhoria da qualidade nutracêutica do fermentado de acerola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEP. Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Critérios de Classificação Econômica Brasil. 2016.

ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleiro CV. Oliver em dois estágios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v, especial, p. 541-545, out 2011.

ADRIANO, E.; LEONEL, S. Fenologia da aceroleira cv. Olivier em Junqueirópolis-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 469-474, 2012.

ALENCAR, N. M. M.; CAZARIN, C. B. B.; CORREA, L. C.; MAROSTICA JUNIOR, M. R.; BIASOTO, A. C. T.; BEHRENS, J. H. Influence of maceration time on phenolic compounds and antioxidant activity of the Syrah must and wine. **Journal of food biochemistry**, v. 42, n.2, p.12471, 2018.

ALMEIDA, J. C.; ALMEIDA, P. P.; GHERARDI, S. R. M. Potencial uso dos frutos da aceroleira (*Malpighia emarginata*) para produção de licores. **Multi-Science Journal**, v. 2, n. 1, p 7-11. 2019.

ALMEIDA, S. DOS S., ALVEZ W. A. L., DE ARAÚJO S. A., SANTANA J. C. C., NARAIN N., DE SOUZA R. R. Use of simulated annealing in standardization and optimization of the acerola wine production. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 292–297, 2014.

ALMEIDA, S. S.; NARAIN, N.; SOUZA, R. R.; Santana, J. C. C. Otimização das condições de processamento para produção de vinho de acerola (*Malpighia glabra* L.). **Acta Horticulturae** 864 471-478. 2010.

ALVES, C. C. O; RESENDE, J. V. D; CRUVINEL, R. S. R; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 830-839, 2008.

ANDRADE, M. B.; PERIM, G. A.; SANTOS, T. R. T.; MARQUES, R. G. Fermentação alcoólica e caracterização de fermentado de morango. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 2, n. 3esp, p. 265-268, 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists. 18 eds. **Gaithersburg**. 2006.

AQUARONE, E., BORZANI, W., SCHMIDELL, W. LIMA, U. A. **Biotecnologia industrial – Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Blücher, 2001.

ASENJO, C. F. ACEROLA. IN: NAGY, S.; SHAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits. Composition, properties and uses**. Westport: AVI, p.341-374, 1980.

ASQUIERI, E. R.; CANDIDO, M. A.; DAMIANI, C.; ASSIS, E. M. Fabricación de vino blanco y tinto de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg) utilizando la pulpa y la cáscara respectivamente. **Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos**, n. 355, p. 97-110, 2004.

BENDICH, A. Symposium conclusions: Biological actions of carotenoids. **J. Nutr.**, 119: 135–136. 1989.

BENZIE, I F F; STRAIN, J J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BEZERRA, A.S et al. Produção de mudas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) pelo método de enxertia em topo por garfagem em fenda cheia. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 251 – 260, 2017.

BIASOTO, A. C. T. Dinâmica da perda e formação de compostos voláteis durante a concentração de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) e impacto sobre o perfil sensorial da bebida. 150 f. **Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição)** - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2013.

BIASOTO, A. C. T. et al. Flavour characterization of red wines by descriptive analysis and ESI mass spectrometry. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 755-762, 2010.

BIASOTO, A. C. T. et al. Acceptability and preference drivers of red wines produced from *Vitis labrusca* and hybrid grapes. *Food Research International*, v. 62, p. 456-466, 2014.

BRAND-WILLIAMS W., CUVELIER, M.E; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. **Instrução Normativa n.24 de 8 de setembro de 2005**. Aprova o manual operacional de bebidas e vinagres. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.

BRASIL. **DECRETO Nº 6.871, DE 4 DE JUNHO DE 2009.** Regulamenta a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/decreto-no-6-871-de-4-de-junho-de-2009.doc/view>>. Acesso em: 18 dez. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 34, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2012.** Estabelece padrões de identidade e qualidade para as seguintes bebidas fermentadas. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-34-de-29-de-novembro-de-2012.pdf>>. Acesso em: 6 dez. 2019.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY J. A. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55, pp. 9389-9394. 2007.

BRUNINI, M. A., MACEDO, N. B., COELHO, C. V., & SIQUEIRA, G. F. D. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 486-489, 2004.

