

Processamento de polpas de frutas: análise de etapas operacionais e práticas agroindustriais

Fruit pulp processing: analysis of operational steps and agro-industrial practices

Procesamiento de pulpas de frutas: análisis de etapas operativas y prácticas agroindustriales

João Macário Neto¹, Macário de Araújo Cavalcante², Soraya Maria Bernardo Nunes Sousa³, Alexandre Magno e Silva Costa⁴, Silvana Alves Olegário⁵, José de Arimatéia Cruz Guedes⁶, Máximo Giusone de Oliveira Luiz⁷, Tamires Soares de Oliveira⁸, Náthaly Bernardo Sousa⁹ e Akyla Maria Martins Alves¹⁰

RESUMO: O processamento tecnológico de frutas surge como uma alternativa estratégica para mitigar as perdas pós-colheita e agregar valor à produção primária no Semiárido brasileiro. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise técnico-operacional do fluxograma produtivo de uma unidade semi-industrial de polpas de frutas localizada no município de Quixaba-PB, correlacionando as etapas observadas às diretrizes de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e aos preceitos da Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos. A pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso descritivo com observação participante, conduzido no mês de outubro de 2022, integrado às atividades do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais (PPGSA/UFCG). Os resultados permitiram o mapeamento detalhado de dez operações unitárias interdependentes, desde a recepção e a pesagem da matéria-prima até a expedição logística do produto acabado. Identificou-se que as etapas de lavagem e sanificação clorada concentram o maior consumo volumétrico de água, demandando o monitoramento rigoroso do pH e a neutralização de efluentes antes do descarte. As frações residuais orgânicas geradas no despolpamento (cascas e sementes) evidenciaram alto potencial para aplicação de conceitos de Produção Mais Limpa (PML) e Economia Circular através do direcionamento para nutrição animal ou compostagem regional. Conclui-se que o cumprimento rigoroso do arcabouço normativo do MAPA e da ANVISA, aliado a um rígido controle térmico no congelamento rápido (-18 °C), confere alta viabilidade econômica e segurança de alimentos à agroindústria, consolidando o empreendimento como um vetor essencial de desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade regional.

Palavras-chave: Gestão Ambiental; Processamento de Frutas; Agroindústria; Sistemas Agroindustriais.

ABSTRACT: The technological processing of fruits emerges as a strategic alternative to mitigate post-harvest losses and add value to primary production in the Brazilian Semi-arid region. The objective of this study was to carry out a technical-operational analysis of the production flowchart of a semi-industrial fruit pulp facility located in Quixaba-PB, correlating the observed stages with the guidelines of Good Manufacturing Practices (GMP) and the principles of Environmental and Water Resources Management. The research was characterized as a descriptive case study with participant observation, conducted in October 2022, as part of the activities of the Graduate Program in Agroindustrial Systems (PPGSA/UFCG). The results enabled the detailed mapping of ten interdependent unit operations, ranging from the raw material reception and weighing to the final logistics shipment. It was identified that the washing and chlorinated sanitization stages concentrate the highest volumetric water consumption, demanding rigorous pH monitoring and effluent neutralization prior to disposal. The organic residual fractions generated during pulping (peels and seeds) showed high potential for the

1- M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais e Secretário Executivo da UFCG – Patos – PB <http://lattes.cnpq.br/2819018187942277> E-mail: joaodm@ctr.ufcg.com.br

2 M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais E-mail: mac@ctr.ufcg.edu.br <http://lattes.cnpq.br/4301111494315175>

3- <http://lattes.cnpq.br/8414661714665494> E-mail: soraya.bns@gmail.com

4- UFCG M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais E-mail:

5- UFCG. M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais <http://lattes.cnpq.br/5433685883723469> - E-mail: silvana.olegario18@gmail.com

6- UFCG - M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais <http://lattes.cnpq.br/3234683574946385> -

7- UFCG. M. Sc. Gestão em Sistemas Agroindustriais E-mail: máximo.luix@ufcg.edu.br

<http://lattes.cnpq.br/5327303344554062> - Especialização

8- E-mail: tamiressoares.ufcg@gmail.com - <http://lattes.cnpq.br/1596426297010567>

9- Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade.

