



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUCILIANO MOREIRA DA COSTA CARDOSO

**PROPOSTA DE SCALE - UP DE PROCESSO PRODUTIVO DE POLPA DE
ACEROLA CONGELADA EM UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA DE
MARANGUAPE - CE**

FORTALEZA

2022

LUCILIANO MOREIRA DA COSTA CARDOSO

PROPOSTA DE SCALE - UP DE PROCESSO PRODUTIVO DE POLPA DE ACEROLA
CONGELADA EM UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA DE MARANGUAPE - CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C264p Cardoso, Luciliano Moreira da Costa.
Proposta de scale-up de processo produtivo de polpa de acerola congelada em uma cooperativa agrícola de Maranguape - CE / Luciliano Moreira da Costa Cardoso. – 2022.
56 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França.
1. Cooperativa Agrícola. 2. Polpa de acerola congelada. 3. Scale-up. 4. Equipamentos. 5. Dimensionamento de câmara. I. Título.

CDD 664

LUCILIANO MOREIRA DA COSTA CARDOSO

PROPOSTA DE SCALE - UP DE PROCESSO PRODUTIVO DE POLPA DE ACEROLA
CONGELADA EM UMA COOPERATIVA AGRÍCOLA DE MARANGUAPE - CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: / / .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ítalo Waldimiro Lima de França (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rafael Audino Zambelli
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Nédio Jair Wurlitzer
Embrapa Agroindústria Tropical

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Luciano e Paulina, por serem meus heróis e meus maiores exemplos, além de estarem sempre comigo.

Ao meu orientador, prof. Dr. Ítalo Waldimiro, pelo desafio aceito. Gratidão pela paciência, disponibilidade e dedicação.

Ao Prof. Dr. Rafael Zambelli e Prof. Dr. Nédio Wurlitzer por aceitarem o convite de comporem a banca examinadora. Agradecimento, em especial, ao segundo pelos ensinamentos e dedicação desde a época como meu orientador na Embrapa.

À Universidade Federal do Ceará pelo suporte e oportunidades oferecidas, às quais me empenhei durante algum tempo, como bolsista em laboratórios, membro do Centro Acadêmico XVIO e do NUPGAM, pelo SIMCEALI, semanas de cursos, Encontros Universitários, Pré-Agrárias NuLi, pelos esportes entre outras atividades oferecidas.

Aos meus irmãos, Lucinara e Lucian, por todo apoio e companheirismo.

À minha namorada e melhor amiga, Lyvia, pelo apoio e compreensão durante todo esse tempo. Obrigado por todas as dicas e ajuda.

Aos meus colegas e amigos universitários que fizeram e os que ainda fazem parte de minha jornada. Em especial Wane, Rebeca, Carlos, Carol, Gabriela, João Vithor, Amanda, Karynna, Júnior, Ivana, Letícia e Leone.

Aos meus amigos e também universitários de Maranguape, juntos comigo praticamente desde o início. Em especial Marcos, Emerson, Pablio e Yago.

A todos os servidores da universidade pelo auxílio, principalmente os professores que transmitiram seus conhecimentos para o desenvolvimento e formação de um profissional mais capacitado. Muito obrigado a todos.

Por fim, a todos que de alguma forma fizeram parte de algum momento em minha vida.

RESUMO

O modelo cooperativista, desde os seus primórdios no século XVII, refere-se a um grupo de pessoas em uma espécie de sociedade com o intuito de estabelecer organização econômica e equilíbrio entre os interesses em comum. As cooperativas agrícolas se baseiam na visibilidade dos produtores rurais, sendo uma extensão entre o campo e o mercado. Dentre os diversos cultivos existentes em solo cearense, a acerola é um dos destaques. A existência de uma cooperativa agrícola no interior de uma cidade, ou seja, distante do centro, traz benefícios para os produtores locais, principalmente quando há uma unidade de processamento de frutas. Boa parte dessas unidades processadoras existentes carecem de equipamentos adequados, uma estrutura regular para toda organização dos processos e um controle técnico de garantia da qualidade, além de uma limitação quanto ao volume produzido. Tendo em vista essa situação, o presente trabalho teve como objetivo realizar melhorias no processo de produção de polpa de acerola congelada em uma cooperativa agrícola localizada na cidade de Maranguape – CE, ampliando sua capacidade de produção por meio de uma proposta de *scale-up*. No desenvolvimento deste trabalho, elaborou-se o balanço de massa para uma maior escala produtiva, a viabilização da renovação dos equipamentos e o fluxograma de processos, além do dimensionamento de duas câmaras frigoríficas. Um processo produtivo foi elaborado para que a produção diária de polpa de acerola pura congelada atendesse a uma demanda de 400 kg de acerola in natura, representando o quádruplo da média atual da cooperativa, tendo o recebimento diário da fruta em temperatura ambiente, à 33°C e a possibilidade de seu armazenamento em uma câmara de refrigeração, com temperatura de 5°C. O processo de produção das polpas, por meio de equipamentos adequados à demanda do planejamento, terminaria no acondicionamento das mesmas em uma câmara de armazenamento congelada, com temperatura de -20°C, sendo todas essas melhorias propostas com base num uso futuro para outros produtos trabalhados pela própria cooperativa. A proposta mostrou-se viável nos pontos de vista estrutural, logístico e objetivo, devido aos processos a serem realizados, localização e demanda.

Palavras-chave: cooperativa agrícola; polpa de acerola congelada; scale-up; equipamentos; dimensionamento de câmara.

ABSTRACT

The cooperative model, since its beginnings in the 17th century, resigns a group of people in a kind of society to establish economic organization and balance between common interests. Agricultural cooperatives are based on the visibility of rural producers, being an extension between the field and the market. Among the diverse current crops in Ceará soil, acerola is one of the most relevant. The existence of an agricultural cooperative within a city brings benefits to local producers, especially when there is a fruit processing unit. Many of these existing processing units lack adequate equipment, a regular structure for the entire organization of the processes, and a technical quality assurance control, in addition to a limitation on the volume produced. Given this situation, the present work aimed to make improvements in the production process of frozen acerola pulp in an agricultural cooperative located in the city of Maranguape - CE, expanding its production capacity through a scale-up proposal. In the development of this work, the mass balance was elaborated for a larger production scale, the feasibility of the renovation of the equipment, and the process flowchart, in addition to the scaling of two cold chambers. A production process was designed so that the daily production of pure frozen acerola pulp would meet the demand of 400 kg of fresh acerola, representing four times the current average of the cooperative, with the daily receipt of the fruit at room temperature, at 33°C and the possibility of its storage in a refrigeration chamber, with a temperature of 5°C. The pulp production process, using equipment suited to the planning demand, would end up in the packaging of the pulp in a frozen storage chamber, with a temperature of -20°C, all these improvements being proposed based on a future use for other products worked on by the same cooperative. The proposal proved to be viable from a structural, logistical and objective point of view, due to the processes to be carried out, the location and demand.

Keywords: agricultural cooperative; frozen acerola pulp; scale-up; equipment; cold chamber scaling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acerolas em diversos períodos de maturação	16
Figura 2 – Foto via satélite do terreno onde se localiza a Cooperativa	28
Figura 3 – Fluxograma de produção da polpa de acerola congelada.....	30
Figura 4 – Balanço de massa no processo de produção da polpa de acerola.....	31
Figura 5 – Balança eletrônica Toledo modelo 2124.....	32
Figura 6 – Máquina de lavagem e sanitização das frutas	33
Figura 7 – Despolpadeira Max Machine MDP - 500	34
Figura 8 – Máquina embaladora com tanque receptor acoplado Max Machine.....	35
Figura 9 – Diagrama mostrando o processo produtivo polpa de acerola	36
Figura 10 – Unidade condensadora Optyma Danfoss HBZ255D49E.....	47
Figura 11– Válvula de expansão termostática TS2	47
Figura 12 – Evaporador DU DeltaFrio	48
Figura 13 – Unidade condensadora Elgin dual-trial	49
Figura 14– Válvula de expansão termométrica Danfoss	49
Figura 15– Evaporador DFUX DeltaFrio.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões das duas câmaras	37
Tabela 2 – Quadro Resumo das cargas térmicas	37
Tabela 3 – Legenda do processo produtivo de acerola	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Cooperativismo: Origens e história.....	13
2.2	Cooperativismo no Brasil.....	14
2.3	Acerola: Origens e história.....	15
2.4	Produção de acerola.....	17
2.5	Polpa de frutas congeladas.....	18
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Visita.....	19
3.2	Balanco de massa.....	20
3.3	Fluxogramas.....	20
3.4	Dimensionamento e seleção de equipamentos.....	21
3.5	Dimensionamento das câmaras.....	21
3.5.1	<i>Isolante Térmico.....</i>	21
3.5.2	<i>Carga Térmica.....</i>	22
3.5.2.1	<i>Carga Térmica em virtude da transmissão de calor por parede, teto e piso.....</i>	22
3.5.2.2	<i>Carga Térmica em virtude de infiltração.....</i>	23
3.5.2.3	<i>Carga Térmica em virtude do resfriamento do produto.....</i>	23
3.5.2.4	<i>Carga Térmica em virtude da respiração do fruto.....</i>	24

3.5.2.5	<i>Carga Térmica em virtude da circulação de pessoas.....</i>	24
3.5.2.6	<i>Carga Térmica em virtude de iluminação ambiente.....</i>	25
3.5.2.7	<i>Carga Térmica em virtude de motores.....</i>	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1	Visita.....	27
4.2	Processo produtivo.....	27
4.3	Balanço de massa.....	29
4.4	Escolha e dimensionamento dos equipamentos e acessórios.....	31
4.4.1	<i>Balança.....</i>	31
4.4.2	<i>Equipamento para lavagem das frutas.....</i>	32
4.4.3	<i>Despolpadeira.....</i>	33
4.4.4	<i>Embaladora.....</i>	34
4.4.5	<i>Tubulação e outros acessórios.....</i>	35
4.5	Diagrama de processos.....	35
4.6	Dimensionamento das câmaras.....	37
4.6.1	<i>Câmara de refrigeração.....</i>	38
4.6.1.1	<i>Transmissão de calor por paredes, teto e piso.....</i>	38
4.6.1.2	<i>Transmissão de calor por infiltração.....</i>	40
4.6.1.3	<i>Transmissão de calor pelo resfriamento do produto.....</i>	40
4.6.1.4	<i>Transmissão de calor pela respiração da fruta.....</i>	40

4.6.1.5	<i>Transmissão de calor pela circulação de pessoas</i>	41
4.6.1.6	<i>Transmissão de calor pela iluminação</i>	41
4.6.1.7	<i>Transmissão de calor pelos motores</i>	41
4.6.1.8	<i>Calor Final</i>	42
4.6.2	Câmara congelada	42
4.6.2.1	<i>Transmissão de calor por paredes, teto e piso</i>	43
4.6.2.2	<i>Transmissão de calor por infiltração</i>	44
4.6.2.3	<i>Transmissão de calor pelo resfriamento do produto</i>	44
4.6.2.4	<i>Transmissão de calor pela respiração da fruta</i>	44
4.6.2.5	<i>Transmissão de calor pela circulação de pessoas</i>	44
4.6.2.6	<i>Transmissão de calor pela iluminação</i>	45
4.6.2.7	<i>Transmissão de calor pelos motores</i>	45
4.6.2.8	<i>Calor Final</i>	45
4.6.3	Ajuste na carga térmica final e quadro resumo	45
4.6.4	Escolha dos componentes das câmaras	46
4.6.4.1	<i>Câmara refrigerada</i>	46
4.6.4.2	<i>Câmara congelada</i>	48
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

As cooperativas agropecuárias são associações voluntárias organizadas pela união de produtores rurais com o intuito de aumentar o faturamento do grupo como um todo, conforme objetivos compartilhados, e gerar benefícios respectivos, como visibilidade de seus produtos, experiência, negociação quanto a necessidades e visão, acesso e atendimento ao mercado. Desde o início, com o cultivo, até a comercialização dos produtos, esse modelo cooperativista é designado pelos auxílios aos membros (FURLAN; ANGNES; MOROZINI, 2018; NEVES; CASTRO; FREITAS, 2019; VEDANA *et al.*, 2021).