CABRITA, M. J., SILVA, J. R., LAUREANO, O. **Os Compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos.** In: I SEMINARIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA. Instituto Superior de Agronomia, Universidad Técnica De Lisboa. 2003.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, É. R.; VIEITES, R. L. Physicochemical and sensory characteristics of jam produced with acerola pulp and juice. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 191-197, 2012.

CALGARO, M.; BRAGA, M. A cultura da acerola. (Ed.) Coleção Plantar: acerola. Brasília, DF, 2012. 150 p. – 3. ed. rev. **Ampl**, Embrapa. 2012.

CAPILLA, P.; ARTIGAS, J. M.; PUJOL, J.; LUQUE, M. J.; MALO, J.; MARTINEZVERDU, F. **Fundamentos de Colorimetría.** Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia (2002).

CARVALHO, I. R. C., OLIVEIRA, L. S. D., FERREIRA, J. C. S., COSTA, F. F. P. D., & SENA, R. P. B. Teor de vitamina C da acerola (*Malpighia emarginata* DC), cv. junks, produzida de forma orgânica em Petrolina-PE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

- CELOTTI, E., STANTE, S., FERRARETTO, P., ROMÁN, T., NICOLINI, G., NATOLINO, A. High Power Ultrasound Treatments of Red. Young Wines: Effect on Anthocyanins and Phenolic Stability Indices. **Foods**, 9(10), 1344. 2020.
- CHAVARRIA, C.; SANTOS, H. P.; ZANUS, M. C.; ZORZAN, C.; MARODIN, G. A. B. Caracterização físico-química do mostro e do vinho Moscato Giallo em videiras cultivadas sob cobertura de plástico. **Pesq. agropec. Bras.**, v.43, n7, p.911-916, jul. 2008.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005. 785.p.
- COOPER, D. A.; ELDRIDGE, A. L.; PETERS, J. C. Dietary carotenoids and lung cancer: A review of recent research. **Nutr. Rev.**, 57: 133–145. 1999.
- CORAZZA, M. L.; RODRIGUES, D. G.; NOZAKI, J. Preparação e caracterização do vinho de laranja. **Química nova**, São Paulo (SP), v. 24, n. 4, p. 449-452, 2001.
- CRUZ, Richtier Gonçalves da. **Potencial de metabólitos da acerola (Malpighia emarginata) como antioxidantes em diferentes sistemas oxidativos mediados por radicais livres**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.
- CURVELO-SANTANA, J. C.; DIAS, C. G.; SOUZA, R. R.; TAMBOURGI, E. B. Aplicação da rede neural na análise sensorial do vinho da cereja de Barbados. **Journal of Food Process Engineering** (Supl 1) 365-378. 2010.
- DA COSTA, R R; RODRIGUES, A A M; DE VASCONCELOS, V A F; COSTA, J P D; LIMA, M A C. Trellis systems, rootstocks and season influence on the phenolic composition of ‘Chenin Blanc’ grape, **Scientia Agricola**, v. 77, 2020.
- DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. Fermentado alcoólico de umbu: produção, cinética de fermentação e caracterização físico-química. **Holos**, v. 2, p. 108-121, 2017.
- DELVA, L.; GOODRICH, R. Anthocyanin identification, vitamin C content, and antioxidant capacity of acerola (Malpighia emarginata DC) juices. **Proceedings Florida State Horticulture Society**, 123, 223–227. 2010.
- DELVA, L.; SCHNEIDER, R. G. Acerola (Malpighia emarginata DC): Production, Postharvest Handling, Nutrition, and Biological Activity. **Food Reviews International**, 29:107–126, 2013a.

DELVA, L.; SCHNEIDER, R. G. Atividade antioxidante e propriedades antimicrobianas de extratos fenólicos formam frutos de acerola (*Malpighia emarginata* DC). **Int J Food Sci Tech** 48: 1048-1056, 2013b.

DIAS, D. R., SCHWAN, R. F., LIMA, L. C. O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin* L.). **Food Science and Technology**, v. 23, p. 342-350, 2003.