E-mail: bsnathaly@gmail.com - <http://lattes.cnpq.br/5046615503756070>

10 <http://lattes.cnpq.br/1715572682948342> Email: akylamma@gmail.com

application of Cleaner Production (CP) and Circular Economy concepts through redirection to animal nutrition or regional composting. It is concluded that strict compliance with the regulatory framework of MAPA and ANVISA, combined with a rigid thermal control in fast freezing (-18 °C), provides high economic viability and food safety to the agroindustry, consolidating the enterprise as an essential vector for socioeconomic development and regional sustainability.

Keywords: Environmental Management; Fruit Processing; Agroindustry; Agroindustrial Systems.

RESUMEN: El procesamiento tecnológico de frutas surge como una alternativa estratégica para mitigar las pérdidas poscosecha y agregar valor a la producción primaria en el Semiárido brasileño. El objetivo de este estudio fue realizar un análisis técnico-operativo del diagrama de flujo productivo de una unidad semiindustrial de pulpa de frutas ubicada en el municipio de Quixaba-PB, correlacionando las etapas observadas con las directrices de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y los principios de la Gestión Ambiental y de Recursos Hídricos. La investigación se caracterizó como un estudio de caso descriptivo con observación participante, realizado en el mes de octubre de 2022, integrado a las actividades del Programa de Posgrado en Sistemas Agroindustriales (PPGSA/UFCG). Los resultados permitieron el mapeo detallado de diez operaciones unitarias interdependientes, desde la recepción y pesaje de la materia prima hasta la expedición logística del producto terminado. Se identificó que las etapas de lavado y sanitización clorada concentran el mayor consumo volumétrico de agua, exigiendo un monitoreo riguroso del pH y la neutralización de efluentes antes de su descarga. Las fracciones residuales orgánicas generadas en el despulpado (cáscaras y semillas) evidenciaron un alto potencial para la aplicación de conceptos de Producción Más Limpia (PML) y Economía Circular mediante su direccionamiento a la nutrición animal o al compostaje regional. Se concluye que el cumplimiento estricto del marco normativo del MAPA y de la ANVISA, aliado a un rígido control térmico en el congelamiento rápido (-18 °C), confiere alta viabilidad económica y seguridad alimentaria a la agroindustria, consolidando la empresa como un vector esencial de desarrollo socioeconómico y sustentabilidad regional.

Palabras clave: Gestión Ambiental; Procesamiento de Frutas; Agroindustria; Sistemas Agroindustriales.

INTRODUÇÃO

A fruticultura desempenha um papel socioeconômico estratégico no cenário agroindustrial brasileiro, destacando-se como uma importante fonte de geração de emprego, renda e fixação do homem no campo. No entanto, a consolidação dessa cadeia produtiva enfrenta gargalos estruturais severos decorrentes da natureza biológica da matéria-prima (Senhor et al, 2009; Muniz, 2024). É consenso científico que as frutas *in natura* apresentam elevada perecibilidade, deteriorando-se em poucos dias após a colheita (Guerra, 2014; Freitas et al 2015). Esse fenômeno é impulsionado por características intrínsecas, como a alta atividade de água (a_w), o elevado teor de umidade e a intensa atividade metabólica e taxa respiratória dos tecidos vegetais (Antunes, Duarte Filho e Souza, 2003). Tais fatores aceleram reações enzimáticas, a senescência celular e a proliferação de microrganismos deterioradores, impondo severas restrições logísticas à comercialização desses alimentos em grandes distâncias e ao longo de todo o ano.

Como consequência direta dessa vulnerabilidade, as perdas pós-colheita na cadeia de fruticultura configuram-se como um desafio histórico, econômico e ambiental. Dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) apontam que o desperdício de frutas e hortaliças no Brasil atinge patamares alarmantes, oscilando frequentemente entre 15% e 40% do total produzido (Sousa et al, 2015; Saito *et al.*, 2025). Essas perdas ocorrem de forma pulverizada desde o campo, passando pelo transporte inadequado, manuseio incorreto e armazenamento deficitário, até chegar ao

varejo. Essa ineficiência gera prejuízos financeiros diretos ao produtor e pressiona os recursos naturais demandados na produção, como solo, energia e água.