Dos mais variados produtos, as cooperativas agrícolas tem um impacto grande na economia nacional devido às suas vantagens e implicações de adesão voluntária, que correspondem aproximadamente a 41% do Valor Bruto da Produção (VBP) agropecuária, de acordo com o último Censo Agropecuário (IBGE, 2016) e desde 2004 vem crescendo mais ainda em número de associações pelo país (BELIK, 2015; NEVES; CASTRO; FREITAS, 2019).

A acerola (*Malpighia emarginata*) é um fruto nativo da América Central e região norte da América do Sul, tendo sido cultivado por diversos povos devido aos inúmeros benefícios, mas com um número reduzido de países que cultivam de forma comercial. No Brasil, a acerola tem o seu cultivo focado principalmente na região Nordeste e safra o ano inteiro, fazendo com que o país se sobressaia no contexto mundial, alcançando posto de maior consumidor, produtor e exportador da fruta. Atualmente, cerca de 44% do cultivo de acerola no país são procedentes de pequenas propriedades, com área entre 1,0 e 5,0 hectares. Estima-se que para cada R\$ 1,00 investido na acerola, o retorno seja de R\$ 1,36, o que torna uma opção atrativa (IBGE, 2016; NUNES, 2020), para fins de investimento.

Um dos meios de beneficiamento da fruta é através do aproveitamento industrial, como na produção de sucos e da polpa congelada. O processo de fabricação da polpa de fruta congelada requer equipamentos adequados, organização e uma demanda de produção, além de um núcleo de fornecedores contínuos da fruta in natura para suprir tais demandas. Por isso, a existência de uma cooperativa agrícola pode suprir todas essas necessidades (FREITAS *et al.*, 2014; MACIEL *et al.*, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2002; PONTES, 2021).

A conservação da fruta *in natura* e da polpa congelada requer ambientes adequados, que não causem formação de cristais de gelo ao fruto e o escurecimento da polpa, além de outros problemas estruturais. Por isso, as câmaras frigoríficas devem ser adequadas e corretamente dimensionadas, tendo atenção com seus limites de capacidade e potência da unidade refrigeradora.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo adequar a produção de polpa de acerola congelada referente a uma unidade processadora de frutas de uma cooperativa agrícola situada na região metropolitana de Fortaleza, no interior da cidade de Maranguape - CE, projetando o fluxograma de processos, a renovação dos maquinários, otimização dos procedimentos e os dimensionamentos de uma câmara de refrigeração e de uma câmara de congelados, estendendo a produção diária de polpas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cooperativismo: Origens e história

As bases de ações conjuntas, com atividades coletivas e em prol social, são relatadas desde o período da Idade Antiga por gregos, espartanos, romanos e essênios, passando pela Idade Média até os tempos modernos (KLAES, 2005).

O termo “cooperar” vem do latim (*cooperari*) e pode ser traduzido como “trabalhar com outro/alguém”. Desse modo, podem surgir divergências quanto aos termos cooperação e cooperativismo, visto que o primeiro simboliza uma espécie de ação agregada e síncrona com base em um objetivo conjunto, e o outro corresponde a um modelo ideológico ou doutrina que se utiliza da cooperação para promover uma ambientação social para um determinado grupo, com seus vieses coletivos (COSTA, 2007).

O modelo cooperativista, com base na construção de um grupo de serviços integrais, benéficos e mútuos, remota dos primórdios do século XVII na Europa, com as missões jesuíticas que se estabeleceram no Brasil e em áreas da América Latina, dispondo de trabalho coletivo e solidário em prol dos indivíduos inseridos (GONÇALVES, 2015). Essas missões mantiveram-se ativas por mais de 150 anos até seus declínios, com a expulsão dos jesuítas, em 1767, na chamada Republica dos Guaranis (KLAES, 2005).

Não obstante, outros grupos de trabalhadores ao redor da Europa, em meados do século XVIII, também idealizaram princípios de cooperativas, tendo pensamentos convergentes quanto aos objetivos no coletivo. Exemplos desses grupos foram as cooperativas inglesas de trabalhadores do estaleiro de Woolwinch Chatham e de consumo Oldhan Co-operative Supply Company, além da cooperativa escocesa de consumo de tecelões de Fenwich, em 1760, 1795 e 1769, respectivamente (PRESTES, 2015).

Tal modelo cooperativista é subtendido como um dos precursores do cooperativismo inglês, idealizado e formalizado na metade do século XIX por um grupo de tecelões da cidade de Manchester, na Inglaterra, cujo objetivo foi de estabelecer associação para crescimento econômico dos membros, rente as más condições trabalhistas no período, padronizando normas e princípios. Essa organização foi uma alternativa que beneficiou os artesãos da época, sendo um ponto positivo principalmente para os trabalhadores mais desfavorecidos, por conta da desigualdade socioeconômica (GONÇALVES, 2015). Estes princípios e condutas são considerados como a base do cooperativismo até hoje.

Muitos desses ideais foram revolucionários e de extrema importância, fundamentais para a criação, em 1895, da organização cooperativa não governamental mais antiga do mundo ainda em atividade, a Aliança Cooperativa Internacional (ACI). Essa organização é tida uma união cooperativa e tem o intuito de servir e representar as ações e instituições cooperativas mundiais, representando mais de 100 países e aproximadamente 230 instituições, o que corresponde a mais de 1 bilhão de pessoas. Esses números são representativos de 12% da população atual, conforme dados da própria ACI. Ela é representada em 8 segmentos, desde agropecuária, pescadores até consumo e financeiro.

O cooperativismo hoje pode ser entendido como um movimento socioeconômico que tem por objetivos primordiais as promoções do bem-estar do indivíduo como representante do grupo e o seu desenvolvimento financeiro, atendendo por meio de reuniões e contatos reais as demandas coletivas, priorizando a prosperidade conjunta ao invés de apenas capital (SILVA; ABRANTES; OLIVEIRA, 2012). Em outras palavras, segundo Gonçalves (2015), o objetivo geral não é pautado no conjunto das pessoas em si, mas no indivíduo como parte integrante desse conjunto

2.2 Cooperativismo no Brasil

Ao final do século XX, diversos tipos de cooperativas poderiam ser encontrados na América Latina. No Brasil, por exemplo, cooperativas de créditos e poupança, de consumo e principalmente cooperativas agropecuárias (KLAES, 2005).

A lei que define a Política Nacional de cooperativismo foi instituída em 1971, pela Lei 5764/1971. Na história nacional, a questão do cooperativismo esteve, por um período, perante o controle do estado, regulamentada pelo Conselho Nacional de Cooperativismo (CNC). Havia também, em partes, o laudo fiscal realizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), responsável direta pela execução inicial e no andamento do funcionamento das cooperativas na época.

Nos confins do século XX, mais precisamente a partir da década de 90, os projetos de reconstrução produtiva nacionais foram estimulados pela questão dos serviços produtivos agropecuários, e toda a cadeia logística correlacionada, com a busca pelo aperfeiçoamento da competitividade entre o setor, acompanhado pelo crescimento econômico e tecnológico pelas nuances da era da globalização (VENDRAME, 2015). É dentro deste momento que o cooperativismo agrícola se torna um dos pilares da movimentação produtiva nacional, com base em modelos agroindustriais (PELEGRINI; SHIKI; SHIKI, 2015).

No país, o sistema de cooperativismo agropecuário é um dos que mais crescem. Segundo o último Censo Agropecuário, de 2006, esse sistema representava 48% do total produzido do país. Recentemente, segundo dados da OCB, o mesmo sistema já é responsável por 54%. Do ano de 2019 para 2020, o faturamento das cooperativas agropecuárias obteve um crescimento de aproximadamente 30,5%, chegando a R\$ 239,2 bilhões, apresentando lucro R\$ de 9,6 bilhões (crescimento de incríveis 74,5%). Mesmo com a pandemia, o número de cooperados passou de 427,5 mil, em 2019, para 455 mil em 2020. Outros dados revelam que o sistema cooperativista agropecuário é responsável pela geração de quase 189 mil empregos diretos, nas mais de 1500 cooperativas de produção agropecuárias que se tem conhecimento, tendo mais de um milhão de associados.

Um dos maiores desafios do sistema cooperativista é se estabilizar frente a mercados voláteis/instáveis. Como solução principal, a capacitação e profissionalização dos cooperados é a principal estratégia para manter o ritmo e se desenvolver, com base nas qualidades da gestão cooperativa e de produtos, na competitividade dos preços e na questão da exportação.

No Brasil, no entanto, as cooperativas agropecuárias, mesmo após políticas de desenvolvimento, são condicionadas por características negativas, como baixa escolaridade, certa dependência econômica (relativamente alta), presença de baixa rentabilidade por parte de muitos associados sobre patrimônios, além de um excessivo número de integrantes (CARVALHO; NETO, 2007).

Mesmo com todas essas dificuldades, dados do Relatório de Atividades da OCB mais recente, de 2020 são positivos. Por exemplo, das 300 maiores cooperativas do mundo, 6 são do Brasil e 94 municípios, em 19 estados, apresentam cooperativas consideradas “internacionalizadas”, ou seja, que têm vínculo/contato com outros países (exportação).

2.3 Acerola: Origens e história

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), conhecida também como cereja das Antilhas ou cereja de Barbados, é um fruto da família Malpighaceae, cuja as origens, não muito concretas, remontam a diversos lugares do continente americano, como sul do México, norte da América do Sul e América Central. É um fruto carnoso do tipo drupa, cujas três sementes chegam a representar até 25% do peso (RITZINGER; RITZINGER, 2011; SOUZA, 2011).

No Brasil, a acerola foi introduzida no estado de Pernambuco, nos anos 50, por estudos disseminados pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), tendo como pioneira a professora e engenheira agrônoma Maria Celene de Almeda (SHINOHARA et al., 2019).

O fruto da aceroleira tem em média um diâmetro entre 1 e 3 cm e entre 3 e 16 g, apresentando espécies com características sensoriais variantes, desde frutos ácidos a adocicados (CAETANO; DAIUTO; VIEITES, 2011; MACIEL et al., 2010; RUFINI et al., 2021). A árvore pode chegar até 3 metros, dependendo do cultivar e das condições diretas do ambiente, como composição do solo, umidade, temperatura, exposição solar, entre outras (FREITAS et al., 2014; MOHAMMED, 2011; RUFINI et al., 2021). A sua coloração e tamanho são bastante variáveis durante o ciclo, tendo uma cor externa mais avermelhada, tendendo ao arroxeado, quando maduros e com uma polpa alaranjada como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Acerolas em diversos períodos de maturação



Fonte: Nunes, 2020

A acerola pode ser descrita, segundo Carrington e King (2002), como um fruto climatérico com alto pico da taxa respiratória, mas com baixa taxa de pico da produção de etileno. Sendo um fruto climatérico, possui ainda uma curta vida pós – colheita, caracterizada por uma alta atividade respiratória após 3 dias da colheita, tendo seu pico nesse momento (RIBEIRO, 2017). Ela é proveniente de zonas com clima tropical ou subtropical e tem como característica mais marcante a elevada concentração de vitamina C (BRUNINI *et al.*, 2004). Além disso, também apresenta riqueza nos teores de vitamina A, vitaminas do complexo B, como riboflavina, tiamina e niacina, além de carotenoides e antocianinas, sendo esses os principais responsáveis pela coloração característica da fruta em seu estágio de maturação avançado, o entre o amarelo e vermelho mais intenso (CARRINGTON; KING, 2002; CHIM; ZAMBLIAZI; RODRIGUES, 2013; LOPES, 2005).