DINIZ, M. P. F.; PINHEIRO, A. S. Produção e caracterização físico-química de fermentado de abacaxi. **Entequi, Maceió**, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A cultura da Acerola**. Brasília. Coleção Plantar, 2º ed., 2012.

EVANGELISTA, A. F., ALMEIDA S. DOS S., SANTANA J. C. C., DE SOUZA R. R. Avaliação RSM de Fatores que Influenciam na Produção de Vinho de Acerola. **Brazilian Journal of food technology**, p. 8–13, 2005.

FAO/OMS. Human vitamins and mineral requirements. **In: report 7th joint FAO/OMS expert consultation**. Bangkok, Thailand, 2001, p. 286.

FERREIRA, I. C., DA SILVA, W. P., VILVERT, J. C., SOUZA, F. D. F., & DE FREITAS, S. T. Qualidade físico-química de cinco clones de aceroleira produzidos no Vale do São Francisco e colhidos em dois estádios de maturação. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). **In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO**, 14., 2019, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2019.

FERREIRA, I. C.; PEREIRA DA SILVA, V.; VILVERT, J. C., DE FRANÇA SOUZA, F., DE FREITAS, S. T., & DOS SANTOS LIMA, M. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, n. 8, p. e13829, 2021.

Future Market Insights (FMI). **Acerola Extract Market. Acerola Extract Market By Product Form (Powder, Liquid), Application (Food Supplements, Beverages, Confectionery Products, Snacks, Meat Preservation, Bakery Preservation) & Region - Forecast to 2016 - 2026**. 2016. Disponível em: <<https://www.futuremarketinsights.com/reports/acerola-extract-market>>. Acesso em 10 dez. 2021.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUZA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira Agrociencia**, v. 12, n. 4, p. 395-400, Out-Dez, 2006.

FREITAS, C. A. S. D., MAIA, G. A., COSTA, J. M. C. D., FIGUEIREDO, R. W. D., SOUSA, P. H. M. D., FERNANDES, A. G. Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 942-949, 2006.

FREITAS, S. T.; BARBOSA, M. A. G.; RYBKA, A. C. P. **Colheita e pós-colheita de acerola para o consumo in natura**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2020. 9p. il (Embrapa Semiárido. Circular técnica, 123).

GARAMBONE E, ROSA G. Possíveis benefícios do ácido clorogênico à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**. v 18, n. 4, p. 229-35, 2007.

GIANCHINI, R. A. Avaliação de parâmetros na produção de acidez física por leveduras de uso enológico. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Caxias do Sul, 90p, 1996.

GUERRA, C. C.; BARNABÉ, D. Vinho. In: VENTURINI FILHO, W. G. Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF / APPCC, legislação e mercado. 1º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. cap. 17, p. 423-451.

HANAMURA, T., HAGIWARA, T.; KAWAGISHI, H. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, 69, 280–286. 2005.

HASHIZUME, T. Fundamentos da tecnologia do vinho. In: AQUARONE, E.; LIMA, U. de A.; BORZANI, V. (Ed.). Alimentos e bebidas produzidos por fermentação. São Paulo: Edgard Blücher, 1983. cap. 2, p. 14-43.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified Orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 Ed. São Paulo: IAL, 2008, v 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agro. Acerola** | Brasil. 2017. Disponível em:



<[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215)>. Acesso em: Jan. 2020.

ISITUA, C.C. & IBEH, I. Novel method of wine production from banana (*Musa acuminata*) and pineapple (*Ananas comosus*) wastes. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 44, p. 7521-7524, 2010.

JAESCHKE, D.P; MARCZAKA, L. D. F; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**. V199, 15, p. 128-134. 2016.

JACKSON, R S. **Wine Science: principles and applications**. 4ed. Toronto: Academic Press, 2014.

JARVIS, B. Cider, perry, fruit wines and other fermented fruit beverages. In: Fruit Processing (2nd edition). Pp. 111-148, **Aspen Publishers Inc, Gaithersburg, Maryland, USA**, 2001.

JOHNSON, D.J. Acerola (*Malpighia glabra* L., *M. puniceifolia* L., *M. emarginata* DC): agriculture, production and nutrition. **World review of nutrition and dietetics**, v. 91, p. 67-75, 2003.