Nesse contexto, o processamento tecnológico surge como uma das alternativas econômicas e industriais mais viáveis para mitigar o desperdício e viabilizar o escoamento da produção (Alessio, 2024). Dentre os métodos aplicados, a fabricação de polpas congeladas destaca-se por sua eficiência e acessibilidade técnica. Legalmente, a legislação brasileira por meio do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) define a polpa de fruta como o produto não fermentado, não concentrado e não diluído, obtido pelo esmagamento da parte comestível de frutos carnosos maduros, utilizando processos tecnológicos adequados (Sousa, 2020). O congelamento rápido subsequente atua como um método físico de conservação que preserva as características físico-químicas, organolépticas e o valor nutricional do fruto por períodos prolongados. Essa prática agrega valor à produção primária, regula a oferta de mercado durante a entressafra e descentraliza a distribuição geográfica do produto.

Para que esses benefícios se concretizem, a operação agroindustrial deve estar fundamentada em um fluxo processual rigoroso. A transição da escala artesanal para o nível semi-industrial exige o conhecimento aprofundado das operações unitárias envolvidas na linha de produção, bem como a adoção de Boas Práticas de Fabricação (BPF). Ademais, sob a ótica da sustentabilidade, o processamento de alimentos é um setor intensivo no uso de utilidades, demandando volumes expressivos de água potável para as etapas de higienização, além de gerar efluentes com alta carga orgânica e resíduos sólidos (cascas e sementes) que requerem destinação adequada (Gava, 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de alinhar o referencial teórico acadêmico às reais práticas operacionais e dinâmicas de escala do setor produtivo regional. O objetivo deste relato é documentar e avaliar as atividades desenvolvidas em uma unidade semi-industrial de polpas localizada no município de Quixaba-PB, sob o título "Processamento de Polpas de Frutas: Análise de Etapas Operacionais e Práticas Agroindustriais". A referida agroindústria apresenta uma capacidade produtiva média estimada em 500 kg ou 1.000 kg de polpa de fruta por dia de operação, o que a caracteriza como um empreendimento de médio porte com relevância socioeconômica para o arranjo produtivo local. Essa escala de processamento exige uma cadeia de suprimentos ágil e um rígido controle de fluxo contínuo. Diante desse volume de produção diária, a pesquisa visa analisar criticamente cada uma das etapas operacionais do fluxograma produtivo. Adicionalmente, busca-se correlacionar diretamente essas ações com os preceitos da Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos, propondo uma reflexão aprofundada sobre a eficiência técnica do maquinário, os pontos críticos de controle higiênico-sanitário e o uso racional da água no cenário agroindustrial do Semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Pesquisa e Local de Estudo

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e descritiva, conduzida sob o método de estudo de caso com observação participante. As atividades

técnicas foram desenvolvidas durante o mês de outubro de 2022 em uma unidade fabril de caráter semi-industrial voltada ao processamento e conservação de polpas de frutas. O empreendimento em questão está estrategicamente localizado no município de Quixaba, mesorregião do Sertão Paraibano, Estado da Paraíba. O estudo integrou as atividades práticas previstas no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sistemas Agroindustriais (PPGSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB.

Procedimento Operacional e Coleta de Dados

A abordagem metodológica fundamentou-se no acompanhamento integral e sistemático da rotina operacional da empresa durante o período regulamentar de visitas. O escopo das atividades abrangeu o mapeamento detalhado do fluxograma de processamento, partindo da recepção da matéria-prima até a etapa final de expedição do produto acabado (Brasil, 2018). Para o monitoramento contínuo das etapas, foram adotadas as seguintes ferramentas de coleta de dados de campo:

- Observação Participante e Direta: Acompanhamento presencial da jornada de trabalho junto aos operadores, permitindo diagnosticar o manejo prático dado aos frutos, a operação do maquinário e o cumprimento das rotinas sanitárias.
- Diário de Bordo: Registro manuscrito cronológico e minucioso de dados quantitativos e qualitativos, tais como tempo de processamento, gargalos operacionais e estimativas visuais de desperdício.
- Registro Fotográfico: Captura de imagens das instalações físicas, do layout de produção e das condições tecnológicas do maquinário (mesas de seleção, despoldadeiras, seladoras e câmaras de congelamento) para posterior análise técnico-visual.