A importância nutricional da acerola combinado com a demanda dos consumidores (hábitos saudáveis) e suas características de plantio, que tornam o cultivo mais simples, corroboram para que sua cultura esteja presente em tantos locais (MEZADRI *et al.*, 2006; VISENTAINER *et al.*, 1997).

2.4 Produção e Processamento de Acerola

Atualmente, existem mais de 40 variedades de acerola cultivadas no Brasil, dentre as mais comuns, como a Ruby, e as desenvolvidas através de estudos por meio da melhoria genética, sempre buscando adequação frente as demandas do mercado/consumidores (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2002).

O cultivo da acerola pode ser encontrado em toda a extensão do país. O Brasil, por si só, de acordo com os dados do último Censo Agropecuário (2017), realizado pelo IBGE, possui cerca de 6.646 propriedades rurais com mais de 50 pés plantados, distribuídos em aproximadamente 5.753 hectares. A produção nesse mesmo ano foi de quase 70 mil toneladas de acerola, gerando cerca de R\$ 91,642 milhões, tudo isso com aproximadamente 3,588 milhões de pés plantados em todo território.

Quanto aos estados, três dos que mais se destacam são da região Nordeste, com 21.351 toneladas, 7.578 toneladas e 5.427 toneladas, respectivamente, Pernambuco, Ceará e Sergipe, chegando a serem responsáveis por pouco mais de 70,6% da produção nacional. Boa parte da produção brasileira tem como destino a exportação para países como Japão e EUA, além de parte do continente europeu, tendo o Japão, inclusive, como primeiro país a visualizar interesse na acerola como commodity (BARBOZA; TAVARES; MELO, 1996). O restante tem como destino o mercado interno que, inclusive, tem se mostrado bastante favorável com o aumento do consumo (NUNES, 2020).

Tomando como exemplo, a cidade de Maranguape, segundo Nunes (2020), possui a maior produção de acerola do estado do Ceará, com 2.131 toneladas, seguido de municípios como Ubajara e Tianguá. No estado do Ceará e no Brasil como um todo, a produção de acerola vem crescendo devido a demanda do mercado, sendo que as projeções indicam que esse crescimento se acentuará com o passar dos anos (FREITAS *et al.*, 2014; NUNES, 2020).

O fato da acerola ser um fruto que, por si só, representa sensibilidade à manutenção de sua qualidade e com uma certa perecibilidade pós-colheita, chegando até, segundo Alves (2003) a 40% de perdas pós-colheita, requer estratégias de conservação e comercialização de seus produtos, o que leva a demanda por abundância de opções para o mercado consumidor (TAVARES *et al.*, 1998). Além do mais, devido seu tamanho e aspectos, o consumo in natura se torna mais limitado, tendo as geleias, polpas, licores e sucos como opções mais comuns (MARQUES, 2008). Dentre essas estratégias de processamento, a polpa de fruta congelada é uma das mais comuns.

As acerolas costumam ser processadas por inteiras, devido seus pequenos tamanhos, rendimento e as dificuldades em serem retiradas seus caroços. Porém, no despulpamento, é possível se retirar os resíduos presentes que possam vir a causar alterações indesejadas no sabor e cor, por exemplo, fazendo com que seja um dos melhores meios para se processar a fruta (CASTRO *et al.*, 2015; TAVARES *et al.*, 1998).

2.5 Polpas de frutas congeladas

De acordo com dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS) e da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas de China e Índia. São cerca de 2,5 milhões de hectares cultivados, com uma produção de 58 milhões de toneladas, representando 5,4% do geral, e uma estimativa de produção de até 33 milhões de reais em valores brutos. A exportação de frutas no país no ano de 2020 alcançou a margem de 3 bilhões de dólares, tendo países como Estados Unidos e Holanda como principais destinos (TRINDADE, 2014).

A produção das polpas de frutas congeladas é uma ótima opção no que se refere a utilização de produtos elaborados a partir das frutas na alimentação, agregando valor ao mesmo, e representa uma excelente alternativa como meio tecnológico de transformação e conservação da fruta (CASTRO *et al.*, 2015). Além disso, o comércio de polpa de frutas congeladas tem sido uma atividade bastante rentável em razão à crescente demanda populacional por uma alimentação mais rápida, prática, nutritiva e que colabora na redução do desperdício e prejuízo da fruta in natura (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

As polpas podem ser direcionadas tanto para o consumo doméstico quanto para revenda em estabelecimentos alimentícios, como restaurantes e lanchonetes, além da opção industrial, na elaboração de produtos como iogurtes e sorvetes (KEPLER; FAIR, 1999; URBANO et al., 2012). Outro ponto importante se refere a questão da sazonalidade, posto que as polpas podem ser elaboradas no período da safra e disponíveis no período oposto, de entressafra (CASTRO et al., 2015).

Segundo a Instrução Normativa 01, de 07 de janeiro de 2000, define-se polpa de fruta como o produto proveniente da parte comestível de frutos polposos, através de processos tecnológicos adequados, não fermentado, não concentrado, não diluído e com um teor mínimo de sólidos totais estabelecidos (BRASIL, 2000).

3 METODOLOGIA

No decorrer deste tópico serão descritos os pontos para elaboração do presente trabalho, desde o levantamento da problemática inicial aos meios utilizados para desenvolvimento final do projeto. O estudo teve como base a situação de uma cooperativa agrícola situada no distrito de Ladeira Grande, na cidade de Maranguape, à 27 km da capital cearense.

3.1 Visita

A visita realizada à cooperativa teve como finalidades sanar os questionamentos acerca das circunstâncias do processo produtivo de polpas de frutas congeladas, com ênfase na acerola, e entender suas condições de funcionamento. A visita ocorreu no período vespertino, atendendo todas as demandas e determinações do local e foi separada em dois momentos: no primeiro, houve uma rápida entrevista com os responsáveis e em seguida, o detalhamento solicitado da área de processamento.

A entrevista foi realizada com o presidente da cooperativa e com o responsável técnico do local. No momento, foram retiradas dúvidas por meio de questionamentos previamente elaborados com base no planejamento. Os questionamentos referiam-se as dificuldades encontradas, para fins de obtenção dos gargalos e dificuldades do processo, dados referentes a produção de polpa de acerola e recebimento de matéria prima. Além do mais, foram verificadas as dinâmicas das etapas do processo para elaboração do balanço de massa, acondicionamento de produtos, dimensionamento de duas câmaras e a caracterização e disposição dos equipamentos utilizados para o aumento da capacidade produtiva na unidade produtora de polpas congeladas.

3.2 Balanço de Massa

O balanço de massa, seja em qualquer processo produtivo, tem um papel fundamental para análise do sistema produtivo, representando de maneira clara e direta, por meio de números, o *input* e o *output*, ou seja, a relação entre a matéria prima utilizada e suas “perdas” até a última etapa com o produto final. A ideia do balanço de massa geral é detalhar todo o fluxo de matéria, levando em consideração conceitos de desperdício, otimização de processos e rendimento.

Para o balanço de massa, foi feito um estudo por meio de pesquisas e relatos de profissionais que trabalham em indústrias de polpa de frutas a respeito de dados e características comuns. As informações foram analisadas e com base em trabalhos científicos, elaborados dados proporcionais as reais dimensões da produtividade da cooperativa em estudo e do objetivo do trabalho.

Por vias numéricas, o balanço de massa geral pode ser representado pela seguinte equação:

$$\sum M_{entrada} = \sum M_{saída} \quad (1)$$

Referindo-se ao processo de produção de polpa de acerola congelada e admitindo como um processo do tipo batelada, onde toda a taxa mássica de entrada será igual a taxa mássica de saída, o balanço de massa do processo não sofrerá alterações.

3.3 Fluxogramas

Para facilitar o entendimento do processo produtivo de polpa de acerola congelada, foram idealizados alguns fluxogramas, através do software *Lucidchart*, uma plataforma especializada na montagem de gráficos, diagramas, fluxogramas e desenhos. Um dos fluxogramas representa as etapas desde o recebimento até o armazenamento da polpa, representando, também, as quantidades de frutas e produção final e o outro é um diagrama, do processo produtivo, que representa o maquinário juntamente com as bombas e os acessórios utilizados.

3.4 Dimensionamento e seleção de equipamentos

Com o intuito de renovar os equipamentos e acessórios utilizados no processo, otimizar o uso do ambiente e flexibilizar os procedimentos, foi realizado um levantamento e feita uma seleção acerca dos maquinários mais adequados a se utilizar, de acordo com a demanda de produção e os requisitos propostos no balanço de massa da polpa de acerola congelada.

3.5 Dimensionamento das câmaras

Para o enriquecimento do trabalho e para facilitar a questão do processo, foi pensado em duas câmaras para acondicionamento dos produtos, sendo uma câmara de refrigeração para as acerolas para possíveis ocasiões onde se fizesse necessário o acondicionamento das mesmas, uma vez que são processadas após o recebimento, e uma de congelamento para a polpa já produzida.

3.5.1 *Isolante Térmico*

Um ponto importante a ser levado em consideração é o isolante térmico que estará separando o ambiente da câmara ao exterior, com base nas especificações propostas. A relação existente entre a espessura a ser utilizada e a variação de temperatura (entrada do produto e a temperatura final desejada) são importantes na determinação do fluxo de calor (CHAGAS, 2007). Tal relação poderá ser descrito pela Equação seguinte:

$$q = U \times \Delta T \quad (2)$$

Onde:

q: fluxo de calor (kcal/h.m²);

U: coeficiente global de transferência de calor (kcal/h.m².°C);

ΔT : diferença de temperatura entre os ambientes externo e interno (°C)

3.5.2 Carga térmica

Para o dimensionamento, foi analisado o espaço e a localização das mesmas na cooperativa. Com base nisso, foi realizado um levantamento para todos os dados necessários para o cálculo da carga térmica, que em linhas gerais pode ser definida como o montante de calor que deve ser removido de determinado ambiente para que seja possível chegar as condições térmicas estimadas. Esses cálculos proverão valores que serão utilizados num balanço final para determinar qual tipo de equipamento utilizar no ambiente e sua respectiva potência de acordo com as condições analisadas (CAMPOS, 2021; MORAIS, 2014).

3.5.2.1 Carga térmica em virtude da transmissão de calor por paredes, teto e piso

Em relação a transmissão de calor entre os ambientes externos e internos, devido a diferença de temperatura entre os mesmos, ocorre a transmissão de calor do ambiente de maior temperatura(externo) para o interno(câmara) via condução, por meio das estruturas que os separam, ou seja, parede, teto e o piso. A incidência solar via radiação, inclusive, deve ser levada em consideração por meio de acréscimos à diferença de temperatura calculada, obtido através de tabelas específicas. Esse acréscimo depende de fatores como tipo de material empregado na estruturação(cor) e localização da câmara quanto a sua orientação geográfica. O cálculo dessa carga térmica deve ser considerado em ambas as câmaras e pode ser representado pela Equação a seguir.

$$Q = A \times U \times (\Delta T + F_r) \quad (3)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

A: área da estrutura externa da câmara (m²);

U: coeficiente global de transferência de calor (W/m².°C);

ΔT: diferença de temperatura entre os ambientes externo e interno (°C);

F_r: Fator de acréscimo da temperatura devido a radiação (°C)

3.5.2.2 Carga térmica em virtude de infiltração

A troca de ar via convecção natural entre os ambientes interno e externo resultante da abertura da porta da câmara é designada como carga térmica por infiltração. Esse fenômeno ocorre por conta da diferença de entalpia entre o ar dos meios, onde o ar do ambiente externo adentra o recinto da câmara, seja ela em ambiente congelado ou refrigerado, ou seja, variando em função da temperatura. O cálculo de tal carga térmica é estimado em função do volume da câmara e pode ser retratado pela Equação seguinte:

$$Q = \frac{V}{v} \times n \times \Delta H_{ar} \quad (4)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

V: volume da câmara interno (m³)

v: volume específico do ar externo (m³)

n: número de trocas de ar em 24h - tabelado

ΔH_{ar} : diferença entre as entalpias do ar externo e interno (kJ/kg)