KUMAR, Y.S.; PRAKASAM, R.S. & REDDY, O.V.S. Optimisation of fermentation conditions for mango (*Mangifera indica* L.) wine production by employing response surface methodology. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 11, p. 2320-2327, 2009.

LEE, J.; DURST, R.W.; WROLSTAD, R.E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 88, n.5, p.1269-1278, 2005.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, 90, 565–568. 2005.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, S. L.; NASCIMENTO, P. P. Flavonoides em seleções de acerola (*Malpighia* sp L.): teor de antocianinas e flavonóis. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 1063-1064, 2000.

LIMA, V. L., MÉLO, E. A., MACIEL, M. I. S., PRAZERES, F. G., MUSSER, R. S., & LIMA, D. E. S. Teores fenólicos e carotenóides totais em genótipos de acerola colhidos em três estágios de amadurecimento. **Química alimentar**, v. 90, n. 4, p. 565-568, 2005.

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SOUZA, P.S.; BORGES, S. S.; ASSIS, M. D. O. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 36, n. 3, p. 550-555, setembro, 2014.

LIMA, M. S.; SILANI, I. S. V.; TOALDO, I. M.; CORREA, L C; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J. L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**, v. 161, p. 94-103, 2014.

LIU, R. H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **J Nutr** 134:3479S–3485S, 2004.

MALEGORI, C.; MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T.; PIMENTEL, M. F.; PASQUINIE, C.; CASIRAGHIA, E. Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Talanta**, v. 165, p. 112–116. 2017.

MANFROI, V. Parte II - Enologia. In: GIOVANNINI, E. MANFROI, V. Viticultura e enologia: Elaboração dos grandes vinhos nos terroirs brasileiros. 360p. Bento Gonçalves: IFRS, 2009.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: Tecnologia de Produção, Pós-colheita, Congelamento, Exportação, Mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 397 p, 2003.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science & Technology**, 52, 1-15. 2016.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; FOLEGATTI, M.I.S.; OLIVEIRA, J.R.P.; OLIVEIRA, J.A.B.; SANTOS, D.B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2011.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. Sensory evaluation techniques. 4.ed. **Boca Raton: CRC Press**, 2006. 448 p.

MENDONÇA, J. K. A.; FONTANA, T. C. Variação da concentração de vitamina C em sucos de laranja armazenados com diferentes condições de luminosidade e temperatura. **Revista Thema**, v. 19, n. 1, P. 95-106, 2021.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MILLER, N.J.; DIPLOCK, A.T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M.J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, v.84, p.407- 412. 1993.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba (PR), v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

MUSSER, R.S.; LEMOS, M.A.; LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LEDERMAN, I.E.; SANTOS, V.F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24, pp. 556-561. 2004.

NASCIMENTO, E. M., RODRIGUES, F. F., COSTA, W. D., TEIXEIRA, R. N., BOLIGON, A. A., SOUSA, E. O., ... & da Costa, J. G. M. HPLC and in vitro evaluation of antioxidant properties of fruit from *Malpighia glabra* (Malpighiaceae) at different stages of maturation. **Food and chemical toxicology**, v. 119, p. 457-463, 2018.

NASCIMENTO, P., SILVA, D., FERREIRA, M., RIBEIRO, B., & de FREITAS, S. T. Tecnologia pós-colheita para acerolas da variedade Junco. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO**, 11., 2016, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016.

NAVARRÉ, C. L' Oenologie. Paris: Lavoisier.322p, 1991.

NATIVIDADE, M. M. P.; PEREIRA, G. E.; CORREIA, L. C.; SOUZA, S. V. C.; LIMA, L. C. O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: Method

validation and characterization of São Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, v. 110, p. 665-674, 2013.

NETO, T. A. B.; SILVA, M. E.; SOLVA, W. B.; SWARNAKAR, R.; HONORATO, F. L. Cinética e caracterização físico-química do fermentado do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale*L.). **Química Nova**. v. 29, n. 3, p. 489-492, 2006.

NETO, J. C.; RABELO, M.C.; BERTINI, C.H.C.M.; MARQUES, G.V.; MIRANDA, M.R.A. Caracterização agrônômica e potencial antioxidante de frutos de clones de aceroleira. **Revista Ciência Agrônômica**, 43, pp. 713-721. (2012).