Análise Crítica e Correlação Teórica

Os dados brutos e as constatações de campo foram catalogados, tabulados e submetidos a uma análise de conteúdo. Posteriormente, as informações reais coletadas na agroindústria foram confrontadas e correlacionadas com a literatura científica pertinente na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com as normas vigentes do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e com as diretrizes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 2018; Brasil, 2002).

Em consonância com o escopo da disciplina de Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos, os dados foram analisados sob a ótica do desenvolvimento sustentável. O foco da avaliação concentrou-se em três pilares fundamentais da ecoeficiência agroindustrial:

Otimização do Uso da Água: Avaliação qualitativa do consumo hídrico nas etapas de lavagem, sanificação dos frutos e higienização das instalações (procedimentos de *Clean-in-Place* e limpeza manual).

Controle de Desperdícios: Identificação de pontos de perda de matéria-prima ao longo da linha de processamento.

Gestão e Destinação de Resíduos Sólidos: Diagnóstico do volume e do manejo de descarte dos subprodutos gerados pelas operações unitárias (cascas, sementes e bagaços).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DAS OPERAÇÕES DO PROCESSAMENTO

A produção de polpa de fruta congelada é um processo dotado de certa complexidade e, devido a isso, necessita de controle rigoroso em todas as suas variáveis operacionais. Para fundamentar a análise técnico-operacional realizada na unidade semi-industrial de Quixaba-PB, o fluxo sequencial das atividades foi mapeado e ordenado cronologicamente, conforme apresentado na **Figura 1**.

Figura 1: Fluxograma linear ou em blocos representando as 10 operações unitárias sequenciais]