3.5.2.3 Carga térmica em virtude do resfriamento do produto

Essa carga térmica refere-se ao calor advindo do produto e que deve ser removido do mesmo, para que ocorra a redução da temperatura de pré armazenamento para a desejada. Como a polpa que irá para a câmara de congelamento apresentará uma temperatura abaixo do congelamento, admitindo que o produto tenha sofrido anteriormente o processo de congelamento rápido no túnel de congelamento, essa carga térmica não precisará ser considerada já que entrará na câmara com temperatura menor que a do local de armazenamento. Na câmara de refrigeração, onde a acerola será armazenada, a mesma chegará com temperatura superior à da câmara, devendo tal carga térmica ser considerada. Esse calor é dado em função do calor sensível e pode ser representado pela seguinte Equação:

$$Q = m \times cp \times \Delta T \quad (5)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

m: massa total do produto (kg);

cp: calor específico do produto (kcal/kg°C);

ΔT : diferença de temperatura entre o produto externo e ambiente interno (°C);

3.5.2.4 Carga térmica em virtude da respiração do fruto

Após colhido, o fruto permanece respirando, e o calor advindo da respiração do mesmo também deve ser considerado, devido ao metabolismo. Como a câmara de armazenamento congelada estará com polpa, ou seja, produto processado, não há sentido em considerar essa carga térmica nos devidos cálculos, apenas a câmara refrigerada. Essa carga pode ser representada pela Equação a seguir:

$$Q = m \times R \quad (6)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

m: massa total do produto (kg);

R: calor de respiração do produto (kcal/ton 24h)

3.5.2.5 Carga térmica em virtude de circulação de pessoas

Considera-se o número de pessoas que estarão em circulação entre os ambientes externo e interno da câmara e o calor gerado pelo metabolismo das mesmas. Para essa carga térmica, é importante que também haja conhecimento do tempo de possível movimentação humana entre esses dois ambientes, sendo esse calor considerado para as duas propostas de câmara. A Equação que determina essa carga térmica é a seguinte:

$$Q = n_p \times t_p \times p \quad (7)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

n_p : número de pessoas circulantes;

t_p : tempo de permanência (h);

p: calor por pessoa circulante (kcal/h)

3.5.2.6 Carga térmica em virtude de iluminação ambiente

Essa carga térmica diz respeito a iluminação contida no ambiente, mais necessariamente do calor que é dissipado pelas lâmpadas internas à câmara. Essa carga térmica é representada pela seguinte Equação:

$$Q = P_l \times t_i \times A_t \quad (8)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

P_l: potência dissipada das lâmpadas (W/m²);

t_i: tempo de iluminação (h);

A_t: área do teto (m²)

3.5.2.7 Carga térmica em virtude de motores

Por fim, a carga térmica em razão dos motores está relacionada a carga de calor emitida pelos ventiladores dos evaporadores presentes na câmara, via convecção forçada de ar. A Equação referente a essa carga térmica é a seguinte:

$$Q = t_v \times P \quad (9)$$

Onde:

Q: carga térmica (kcal/24h);

t_v: tempo de funcionamento dos ventiladores (h)

P: potência dos motores (CV);

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Visita

Na visita, as dúvidas foram esclarecidas e juntamente com o relato do dia-a-dia da unidade produtora, foi possível ter a noção dos principais problemas enfrentados no período de produção.

A área de recebimento apresenta uma grande área onde é possível organizar as mercadorias que vão chegando. A área da lavagem fica situada na área de recebimento, onde há um tanque horizontal para imersão das frutas e a sanitização das mesmas, estando inutilizada devido a logística do maquinário do despulpamento. Dentre as etapas do processo produtivo, excetua-se a de seleção, sendo todo o montante das acerolas recebidas utilizadas no processamento.

A área de processamento é próxima a de recebimento, mas não no mesmo recinto, tendo a disposição dos equipamentos e do fluxo produtivo em forma de “L”. A despulpadeira fica ao lado do armazenamento dos tambores/bombonas utilizadas no transporte das polpas já processadas e dos resíduos gerados durante o despulpamento. A máquina despulpadeira é acoplada a um outro tanque de lavagem, onde os vegetais são higienizados e preparados para a etapa de despulpamento. O tanque também é acoplado a uma esteira do tipo talisca, onde os vegetais higienizados são transportados verticalmente para que ocorra a etapa de despulpamento.

Os resíduos separados são doados para moradores locais, que os utilizam para produção de ração e alimento para os animais. O transporte da polpa é feito manualmente para a máquina de embalagem. A adesivagem é feita também no modo manual, após todo o envase dos produtos. Mesmo o equipamento tendo a saída para 2 produtos por vez, apenas funciona um. Posteriormente, as polpas embaladas são levadas para o túnel de congelamento para adquirir estrutura firme e característica.

Devido ao desgaste dos equipamentos referente ao tempo de uso (8 horas diárias, 5 dias na semana), o processo de congelamento no túnel tem um tempo maior que o padrão para esses produtos.

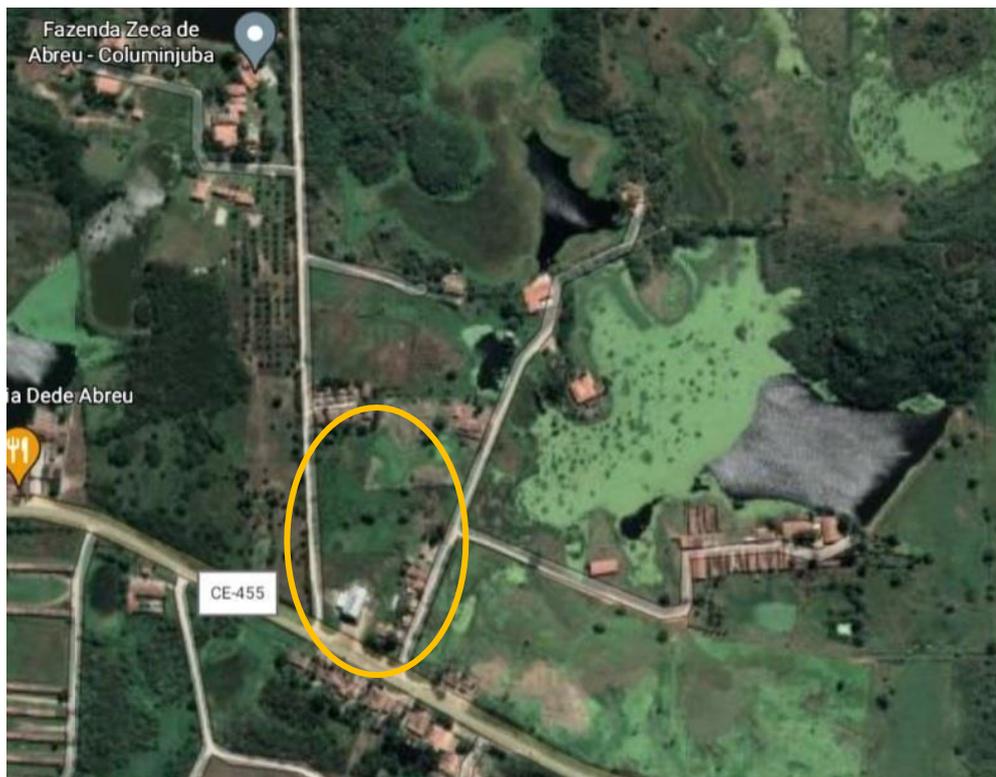
Após a análise e as observações, foram determinadas como dificuldades referentes ao processamento e pontos de melhoria:

- a) Desgaste dos equipamentos;
- b) A falta de uma tubulação transportadora de polpa;

- c) Adesivação manual;
- d) Envase singular;
- e) Demora no congelamento das polpas.

O local onde está localizada a cooperativa apresenta uma ótima extensão para revitalização e expansão. O terreno possui uma área espaçosa, com disponibilidade de água, perto da estrada CE - 455 mas com certa distância da área urbana, além da disponibilidade de matéria prima, porquanto que boa parte dos mais de 80 produtores associados moram nos arredores, sendo que os 30 produtores fornecedores de acerola também. A Figura 2 representa o terreno por meio de uma imagem via satélite, representando a localização e o espaço citado anteriormente.

Figura 2 – Foto via satélite do terreno onde se localiza a Cooperativa



Fonte: Google Earth

4.2 Processo Produtivo

Na elaboração do fluxograma do processo produtivo, foi levado em consideração a questão do porte da unidade processadora. Tendo em vista que a unidade seria uma indústria

de pequeno porte, cujo valor médio estabelecido de acerola in natura recebida seria de 400 kg e ao final do processo, a produção de 309 kg de polpa de acerola congelada com um rendimento de aproximadamente 77,25%, as etapas de produção seriam específicas para a fruta em questão.

Conforme relato do responsável técnico da cooperativa e do planejamento do trabalho, foi estabelecido que o recebimento seria diário, padronizado no turno da manhã. A possibilidade de ocorrência dos recebimentos fora do horário não poderia ser descartada, tendo em vista a facilidade do cultivo e safra da acerola na região (NUNES, 2020; SILVA *et al.*, 2020).

No recebimento, as frutas seguem para a pesagem em uma balança instalada no local. Logo após, é feita a seleção dos frutos. As frutas já chegam pré-selecionadas pelos produtores, mas passam novamente por essa etapa, no local, para uma maior garantia da qualidade.

Feita a seleção, as mesmas seguem para a etapa da lavagem e sanitização. Utilizando solução de hipoclorito de sódio a proporções adequadas (150 ppm ou 150 mg/L), as acerolas são imersas, por aproximadamente 15 minutos, em um tanque de lavagem, com possibilidade de uso do sistema de borbulhamento. Considerando, por exemplo, um produto comercial com 3% de cloro ativo, para cada litro de água límpida seriam adicionados 5 g do produto (MORAES, 2006).

Após o período de sanitização, as frutas são direcionadas, através de uma esteira inclinada do tipo taliscada, ao processo seguinte, de despulpamento. Antes de acontecer, as mesmas são enxaguadas para retirada de possíveis resíduos e excesso do produto químico por meio de bicos aspersores.

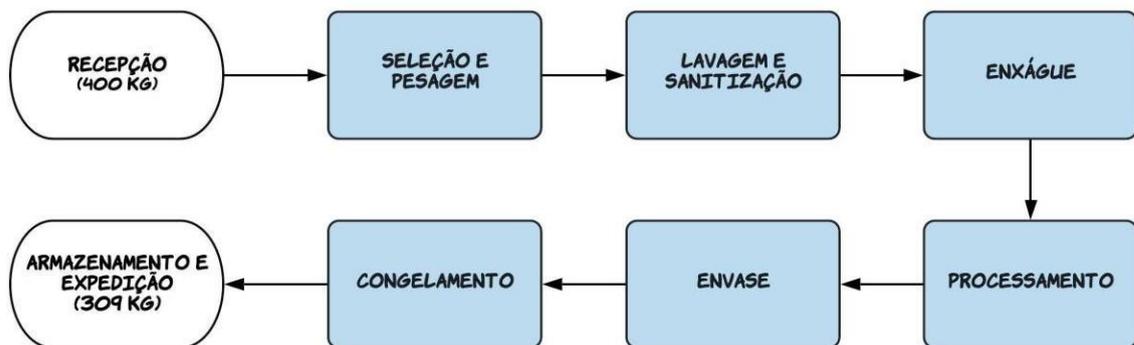
No despulpamento, segundo Silva (2021), a acerola pode ir por completo para o equipamento, não sendo necessária nenhuma outra etapa de corte ou retirada do seu caroço. Devido o volume de acerola e as condições do porte da unidade, a acerola é despulpada em um maquinário de apenas um estágio. O resíduo (ou bagaço, propriamente dito) é separado e a polpa tem seu fluxo de saída mediante duas vias: a primeira, em uma tubulação de material adequado, cujo destino é o tanque de recepção para a etapa seguinte de envase, ou a segunda, por via manual, em um balde de material adequado. O resíduo gerado terá um destino adequado, não sendo necessário um reprocessamento. Após o processamento, é colhida uma amostra da polpa para verificação de suas características.