NEVES, L. C., TOSIN, J. M., BENEDETTE, R. M., CISNEROS-ZEVALLOS, L. Post-harvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, v. 174, p. 188-196, 2015.

NEVES, N. ANDRADE. DE.; STRINGHETA, P.C.; GARCÍA-ROMERO, E. GÓMEZ-ALONSO, S. Elaboração e caracterização de fermentado alcoólico de jaboticaba (*Plinia jaboticaba*) produzido artesanalmente. **Research, Society and Development**, 10(4), pp.e3010413799-e3010413799. 2021.

OLIVEIRA, L. A.; LORDELO, F. dos S.; TAVARES, J. T. Q.; CAZETTA, M. L. Preparation of fermented beverage using residual syrup of osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus* L.). **Revista brasileira de tecnologia agroindustrial**, Ponta Grossa (PR), v. 6, n. 1, p. 702-712, 2012.

OUGH, C. S.; AMERINE, M. A. *Methods for Analysis of Musts and Wines*, 2<sup>o</sup>ed. New York: John Wiley & Sons. 377p, 1988.

PADILHA, CARLA VALÉRIA DA SILVA. **Perfil químico, sensorial e aceitação de vinhos tropicais do Vale do Submédio São Francisco**. / Carla Valéria da Silva Padilha. - Juazeiro, 2014. 195 n. fls. il. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Campus III, 2014

PADILHA, C.V.; BIASOTO, A. C. T.; CORRÊA, L. C.; SANTOS, L. M.; PEREIRA, G. E. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. **Journal of Food Biochemistry**. 41(3), p.e 12346. Jun, 2017.

PATHARE, P. B; OPARA, U. L; AL-SAID, F. A-J. Colour measurement and analysis in fresh

and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, v. 6, p. 36–60, 2013.

PIO, R. **O cultivo da acerola**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, 28p. (Série produtor rural, nº20), 2003.

PRAKASH, A.; PRABHUDEV, S. H.; VIJAYALAKSHMI, M. R.; PRAKASH, M.; BASKARAN, R. Implication of processing and differential blending on quality characteristics in nutritionally enriched ketchup (Nutri-Ketchup) from acerola and tomato. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 8, p. 3175-3185, 2016.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

RECAMALES, A. F.; GALLO, V.; HERNANZ, D.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. Effect of Time and Storage Conditions on Major Volatile Compounds of Zalema White Wine. **Journal of Food Quality**, v.34, p.100–110, 2010.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**. v 260, 2020.

RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. Handbook of Enology, volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments. **John Wiley & Sons**; 2005.

RIBÉREAU – GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. Tratado de Enologia- Microbiologia del vino vinificaciones. Editorial Emisfério Sur, Buenos Aires, vol. 1, pág 655. 2003.

RIGHETTO, A. M.; NETTO, F. M.; CARRARO, F. Chemical composition and antioxidant activity of juices from mature and immature acerola (*Malpighia emarginata* DC). **Food science and technology international**, v. 11, n. 4, p. 315-321, 2005.

RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. A cultura da aceroleira. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 2003. P 198.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. In: SANTOS-SEREJO, J. A. dos; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 2009. p. 59-82.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Acidez na vinificacao em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. *Ciência Rural*.32(3):511-5. 2002.

ROSSI, J. A.; SINGLETON, V. L. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, 16, 144-158, 1965.

ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, 38, 1073–1077. 2005.

ROSSO, V. V.; HILLEBRAND, S.; MONTILLA, E. C.; BOBBI, F. O.; WINTERHALTER, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 291–299. 2008.

RUFINO, M. DO S.M., R.E. ALVES, E.S. DE BRITO, J. PÉREZ-JIMÉNEZ, F.D. SAURACALIXTO; J. MANCINI-FILHO. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p.996–1002. 2010.

RUPASINGHE, H. & YU, L.J. Emerging preservation methods for fruit juices and beverages. **Food additive**, p. 65-82, 2012.

SACCHI, K. L.; BISSON, L. F.; ADAMS, D. O. A. Review of the Effect of Winemaking Techniques on Phenolic Extraction in Red Wines. **American Journal of Enology and Viticulture** 56, 197–206. 2005.