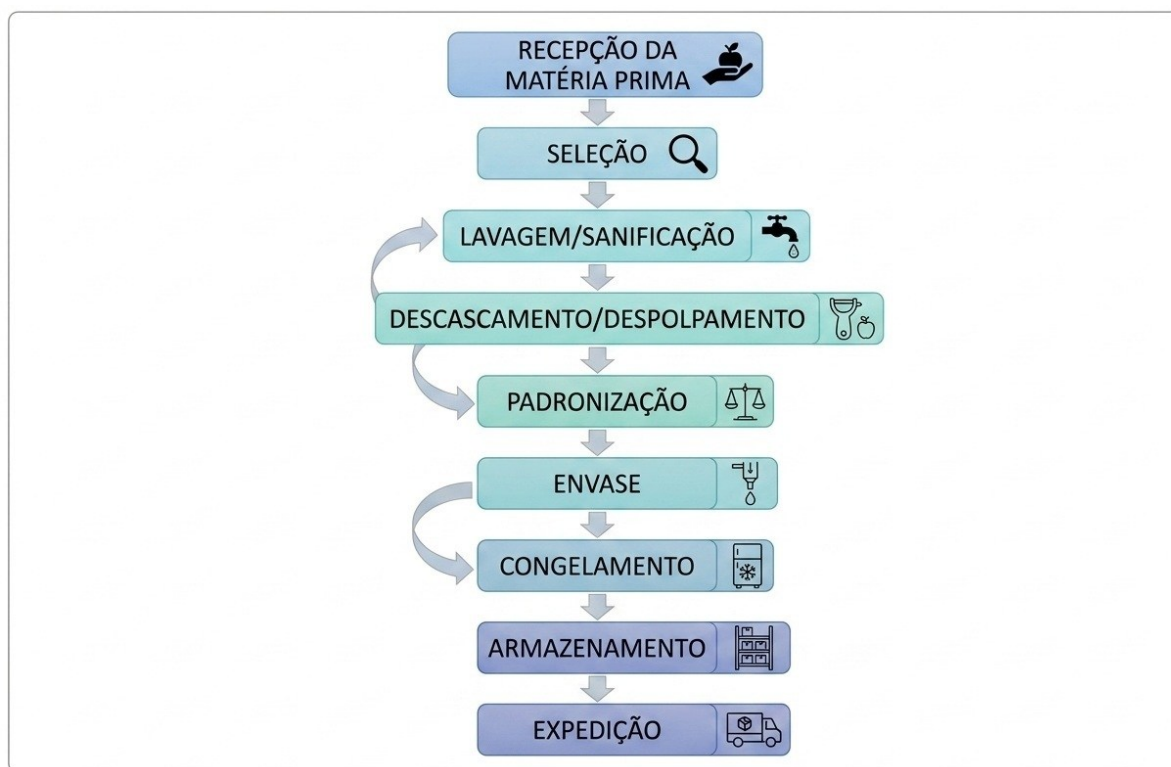


Figura 1. Fluxograma técnico-operacional do processamento semi-industrial de polpas de frutas. Fonte: Dados da pesquisa, 2022).

O mapeamento sistemático permitiu a identificação e a avaliação crítica de dez operações unitárias interdependentes. A linearidade do processo, ilustrada na **Figura 1**, demonstra que o sucesso e a segurança do produto final dependem diretamente do efeito cumulativo e do controle individual de cada etapa. A seguir, detalham-se as particularidades e os pontos críticos observados em cada fase da linha de processamento.

A obtenção de polpas de frutas que atendam aos Padrões de Identidade e Qualidade e garantam a segurança microbiológica ao consumidor exige um rígido controle de Boas Práticas de Fabricação. As observações realizadas na unidade semi-industrial em Quixaba-PB permitiram mapear e analisar criticamente cada etapa do fluxograma produtivo, correlacionando-as com a eficiência operacional e a sustentabilidade ambiental.

Tabela 1: Síntese das Operações Unitárias do Processamento Semi-Industrial de Polpas de Frutas

Etapa do Fluxograma	Descrição Operacional	Pontos Críticos de Controle (PCC) e Boas Práticas	de Relação com a Gestão Ambiental e Recursos Hídricos
1. Recepção	Descarregamento da matéria-prima e pesagem dos lotes vindos do campo.	da Avaliação visual rigorosa do grau de maturação e do descarte de frutos estragados.	Controle do balanço de massa para quantificar o rendimento e futuras perdas.
2. Lavagem e Sanificação	Pré-lavagem física seguida por imersão em água com solução clorada.	Monitoramento do tempo de contato e da concentração de cloro ativo (100 a 200 ppm).	Etapa crítica: Alto consumo hídrico. Exige descarte monitorado devido aos compostos clorados.
3. Seleção e Classificação	Catação manual dos frutos em mesas de aço inoxidável AISI 304.	Remoção minuciosa de lesões mecânicas e frutos com início de podridão.	Minimização da carga orgânica indesejada antes do processamento mecânico.
4. Descascamento e Despolpamento	Separação mecânica da polpa comestível das cascas, sementes e fibras.	Higienização constante das peneiras da despoldadeira para evitar focos de fermentação.	Geração de resíduos: Separação física do material que será descartado ou reaproveitado.
5. Padronização e Refino	Passagem da polpa por malhas finas (0,5 a 1,0 mm) e ajustes de formulação.	Homogeneização da textura e controle estrito de aditivos permitidos pelo MAPA.	Garantia da eficiência do processo, evitando o refugo de lotes fora do padrão técnico.
6. Gerenciamento de Resíduos	Segregação e destinação final de cascas, sementes e bagaços gerados.	Armazenamento correto em local isolado para evitar a atração de vetores e insetos.	Foco Ecológico: Direcionamento do resíduo sólido para compostagem ou alimentação animal.
7. Envase e Selagem	Acondicionamento volumétrico	Redução do ar interno em (<i>headspace</i>) para evitar	Emissão de frações de plástico reciclado/refugo.