A etapa de envase se inicia em um tanque onde a polpa é adicionada. O produto, cujo transporte é feito por meio de uma válvula pressurizada, passa do tanque para a máquina de envase. A embalagem é rotulada e datada mecanicamente pelo sistema de alto relevo à alta

temperatura ou “*hot stamping*” e preenchida com a polpa de acerola. O produto embalado passa por uma lâmpada ultravioleta para tratamento e é então direcionado a uma caixa que tem como destino final o túnel de congelamento, para caracterização estrutural. Após o período de congelamento, as polpas são levadas para uma câmara de armazenamento congelado para que sejam mantidas à baixas temperaturas e não haja nenhuma alteração estrutural no produto que venha a comprometer a qualidade do mesmo. Finalizado o processo, as polpas permanecem na câmara, contidas em temperaturas adequadamente baixas, até o momento de expedição. O produto final é uma polpa 100% natural, sem a adição de nenhum aditivo ou substância.

O esquema de como funciona todo o processo descrito anteriormente está representado no fluxograma (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma de produção da polpa de acerola congelada

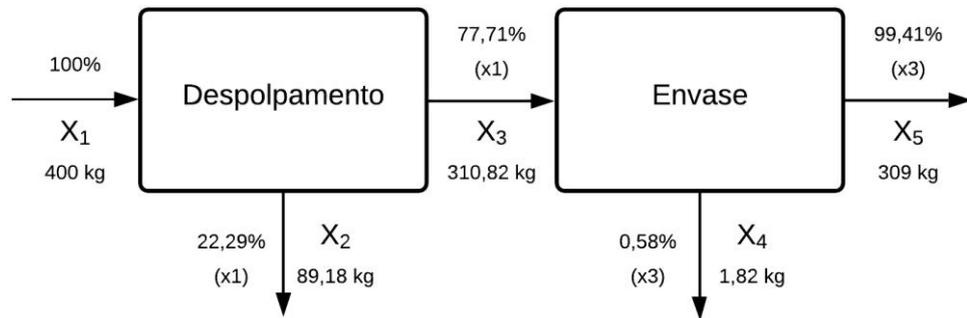


Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Balanço de Massa

O balanço de massa do processo pode ser analisado, de forma mais geral, em duas etapas do processamento: o despulpamento e o envase, com o produto final, tendo como fluxos mássicos apenas a acerola *in natura*, pré - despulpamento, a própria polpa de fruta, pós- despulpamento, e os resíduos. Na Figura 4 é possível observar o balanço de massa do processo.

Figura 4 – Balanço de massa no processo de produção da polpa de acerola



Fonte: elaborado pelo autor.

Onde:

X_1 representa a massa de acerola inicial;

X_2 representa a massa residual gerada pelo despolpamento;

X_3 representa a massa de polpa de acerola restante, pós processamento;

X_4 representa a massa residual da polpa perdida, pré envase;

X_5 representa a massa de polpa de acerola envasada, produto final

As porcentagens são referentes as massas do próprio fluxo, porém com base no fluxo mássico representado abaixo de seu valor.

O fluxo referente a X_4 representa a quantidade residual da polpa nas tubulações e equipamentos, caso o transporte da mesma (despolpadeira – envase) venha a ser feita automaticamente, ou a quantidade residual da polpa nos baldes de transporte (despolpadeira – envase) e equipamentos. Para esse possível residual, que costuma a ser desprezado nos cálculos de balanço mássico, foi adotado uma porcentagem de 2% referente ao total de resíduos gerados ($X_2 + X_4$).

O rendimento proposto gerado, de 77%, está coerente e dentro dos padrões de acordo com resultados para acerola em trabalhos como os de Brunini *et al* (2004), Lopes (2005), Maciel *et al* (2010), Caetano, Daiuto e Vieites (2011) e Freitas *et al* (2014), com 61 – 78%, 61%, 72,5%, 74% e 70 – 80% de rendimento, respectivamente, para cada trabalho.

4.4 Escolha e dimensionamento dos equipamentos e acessórios

Visto todos os procedimentos durante o processo de fabricação da polpa de fruta congelada e tendo como base os atuais equipamentos presentes na cooperativa, serão apresentados, neste tópico, todos os equipamentos necessários para o funcionamento de uma pequena agroindústria de polpa de acerola congelada.

4.4.1 Balança

Para a etapa de pesagem e seleção, após o recebimento da matéria prima, é necessária a utilização de uma balança do tipo plataforma, que acomode as caixas com as frutas pré-selecionadas. Como o intuito não necessariamente requer precisão e tendo em vista que as caixas são padronizadas e pesadas de forma unitária apenas como controle da etapa, selecionou-se uma balança eletrônica industrial Toledo (Figura 5), de modelo 2124, com as respectivas especificações:

- a) Capacidade máxima de 100 kg;
- b) Sensibilidade de contagem de 2 g;
- c) Sensibilidade de peso de 20 g;
- d) Dimensionamento de 71,4 cm x 48,9 cm (C x L), com opção de coluna de 1,10 m;
- e) Plataforma de revestimento em aço carbono.

Figura 5 – Balança eletrônica Toledo modelo 2124



Fonte: Casa das balanças.

4.4.2 Equipamento para lavagem das frutas

Para que não haja alterações nas características do produto, com um correto processamento e o produto final possua um padrão de qualidade adequado, é necessário seguir uma sequência de lavagem, sanitização e enxágue das frutas. À vista disso, selecionou-se um tanque com dimensões personalizadas de imersão por borbulhamento, acoplado com dispersores de água para enxague e esteira taliscada (Figura 6). O equipamento possui as seguintes especificações:

- a) Material aço inox AISI 304 escovado;
- b) Dimensões personalizadas de 2 m x 1,5 m x 1 m (C x H x L)
- c) Capacidade de 500 kg de produto por hora em sistema contínuo;
- d) Sistema de jateamento de água com baixo nível de desperdício;
- e) Transporte por meio de esteira taliscada atóxica e termoplástica;
- f) Sistema de agitação por soprador centrífugo, acoplado com serpentina;
- g) Ajuste de ingestão de ar;
- h) Motor redutor de 5 CV 200/380 V trifásico;
- i) Quadro de comando com inversor de frequência

Figura 6 – Máquina de lavagem e sanitização das frutas



Fonte: Tortugan máquinas.

Optou-se pelo equipamento com o propósito de se ter um processo com o menor contato humano direto possível, otimizando tempo e reduzindo a probabilidade de contaminação.

A acerola é dispersa no tanque com solução clorada (hipoclorito de sódio e água, 150 ppm) cuja capacidade é adequada para o volume total de frutos. Os frutos permanecem entre 10 e 20 minutos no tanque com sistema de borbulhamento e em seguida, com o acionamento da esteira, são enxaguados com água tratada para remoção de eventuais sujidades e cloro residual presentes em suas superfícies, por meio de bicos de aspersão. A esteira, portanto, leva a acerola devidamente sanitizada diretamente para a coifa da despoldadeira, dando início ao processamento da fruta.

4.4.3 Despoldadeira

Visto o rendimento de 77,3% da acerola em polpa e quantidade média recebida de 400 kg de acerola por dia, além da questão futura de uso para outros produtos trabalhados pela cooperativa, selecionou-se uma despoldadeira do fabricante Max Machine, modelo MDP-500 (Figura 7). As especificações técnicas são as seguintes:

- a) Produção de 500 kg/h;
- b) Fabricado em aço inox AISI 304;
- c) Capa de proteção para correia e motor - prevenção de danos;
- d) Acompanha dois filtros, um com 1,5 mm e outro com medidas especiais;
- e) Estrutura reforçada com sistema antivibração;
- f) Saída de polpa por tubo de 76 mm;
- g) Peso de 62 kg;
- h) Motor de 3 CV 110/220 V

Figura 7 – Despoldadeira Max Machine MDP - 500



Fonte: Max Machine

4.4.4 Embaladora

Para o envase, de forma a garantir um procedimento mais rápido e seguro, foi pensado em um equipamento ao qual fosse possível o embalamento, a rotulagem, a padronização das embalagens e a selagem de forma automática. Desse modo, selecionou-se uma embaladeira com tanque homogeneizador *Max Machine* (Figura 8), cujas características atendessem ao volume de polpa produzida. O equipamento possui as seguintes especificações:

- a) Estrutura em aço inox AISI 304;
- b) Produção de até 1000 embalagens por hora;
- c) Tanque com capacidade para até 170 litros;
- d) Datador tipo *hot stamping* com regulação para local de impressão;
- e) Fococélula com exatidão de corte e posição da embalagem;
- f) Possibilidade de enchimento direto ou temporizado com bomba positiva;
- g) Flexibilidade de embalagens: 100 ml, 500 ml e 1000 ml;
- h) Tratamento de filme por meio de lâmpadas ultravioleta;
- i) Sistema de resfriamento das soldas via circulação de água

Figura 8 – Máquina embaladora com tanque receptor acoplado *Max Machine*



Fonte: *Max Machine*

4.4.5 Tubulação e outros acessórios

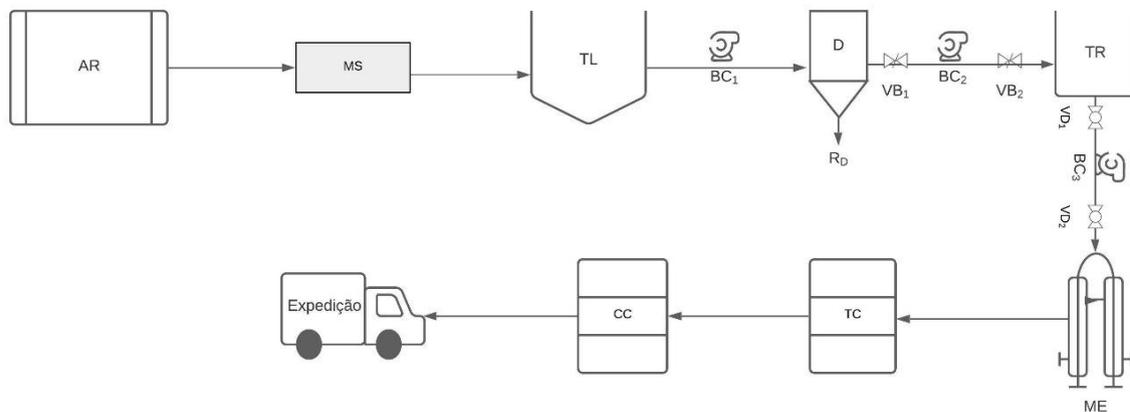
Além do mais, foram escolhidos alguns baldes de 50 litros em aço inox para o transporte das polpas quando não houver o uso da tubulação automática (despolpadeira – tanque), uma mesa de aço inox 304 com quatro saídas para seleção das frutas e bombona de 200L para recolhimento dos resíduos da acerola no despolpamento.

No que concerne a tubulação, devido ao caráter do processo, foram selecionadas tubulações em aço inox 304 para transporte da polpa, uma bomba centrífuga e válvula borboleta para controle de vazão, regulando ou bloqueando o fluxo.

4.5 Diagrama de processos

Visto todo o processo de fabricação da polpa congelada e com o intuito de gerar mais detalhes, foi elaborado um diagrama com os equipamentos e acessórios dentre todas as etapas envolvidas.