SANDHU, D.K.; JOSHI, V.K. Technology, quality and scope of fruit wines especially apple beverages. **Indian food industry**, Índia, v. 14, n. 1, p. 24 - 34, 1995.

SANTOS, D. T.; CAVALCANTI, R. N.; ROSTAGNO, M. A.; QUEIROGA, C. L.; EBERLIN, M. N.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of polyphenols and anthocyanins from the jambul (*Syzygium cumini*) fruit peels. **Food and Public Health**, 3(1), p. 12-20, 2013.

SANTOS, R.T.S. ; BIASOTO, A.C.T. ; RYBKA, A.C.P. ; CASTRO, C.D.P.C. ; AIDAR, S.T.; BORGES, G.C. ; SILVA, F.L.H. Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 148, p. 111714, 2021.

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, 18, pp. 551-559, 2005.

SEGTOWICK, E. C. S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical and sensorial evaluation of a fermented West Indian cherry beverage. **Braz. J. Food Technol**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 147-154, 2013.

SILVA, M. J. R. D.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; BRUNELLI, L. T., IMAIZUMI, V. M.; VENTURINI, W. G. Composição físico-química do mosto e do vinho branco de cultivares de videiras em resposta a porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1105-1113, 2015.

SILVA, J. K. DA.; CAZARIN, C. B. B.; CORREA, L. C.; BATISTA, Â. G.; FURLAN, C. P. B.; BIASOTO, A. C. T.; Pereira, G. E.; Camargo, A. C.; Marostica Junior, M. R. Bioactive compounds of juices from two Brazilian grape cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 6, p. 1990-1996, 2016.

SILVA P. B.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. Dehydration of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) residue in a new designed rotary dryer: Effect of process variables on main bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, pp. 62-70, 2016.

SILVA, I. S., SANTOS, R. G. DE B., NOGUEIRA, E. T., BARROS, A. P. A., & BIASOTO, A. C. T. Influência do uso de chip de carvalho francês na composição físico-química e colorimétrica de vinho tinto da cultivar Syrah. **Research, Society and Development**, 9(12), e374912111111. 2020.

SILVA, N. C. DA., DE BARROS-ALEXANDRINO, T. T., ASSIS, O. B. G., & Martelli-Tosi, M. Extraction of phenolic compounds from acerola by-products using chitosan solution, encapsulation and application in extending the shelf-life of guava. **Food Chemistry**, v. 354, p. 129553, 2021.

SILVA, P.B.; DUARTE, C.R.; BARROZO, M.A.S. Dehydration of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) residue in a new designed rotary dryer: Effect of process variables on main bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**, 98, pp. 62-70, 2016.

SOUZA, F. F.; DEON, J. M. C. C.; LIMA, M. A. C.; RYBKA, A. C. P.; FREITAS, S. T. Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.

STONE, H.S.; SIDEL, J.L.; OLIVER, S.; WOOSLEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n.11, p. 24-34, 1974.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. **Madrid: Paz Montalvo**, 1967. 428p.

VALE COSTA, R. T. R. DO., DA SILVA, J. L., DO NASCIMENTO, A. M., & SOUTO, M. V. Cinética de produção de bebida mista de mel de abelha e morango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 90-94, 2017.

VALIM, F. D. P.; AGUIAR-OLIVEIRA, E.; KAMIMURA, E. S.; ALVES, V. D.; MALDONADO, R. R. Production of Star Fruit Alcoholic Fermented Beverage. **Indian journal of microbiology**, 56(4), 476-481. 2016.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal of Brazilian Chemical Society**, 15, 664–668. 2004.

VILLANUEVA, M.A.A.P. Da Silva Comparative performance of the nine-point hedonic, hybrid and self-adjusting scales in the generation of internal preference maps. **Food Quality and Preference**, 20, pp. 1-12. 2009.

WATERHOUSE, A. L.; SACKS, G. L.; JEFFERY, D. W. **Understanding wine chemistry**. John Wiley & Sons, 2016.

WU, D; SUN, D-W. Colour measurements by computer vision for food quality control za review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, p. 5-20, 2013.