Figura 9 – Diagrama mostrando o processo produtivo polpa de acerola



Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 1 – Legenda do processo produtivo de acerola

LEGENDA	
Código	Nome
AR	Área de recebimento
BC	Bomba centrífuga
CC	Câmara congelada
D	Despolpadeira
ME	Máquina de envase
MS	Mesa de seleção
R _D	Resíduo da despolpadeira
TC	Túnel de Congelamento
TL	Tanque de lavagem
TR	Tanque de recepção
VB	Válvula borboleta
VD	Válvula diafragma

Fonte: elaborado pelo autor

4.6 Dimensionamento das câmaras

Primeiramente, para o dimensionamento das duas câmaras, foi realizado o levantamento de suas especificações. Devido não haver grande diferença entre a quantidade recebida de acerola e a quantidade produzida de polpa diária, mesmo cada uma das câmaras tendo objetivos um pouco diferentes, foi decidido que ambas apresentariam dimensões padrões.

As medidas das câmaras foram escolhidas com base na quantidade recebida de fruta, produção diária e localização, além de ter o atual espaço das câmaras da cooperativa como suporte. Outro ponto levado em consideração foi a questão do armazenamento futuro para outras frutas e polpas, produtos esses trabalhados pela própria cooperativa. As dimensões de ambas são listadas a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões das duas câmaras

Dimensões	Ambiente interno	Ambiente externo
Altura (m)	4	4,2
Comprimento (m)	5	5,2
Largura (m)	3,5	3,7
Áreas do piso/teto (m ²)	17,5	19,24
Área das paredes maiores (m ²)	20	21,84
Área das paredes menores (m ²)	14	15,54
Volume (m ³)	70	80,808

Fonte: elaborada pelo autor

O ambiente externo é designado pelo ambiente interno adicionado a espessura da parede da câmara que é de 0,2 m, referente ao isolamento.

Para a escolha do isolante, foi levado em consideração o valor do fluxo de calor, que de acordo com CHAGAS (2007) deve estar entre 5 – 8 kcal/h.m² para denotar um equilíbrio entre custos da operação de isolamento térmico e energia, ou seja, fatores técnicos e econômicos (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Portanto, dentre os materiais utilizados, foi escolhido o isolamento por painéis modulares pré-fabricados com 2 camadas metálicas e uma de isolante, tipo sanduíche. O isolante escolhido foi a espuma rígida de poliuretano (PUR) e um coeficiente global de transferência de calor de 0,22 W/m².°C de acordo com a Equação 2 tem-se que:

$$q = 0,22 \times (33-5)$$

$$q = 6,16 \text{ kcal/h.m}^2$$

Dessa forma, tem-se que o fluxo de calor calculado está dentro da faixa de equilíbrio. Portanto, adequado. A variação de temperatura é referente a ambiente, ao qual chegará o volume de acerola, menos a temperatura proposta da câmara. No cálculo utilizou-se como referência a câmara de refrigeração, já que a câmara congelada terá papel de armazenamento, visto que a polpa é congelada no túnel de congelamento rápido e ao adentrar na câmara, apresentará uma temperatura abaixo do proposto.

A escolha do PUR como material isolante será aplicada em ambas as câmaras.

Outro ponto importante quanto a questão do isolamento se refere a como impedir o excesso de ar que passaria do ambiente externo para a câmara interna após a abertura de suas portas. Mesmo esse cálculo sendo levado em consideração, foi proposta a adição de cortinas físicas para evitar o grande volume de ar inter ambiente trocado, seja na câmara de armazenamento congelado ou de refrigeração (MACIEL *et al.*, 2018; MORAIS, 2014; SAITO; VELOSO, 2014).

4.6.1 Câmara de refrigeração

Neste tópico serão apresentados os cálculos referentes à carga térmica da câmara de refrigeração. Todos os resultados serão transformados para kcal/h.

4.6.1.1 Transmissão de calor por paredes, teto e piso

Utilizando-se da Equação (3) para os cálculos da carga térmica em relação ao calor

transmissão e da tabela para os fatores de acréscimo na temperatura, encontra-se a carga térmica das paredes norte, sul, leste e oeste, teto e piso.

Para fins informativos, considera-se que a câmara estará com a parede norte para área interna da unidade e a parede leste para parte da área de recebimento, ou seja, nesses casos não haverá a adição do fator pois não haverá incidência solar, tal como o piso.

Para a piso, tem-se:

$$Q_{\text{piso}} = 19,24 \times 0,22 \times (23-5)$$

$$Q_{\text{piso}} = 71,96 \text{ W}$$

$$\underline{Q_{\text{piso}} = 1484,94 \text{ kcal/24h}}$$

Para o teto, tem-se:

$$Q_{\text{teto}} = 19,24 \times 0,22 \times [(33-5) +5]$$

$$Q_{\text{teto}} = 139,68 \text{ W}$$

$$\underline{Q_{\text{teto}} = 3352,38 \text{ kcal/24h}}$$

Já para a parede norte, tem-se:

$$Q_{\text{PN}} = 15,54 \times 0,22 \times (33-5)$$

$$Q_{\text{PN}} = 95,73 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PN}} = 1975,44 \text{ kcal/24h}$$

Para a parede sul, tem-se:

$$Q_{\text{PS}} = 15,54 \times 0,22 \times [(33-5) +1]$$

$$Q_{\text{PS}} = 99,14 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PS}} = 2046 \text{ kcal/24h}$$

Para a parede leste, tem-se:

$$Q_{\text{PL}} = 21,84 \times 0,22 \times [(33-5) +2]$$

$$Q_{\text{PL}} = 144,14 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PL}} = 2974,56 \text{ kcal/24h}$$

Por fim, para a parede oeste, tem – se:

$$Q_{\text{PO}} = 21,84 \times 0,22 \times [(33-5) +2]$$

$$Q_{\text{PO}} = 144,14 \text{ W}$$

$$Q_{\text{PO}} = 2974,56 \text{ kcal/24h}$$

Tendo todas as cargas térmicas de transmissão, o somatório será o resultado total.
Dessa forma:

$$\begin{aligned} Q_{\text{TOTAL}} &= Q_{\text{piso}} + Q_{\text{teto}} + Q_{\text{PN}} + Q_{\text{PS}} + Q_{\text{PL}} + Q_{\text{PO}} \\ Q_{\text{TOTAL}} &= 1484,94 + 3352,38 + 1975,44 + 2046 + 2974,56 + 2974,56 \\ Q_{\text{TOTAL}} &= \mathbf{14807,88 \text{ kcal/24h}} \end{aligned}$$

4.6.1.2 Transmissão de calor por infiltração

Para o calor de infiltração, utiliza-se a Equação (4) juntamente com os diagramas psicrométricos para se encontrar os valores das entalpias do ambiente externo e interno. Dessa forma, tem-se:

$$Q_{\text{INF}} = \frac{70}{0,79} \times 11 \times (80 - 17)$$

$$Q_{INF} = 61405,06 \text{ kJ}$$

$$Q_{INF} = \mathbf{14676,14 \text{ kcal/24h}}$$

O número de trocas de calor diárias aproximada foi obtido por meio da interpolação de dados presentes na tabela da Tecumseh (2014).

4.6.1.3 Transmissão de calor pelo resfriamento do produto

Para o calor que é transmitido pela acerola no ato da refrigeração, utilizando-se da Equação (5), tem-se:

$$Q_{RESF} = 400 \times 4,93 \times (33-5)$$

$$Q_{RESF} = 55216 \text{ kJ}$$

$$Q_{RESF} = \mathbf{13196,94 \text{ kcal/24h}}$$

O valor do calor específico para acerola foi retirado de Marques (2008), de acordo com a equação linear gerada para calor específico da acerola madura, com temperatura maior que zero, especificamente à 33°C, conforme situação determinada neste presente trabalho.

4.6.1.4 Transmissão de calor pela respiração da fruta

Para calcular o calor gerado pelo metabolismo(respiração) da acerola in natura, utiliza-se a Equação (6). Portanto, tem-se:

$$Q_{RESP} = 0,4 \times 2500$$

$$Q_{RESP} = \mathbf{1000 \text{ kcal/24h}}$$

O valor do calor de respiração da acerola inserido representa uma aproximação de valores de frutas com uma taxa respiratória alta, presentes na tabela encontrada em Ashrae (2010).

4.6.1.5 Transmissão de calor pela circulação de pessoas

Para o calor advindo da movimentação diária das pessoas na câmara, por meio da Equação (7), tem-se:

$$Q_{PES} = 4 \times 208 \times 2$$

$$Q_{PES} = 1664 \text{ kcal/24h}$$

Estipulou-se uma quantidade de 4 funcionários e o valor do calor equivalente por pessoas na ocupação encontra-se na tabela da Tecumseh (2014). Em função do tempo de circulação dentro da câmara ser bastante curto devido à quantidade de produtos, demanda e tamanho da câmara, estipulou-se um tempo de no máximo 2 horas de circulação diária, mesmo porque o fluxo só ocorre no momento da adição de polpas ou retirada.

4.6.1.6 Transmissão de calor pela iluminação

Para o calor liberado da incidência da luz das lâmpadas presentes, utiliza-se a Equação (8). Portanto, tem-se:

$$Q_{ILUM} = 17,5 \times 2 \times 2$$

$$Q_{ILUM} = 70 \text{ W.h}$$

$$Q_{ILUM} = 60,23 \text{ kcal/24h}$$

A potência da lâmpada é determinada pela tabela de acordo com uma tabela de Tecumseh (2014). Tal como mencionado com item anterior, devidas as condições, optou-se por apenas 2 horas de trabalho diário onde provavelmente pudesse estar com a luz acesa.

4.6.1.7 Transmissão de calor pelos motores

Em relação ao calor dissipado pelos motores dos ventiladores na própria câmara, mesmo havendo a Equação (9) a mesma não foi utilizada por conta da escolha dos evaporadores, que só acontece ao fim do dimensionamento, já com o valor da carga térmica. Dessa forma, foi feita uma compensação, com um adicional de 10% ao valor do calor total calculado.

$$Q_{SOM} = 14807,88 + 14676,14 + 13196,94 + 1000 + 1664 + 60,23$$

$$Q_{SOM} = 45405,19 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{MOT} = 49945,7 \text{ kcal/24h}$$

Em relação a outros calores que geralmente aparecem nos cálculos do dimensionamento de uma câmara, como calor de embalagem, calor do pallet e de empilhadeiras, por exemplo, não foram levados em conta, pois pode-se desprezar o calor das caixas de acondicionamento

da acerola e não será feito o uso de pallets ou empilhadeiras no local.

4.6.1.8 Calor Final

O calor total nada mais é que o somatório de todas as cargas térmicas calculadas. Ou seja:

$$Q_{TOTAL} = Q_{SOM} + Q_{MOT}$$

$$Q_{TOTAL} = 44070,83 + 4407,08$$

$$Q_{TOTAL} = 48477,91 \text{ kcal/24h}$$

Por fim, a carga térmica final leva em consideração a adição de um fator de correção, servindo como uma margem de segurança. Por isso:

$$Q_{FINAL} = 49945,7 + 4994,57$$

$$Q_{FINAL} = \mathbf{54940,27 \text{ kcal/24h}}$$

4.6.2 Câmara congelada

Agora, neste tópico, serão apresentados todos os cálculos referentes às cargas térmicas da câmara de armazenamento congelada, cuja temperatura desejada é de -20°C.

4.6.2.1 Transmissão de calor por paredes, teto e piso

Seguindo o mesmo padrão quanto a localização, a incidência solar não será considerado na parede norte, devido estar em frente à área interna da unidade. Excetuando-se também o piso, o restante contará com o fator de irradiação. Outro ponto a ser considerado, devido ao fator de irradiação, é a questão da superfície que, tal como na câmara de refrigeração, apresenta cor clara. Usando-se da Equação (2), para o piso, tem-se que:

$$Q_{piso} = 19,24 \times 0,22 \times (23 - (-20))$$

$$Q_{piso} = 182,01 \text{ W}$$

$$Q_{piso} = \underline{3756 \text{ kcal/24h}}$$

Para o teto, tem-se:

$$Q_{teto} = 19,24 \times 0,22 \times [(33 - (-20)) + 5]$$

$$Q_{teto} = 245,50 \text{ W}$$

$$Q_{teto} = \underline{5066,16 \text{ kcal/24h}}$$

Seguindo a mesma linha de raciocínio para a parede norte, tem-se:

$$Q_{PN} = 15,54 \times 0,22 \times (33 - (-20))$$

$$Q_{PN} = 181,20 \text{ W}$$

$$Q_{PN} = 3739,2 \text{ kcal/24h}$$

Agora para a parede sul:

$$Q_{PS} = 15,54 \times 0,22 \times [(33 - (-20)) + 1]$$

$$Q_{PS} = 184,61 \text{ W}$$

$$Q_{PS} = 3809,76 \text{ kcal/24h}$$

Para a parede leste, tem-se:

$$Q_{PL} = 21,84 \times 0,22 \times [(33 - (-20)) + 2]$$

$$Q_{PL} = 264,26 \text{ W}$$

$$Q_{PL} = 5453,52 \text{ kcal/24h}$$

Por fim, agora para a parede oeste:

$$Q_{PO} = 21,84 \times 0,22 \times [(33 - (-20)) + 2]$$

$$Q_{PO} = 264,26 \text{ W}$$

$$Q_{PO} = 5453,52 \text{ kcal/24h}$$

Agora fazendo o somatório de cada uma dessas cargas térmicas, tem-se:

$$Q_{TOTAL} = Q_{\text{piso}} + Q_{\text{teto}} + Q_{PN} + Q_{PS} + Q_{PL} + Q_{PO}$$

$$Q_{TOTAL} = 3756 + 5066,16 + 3739,2 + 3809,76 + 5453,52 + 5453,52$$

$$Q_{TOTAL} = \mathbf{27278,16 \text{ kcal/24h}}$$

4.6.2.2 Transmissão de calor por infiltração

Para o calor de infiltração, tem-se que a entalpia do ar na câmara é, tendo como base o diagrama psicrométrico para temperaturas baixas, $-18,5 \text{ KJ/kg}$ ar seco e, já que o volume da câmara é o mesmo, mas há diferença nas temperaturas da cozinha, permanecendo o mesmo valor para o restante dos dados, o número de trocas de ar também será diferente.

Tem-se:

$$Q_{INF} = \frac{70}{0,79} \times 8,5 \times (80 - (-18,5))$$

$$Q_{INF} = 74186,7 \text{ kJ}$$

$$Q_{INF} = 17730,88 \text{ kcal/24h}$$

4.6.2.3 Transmissão de calor pelo resfriamento do produto

Em relação ao calor por resfriamento na câmara de congelados, esta carga térmica não será utilizada neste cálculo pois a polpa estará congelada e com temperatura abaixo da temperatura desejada na câmara de armazenamento. Dessa forma, a polpa saída do túnel de congelamento rápido já estará com temperatura de armazenamento, podendo ser desconsiderada nesse caso (DOSSAT, 2004).

4.6.2.4 Transmissão de calor pela respiração da fruta

Visto que o produto é acerola processada e congelada, não há nenhuma fonte de respiração emanando da polpa. Dessa forma, para a câmara de congelados, esta carga térmica também será desconsiderada.

4.6.2.5 Transmissão de calor pela circulação de pessoas

Já o calor pela circulação das pessoas na câmara será considerado, visto que as condições são basicamente as mesmas, com pouco tempo de permanência no local e pouco fluxo. Dessa forma, tem-se:

$$Q_{PES} = 4 \times 338 \times 2$$

$$Q_{PES} = 2704 \text{ kcal/24h}$$

4.6.2.6 Transmissão de calor pela iluminação

O calor dissipado pela iluminação na câmara também será considerado, mesmo não havendo incidência da luz acesa por longos períodos. Desse modo, tem-se:

$$Q_{ILUM} = 17,5 \times 2 \times 2$$

$$Q_{ILUM} = 70 \text{ W.h}$$

$$Q_{ILUM} = 60,23 \text{ kcal/24h}$$

4.6.2.7 Transmissão de calor pelos motores

Da mesma forma com a câmara de refrigeração, o calor dissipado pelos motores dos ventiladores do evaporador não poderá ser calculado pois a escolha do próprio equipamento só será realizada após o cálculo da carga térmica total. Por isso, é adicionado uma margem de

10% do somatório das cargas térmicas até aqui. Logo, tem-se:

$$Q_{SOM} = 27278,16 + 17730,88 + 2704 + 60,23$$

$$Q_{SOM} = 47773,27 \text{ kcal/24h}$$

$$Q_{MOT} = 52550,6 \text{ kcal/24h}$$

Novamente, outras cargas térmicas que poderiam ser utilizadas também serão desconsideradas, caso das cargas térmicas em razão do uso de empilhadeiras, pallets e embalagens.

4.6.2.8 Calor Final

Para finalizar o cálculo da carga térmica da câmara de congelados, é necessário adicionar uma porcentagem como margem de segurança ao subtotal calculado. Dessa forma, tem-se:

$$Q_{TOTAL} = 52550,6 + 5255,06$$

$$Q_{TOTAL} = 57805,66 \text{ kcal/24h}$$

4.6.3 Ajuste na carga térmica final e quadro resumo

Para facilitar a análise, devido ao grande número de cálculos, foi elaborado um quadro resumo (Tabela 2) com as cargas térmicas. Ao fim, fez-se o último ajuste, para padronizar os resultados obtidos com o tempo que de fato as câmaras estarão em funcionamento. Os cálculos foram realizados para um período de 24h. Foi designado que o funcionamento das câmaras seriam de 16h por dia. Portanto, o quadro resumo consta, ao final, o resultado das cargas térmicas ajustadas.

Tabela 3 – Quadro Resumo das cargas térmicas

Calor procedente	Câmara refrigerada (5°C)	Câmara congelada (-20°C)
Transmissão	14807,88 kcal/24h	27278,16 kcal/24h
Infiltração	14676,14 kcal/24h	17730,88 kcal/24h
Resfriamento produto	13196,94 kcal/24h	-
Metabolismo (respiração)	1000 kcal/24h	-
Circulação humana	1664 kcal/24h	2704 kcal/24h
Iluminação	60,23 kcal/24h	60,23 kcal/24h
Motores (10%)	4540,52 kcal/24h	4777,33 kcal/24h
Subtotal 1	49945,7 kcal/24h	52550,6 kcal/24h
Margem de segurança (10%)	4994,57 kcal/24h	5255,06 kcal/24h

Subtotal 2	54940,27 kcal/24h	57805,66 kcal/24h
<i>Carga térmica final</i>	<i>3433,77 kcal/h</i>	<i>3612,85 kcal/h</i>

Fonte: elaborado pelo autor

4.6.4 Escolha dos componentes das câmaras

Após o cálculo da carga térmica do total para ambas câmaras, foram selecionados os componentes dos sistemas frigoríficos, todos com base nos dados de temperatura ambiente, temperatura desejada da câmara interna e conforme adequações aos produtos.

4.6.4.1 Câmara refrigerada

A seleção dos componentes da câmara deve atender todos os requisitos supracitados. Com o intuito de garantir a qualidade da acerola, tendo em vista sua perecibilidade e sensibilidade ao clima, selecionou-se a unidade condensadora Optyma Danfoss HBZ255D49E, do tipo semi-hermético cujo fluido refrigerante é o R - 404a. Essa unidade é dotada de componentes essenciais para o funcionamento adequado do sistema, composto por condensador, compressor, tanque de líquido, filtro secador, pressostato entre outros. Além do mais, tal unidade atende aos requisitos de acordo com os resultados da carga térmica, com aplicabilidade à temperatura da câmara definida, temperatura ambiente à 35°C, capacidade de refrigeração dentro do calculado e aplicável ao segmento MBP (média pressão de retorno). O modelo pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Unidade condensadora Optyma Danfoss HBZ255D49E



Fonte: Danfoss

Seguindo, selecionou-se a válvula de expansão termostática TES2 Danfoss, com aplicação para fluido R-404a, por apresentar uma boa resistência à pressão, de 34bar, sendo que o sistema do presente trabalho não é robusto e complexo. A válvula escolhida está representada pela Figura 11.

Figura 11– Válvula de expansão termostática TS2



Fonte: Danfoss

Por fim, o evaporador escolhido foi o DFUI 2259, da DeltaFrio, com sistema para degelo elétrico, 3 ventiladores e capacidade frigorífica adequada. A Figura 12 mostra o modelo escolhido.

Figura 12 – Evaporador DU DeltaFrio



Fonte: DeltaFrio

4.6.4.2 Câmara congelada

A escolha da unidade condensadora para a câmara congelada requer uma atenção maior pois sua carga térmica requer maior potência, mesmo não sendo uma câmara para congelamento (ASHRAE, 2010).

Visto todos os requisitos conforme os resultados calculados e as exigências técnicas para um funcionamento correto, como temperatura de evaporação de -25°C , selecionou-se a unidade condensadora dual-trial da Elgin com compressor semi hermético, com dois ventiladores, com uma alta capacidade, com quadro completo e compatível com o fluido utilizado, o R-404a. O sistema possui inversor de frequência, visor de líquidos, possibilidade de 2 e 3 compressores e separador de óleo. O modelo está representado na Figura 13.

Figura 13 – Unidade condensadora Elgin dual-trial



Fonte: Elgin

Já para a válvula de expansão termostática, selecionou-se uma TE5 Danfoss, com compatibilidade para R-404^a. A Figura 14 representa o modelo escolhido.

Figura 14– Válvula de expansão termométrica Danfoss



Fonte: Danfoss

Por fim, o evaporador escolhido foi um modelo DeltaFrio DFUX, com uma potência maior, apresentando 5 ventiladores e alta capacidade frigorífica, ideal para câmaras frigoríficas de baixas temperaturas. A Figura 15 representa o modelo escolhido.

Figura 15– Evaporador DFUX DeltaFrio



Fonte: DeltaFrio

5 CONCLUSÃO

Após a representação e solução de cada um dos objetivos propostos, pode-se afirmar que o presente trabalho foi finalizado. Tratar de uma cooperativa que desempenha um papel fundamental para uma grande quantidade de pessoas vai além da questão econômica ou de produção. As verificações e observações foram o passo inicial para que fosse possível desenvolver um trabalho cujos propósitos se estendem da produção rural até o processamento final de um produto.

Todos os pontos de melhoria foram analisados e soluções impostas/designadas. A renovação dos equipamentos, ocasionando otimização dos processos e possíveis adequações estruturais, juntamente com a aquisição de práticas e procedimentos modernos, com uma intervenção menos manual no fluxo do processo, padronização das etapas e o dimensionamento de novas câmaras de refrigeração e armazenamento congelado implicam em possíveis mudanças que levariam o negócio a alavancar desenvolvimento, influenciando desde os responsáveis pela cooperativa até os produtores rurais.

A acerola, por ser comum na região, com fácil acesso, safra expandida, juntamente com o seu processamento em polpa, uma das formas mais viáveis do consumo da fruta, continua sendo uma ótima escolha para investimento e uma via de renda para muitos. Logo, uma unidade produtora mais robusta e pautada em otimização geraria impactos positivos para os arredores, no modo técnico e financeiro.

A escolha da acerola como foco principal do processo de polpa de fruta deu-se devido a diversidade de produção e surge como ponto inicial para futuros trabalhos, com

possibilidades de novos processos produtivos, organização de um layout diversificado, viabilidade econômica, controle de qualidade, entre outras opções.

Por fim, conclui-se que o trabalho atendeu às expectativas, com todos os resultados amparados cientificamente/na literatura, estando dentro dos limites e com os pontos propostos viáveis.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. **Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, diz Abrafrutas.** Disponível em: < <https://abrafrutas.org/2019/03/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/>>. Acesso em: 25 out. 2021.
- ABRAFRUTAS. **Mercado de polpas de frutas expande negócios no exterior e no NE.** Disponível em: < <https://abrafrutas.org/2019/02/mercado-de-polpas-de-frutas-expande-negocios-no-exterior-e-no-ne/>>. Acesso em: 29 out. 2021
- Acerola: Consumo da fruta é altamente benéfico para sua saúde. **Acervo Cooperfam Ceará.** Publicado em: 26 mar. 2020. Disponível em: < <https://cooperfam.com.br/acerola-consumo-da-fruta-e-altamente-benefico-para-sua-saude/>>. Acesso em: 15 out. 2021.
- Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2021. Editora Gazeta. Disponível em: < https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2021/04/HORTIFRUTI_2021.pdf>. Acesso em: 29 out. 2021
- ARAGÃO, A.; CONTINI, E. **O Agro no Brasil e no Mundo: Uma síntese do período de 2000 a 2020.** Embrapa SIRE. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf/41e20155-5cd9-f4ad-7119-945e147396cb>>. Acesso em: 29 out. 2021
- ALVES, D. G. **“Obtenção de acerola (Malpighia punicefolia L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem”**; Tese de Doutorado, FEA/UNICAMP, 164p., 2003
- ASHRAE. **ASHRAE Handbook: Refrigeration.** [s.l.] Ashrae; Inch-Pound ed, 2010.
- BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. DE. **Instruções para o cultivo da acerola.** Aracaju - SE, 1996.
- BELIK, W. A heterogeneidade e suas implicações para as políticas públicas no rural Brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 9–30, 2015.
- Brasil. (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 1 de 7 de Janeiro de 2000 que dispõe sobre o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- BRUNINI, M. A. et al. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 486–489, 2004.
- CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Caracterização Físico-Química E Avaliação Energética De Geléia Elaborada Em Diferentes Tipos De Tachos Com Polpa E Suco De Acerola. **Energia Na Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 103–118, 2011.

CAMPOS, M. B. **A conservação de alimentos por refrigeração: Uma revisão e uma proposta de dimensionamento de uma câmara de armazenamento para massa de pão congelada.** [s.l.]. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2021.

CARRINGTON, S. C. M.; KING, G. R. A. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 1, p. 1–7, 2002.

CARVALHO, F. L. DE; NETO, S. B. Um ensaio sobre a Análise de desempenho em cooperativas Agropecuárias. p. 15, 2007.

CASA DAS BALANÇAS. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.casadasbalancas.com.br/>>. Acesso em nov. 2021

CASTRO, T. M. N. et al. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 4, p. 426–436, 2015.

CHAGAS, J. A. C. **Projeto e construção de câmaras frigoríficas.** Disponível em: <[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM140/PROJETO_REFRIGERACAO/Material de estudo/Projetcamaras.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM140/PROJETO_REFRIGERACAO/Material%20de%20estudo/Projetcamaras.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2021.

CHIM, J. F.; ZAMBLAZI, R. C.; RODRIGUES, R. S. Estabilidade Da Vitamina C Em Néctar De Acerola Sob Diferentes Condições De Armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 4, p. 321–327, 2013.

CORIOLOANO, L. M. N. T. **O Turismo e o Cooperativismo: Perspectivas del Turismo Cultural II.** Disponível em: <https://equiponaya.com.ar/turismo_cultural/htm/luzia_neide_menezes.htm>. Aceso em: 20 out. 2021.

COSTA, L. DE S. O Cooperativismo: Uma Reflexao Teorica. **Ciências Sociais em Perspectiva**, n. 6, p. 60, 2007.

DANFOSS. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.danfoss.com/pt-br/>>. Acesso em: nov. dez. 2021.

DELTAFRIO. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.deltafrio.com.br/pt-br/produtos>>. Acesso em: nov. dez. 2021.

FREITAS, C. A. S. DE et al. Acerola: Produção, Composição, Aspectos Nutricionais E Produtos. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 4, p. 395–400, 2014.

FURLAN, M.; ANGNES, J. S.; MOROZINI, J. F. Capacidade absorptiva em propriedades rurais de agricultores associados a uma cooperativa agroindustrial. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 16, n. 2, p. 302–317, 2018.

GONÇALVES, J. E. **Histórico do movimento cooperativista brasileiro e sua legislação: um enfoque sobre o cooperativismo agropecuário.** Associação Gaúcha de Professores Técnicos de Ensino Agrícola (AGPTEA). p. 8, 2015.

- IBGE. **Censo Agropecuário (Sistema IBGE de Recuperação Automática -SIDRA)**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfrg/nordeste>>. Acesso em: 21 dez. 2021.
- KEPLER, R.; FAIR, T. Estudo da competitividade da indústria de polpa de frutas baiana. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, Universidade Salvador, 1999
- KLAES, L. S. **Cooperativismo e ensino à distância**. [s.l.]. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- LOPES, A. S. **Pitanga E Acerola : Estudo De Processamento , Estabilidade E Formulação De Néctar Misto**. [s.l.]. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Univeridade Estadual de Campinas, 2005.
- MACIEL, A. P. B. et al. Governança em Cooperativas: Aplicação em uma Cooperativa Agropecuária. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 22, n. 4, p. 600–619, 2018.
- MACIEL, M. I. S. et al. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 865–869, 2010.
- MARQUES, L. G. **Liofilização de futas tropicais**. [s.l.] Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, 2008.
- MAX MACHINE. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.maxmachine.com.br/catalogo.html>>. Acesso em: out. nov. dez 2021.
- MEZADRI, T. et al. El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. **Arch Latinoam Nutr**, v. 56, n. 2, p. 101–109, 2006.
- MOHAMMED, M. **Acerola (Malpighia emarginata DC.)**. [s.l.] Woodhead Publishing Limited, 2011.
- MORAES, I. V. M. DE. Produção de polpa de fruta congelada e suco de frutas. **Dossiê Técnico: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro (REDETEC)**, p. 26, 2006.
- MORAIS, M. M. **Projeto de uma Instalação Frigorífica**. [s.l.] Dissertação De Mestrado - Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.
- NEVES, M. DE C. R.; CASTRO, L. S. DE; FREITAS, C. O. DE. The impact of cooperatives on brazilian agricultural production: A spatial econometric analysis. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, p. 559–576, 2019.
- NOGUEIRA, A. M. P. et al. Análises Físico-Químicas E Legislação Brasileira De Polpas, Sucos Tropicais E Néctares De Manga. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 2, p. 1932–1944, 2015.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 463–470, 2002.

NUNES, M. H. R. S. **Estudo de caso do cultivo de acerola em Maranguape, Ceará.** [s.l.] Monografia(Bacharelado em Agronomia - Departamento de Economia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, 2020.

Organização das Cooperativas do Brasil - SISTEMA OCB. **O que é cooperativismo?** Disponível em: < <https://www.ocb.org.br/>>. Acesso em: 18 out. 2021.

PELEGRINI, D. F.; SHIKI, S. D. F. N.; SHIKI, S. Uma abordagem teórica sobre cooperativismo e associativismo no Brasil. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, v. 12, n. 19, p. 70, 2015.

PONTES, M. DE M. **Análise Técnico-Econômica de uma fábrica de aguardente composta por caldo de cana e polpa de acerola.** [s.l.] Trabalho de Conclusão de Curso(Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, 2021.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Acerola.** Disponível em: <[https://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/acerola#:~:text=A acerola é originária das,por Conrado Asenjo%2C em 1946.>](https://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/acerola#:~:text=A%20acerola%20%C3%A9%20origin%C3%A1ria%20das%20por%20Conrado%20Asenjo%2C%20em%201946.>). Acesso em: 29 out. 2021.

PRESTES, R. V. **Desafios e vantagens no cooperativismo : Estudo de caso em uma cooperativa de flores e plantas ornamentais do Distrito Federal.** [s.l.]. Monografia - Gestão de Agronegócios, Universidade de Brasília, Planaltina, 2015.

RIBEIRO, B. S. **Padrão respiratório , refrigeração e atmosfera modificada na conservação pós-colheita de cultivares de acerola Petrolina - PE.** [s.l.] Dissertação de Mestrado(Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2017.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 264, p. 17–25, 2011.

RODRIGUES, A. B. et al. **Projeto industrial – polpas de frutas.** Fortaleza; Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, 2017.

RUFINI, J. C. M. et al. Boletim de Extensão Boas Práticas de Fabricação de Polpa de Acerola. **Universidade Federal de São João Del-Rei**, v. 2, n. June 2015, p. 31, 2021.

SAITO, D. N.; VELOSO, G. V. C. **Projeto De Uma Câmara Fria Para Manutenção Organolética Da Semente De Batata.** [s.l.] Monografia em Engenharia Mecânica, Universidade de São Francisco, Itatiba - SP, 2014.

SEBRAE. **O cultivo e o mercado da acerola.** Atualizado em: 06 jan. 2016. Disponível em: < [https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-acerola,db7b9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD#:~:text=Usos%20e%20Mercado-,Usos,\(pH%20%2C3\).>](https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-acerola,db7b9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD#:~:text=Usos%20e%20Mercado-,Usos,(pH%20%2C3).>). Acesso em: 30 out. 2021

SHINOHARA, N. K. S. et al. Maria Cilene de Almeda: A mãe da acerola (*Malpighia glabra* L.) no Brasil. **Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias**, p. 41–52, 2019.

SILVA, F. T. DE S. et al. Pós-colheita de acerola e avaliação de frutos voltados ao melhoramento genético da espécie: Revisão. **V Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, p. 16, 2020.

SILVA, L. M. R. Processamento de polpas de frutas. YouTube, 49 min 22 seg. 2021. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=9YZ4J8vkwY&t=1988s> >. Acesso em: 18 out. 2021.

SILVA, P.; ABRANTES, R.; OLIVEIRA, A. C. DE. Doutrina e princípios cooperativistas: Um estudo de caso na cooperativa Maxi Mundi. **Revista Científica do ITPAC**, v. 5, p. 9, 2012.

Sociedade Nacional de Agricultura. **Faturamento das cooperativas do agronegócio cresce 30,50% segundo a OCB**. Publicado em 18 ago. 2021. Disponível em: < <https://www.sna.agr.br/faturamento-das-cooperativas-do-agro-cresce-3050-mostra-pesquisada-ocb/> >. Acesso em: 25 out. 2021.

SOUZA, M. M. DE. **O manejo da acerola como alternativa na educação do campo**. [s.l.]. Monografia de Especialização - Educação do Campo, Universidade Federal do Paraná, 2011.

Swedish Association for Frozen and Refrigerated Foods. **Correct Temperature during storage and transport**. 2016. Disponível em: < <https://frigoscandia.com/wp-content/uploads/2021/01/Correct-temperature-during-storage-and-transport.pdf> >. Acesso em: 8 dez. 2021.

TAVARES, J. C. et al. Métodos De Congelamento Na Conservação Da Acerola (*Malpighia Emarginata* Dc.). **Revista Caatinga**, v. 11, n. 1/2, p. 71–74, 1998.

TORTUGAN. Catálogo de produtos. Disponível em: <<https://www.tortuganmaquinas.com/produtos>>. Acesso em: nov. dez. 2021.

TRINDADE, A. DA S. **Análise dos desafios da exportação de polpa de fruta congelada produzida por uma empresa localizada na cidade de Araranguá/SC**. [s.l.]. Monografia do Curso de Administração com linha específica em Comércio Exterior, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2014.

URBANO, G. et al. Avaliação De Parâmetros De Qualidade De Polpas De Acerolas Congeladas Comercializadas Em Londrina-Pr. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos, Campo Mourão**, v. 3, n. 1, p. 28–31, 2012.

VEDANA, R. et al. Análise dos determinantes da felicidade dos associados da lar cooperativa agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, p. 14, 2021.

VENDRAME, A. L. Cooperativismo E a Adequação Das Propriedades Rurais Ao Modelo De Produção Agroindustrial Em Palotina - Pr. **Tempo da Ciência**, v. 22, n. 44, p. 7–19, 2015.

VISENTAINER, J. V. et al. Caracterização físico-química da acerola *Malpighia glabra* L. Produzida na região de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 47, n. 1, p. 70–72, 1997.