	embalagens plásticas e oxidação e escurecimento da polpa.	Exige selagem hermética para evitar vazamentos.
8. Congelamento	Exposição dos pacotes selados a temperaturas extremas em túneis de congelamento.	Aplicação de congelamento rápido para formar microcristais e evitar a perda de líquidos (sinérese). Alto consumo de energia elétrica. Exige degelo planejado e manutenção preventiva.
9. Armazenamento	Estocagem definitiva das polpas congeladas em câmaras frias.	Manutenção contínua da temperatura interna a -18 °C ou inferior. Controle de estoque PEPS. Monitoramento térmico rigoroso para evitar descongelação e consequente refugo de produto.
10. Expedição	Carregamento dos lotes em veículos equipados com baú isotérmico refrigerado.	Verificação do pré-resfriamento do caminhão para manter a cadeia do frio intocada. Logística reversa de caixas de transporte e garantia de entrega de alimentos seguros.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A análise da Tabela 1 indica que o processamento de polpas em Quixaba-PB, via operações unitárias interdependentes, garante a conformidade com as normas do MAPA, destacando a triagem (Etapas 1-3) para controle microbiano e enzimático. A lavagem e sanificação, embora essenciais para a segurança, representam alto consumo hídrico, exigindo gestão de resíduos, enquanto o despulpamento (Etapa 4) oferece oportunidades para economia circular na destinação de cascas e sementes. O congelamento rápido e a manutenção da cadeia do frio asseguram a qualidade sensorial e a estabilidade do produto final até a expedição (Fernandes, 2022).

Recepção da Matéria-Prima

A etapa de recepção constitui a base operacional de toda a linha de produção e se configura como o primeiro Ponto Crítico de Controle ou Ponto de Maior Relevância Sanitária no fluxo agroindustrial. Na unidade semi-industrial investigada no município de Quixaba-PB, o fluxo se inicia com o descarregamento das frutas, majoritariamente oriundas de produtores da agricultura familiar local. Os lotes são imediatamente direcionados à plataforma de recebimento e submetidos à pesagem em balanças industriais devidamente aferidas e calibradas junto aos órgãos competentes.

Esse procedimento inicial é um requisito técnico indispensável, pois fornece os dados brutos necessários para o cálculo do rendimento industrial (balanço de massa global) e baliza o controle de perdas e a gestão financeira da organização. Como ponto de partida da linha de processamento, a recepção da matéria-prima conecta-se diretamente com o fluxo subsequente, conforme ilustrado no mapeamento geral de operações unitárias (**Figura 1**).



A correta execução desta etapa inicial é crucial para o sucesso das fases posteriores do fluxograma. O controle rigoroso na pesagem e a inspeção visual imediata na plataforma de desembarque funcionam como uma barreira sanitária e operacional primária, impedindo que lotes com alto índice de injúrias mecânicas ou deterioração avancem para as fases de seleção e sanificação, o que otimiza os recursos hídricos e garante a padronização do produto final.

Simultaneamente à pesagem, uma equipe técnica realiza uma avaliação físico-química e visual por amostragem estatística do lote. Essa inspeção é fundamentada nos seguintes parâmetros de qualidade:

Uniformidade do Grau de Maturação: Esta subetapa consiste na avaliação indireta do teor de sólidos solúveis totais expressos em graus Brix (°Brix) e na determinação da firmeza da polpa dos frutos recebidos. O monitoramento do °Brix é fundamental, pois indica a concentração de açúcares dissolvidos na seiva vacuolar e correlaciona-se diretamente com o estágio de maturação fisiológica da matéria-prima (Cruz, 2012). Para que o processo agroindustrial atinja sua eficiência máxima, o fruto deve estar no ápice de suas qualidades organolépticas, garantindo o rendimento ideal de suco e a padronização sensorial da polpa final. O rendimento industrial (R) em função do teor de sólidos solúveis pode ser estimado pela equação do balanço de massa simplificado:

$$R (\%) = (\text{Brix final} / \text{Brix inicial}) \times 100$$

Sanidade Fitossanitária: Inspeção minuciosa para verificar a ausência de patologias vegetais, infestações por insetos, larvas ou ataques de pragas comuns da região.

Integridade Física e Mecânica: Verificação de ferimentos, perfurações ou esmagamentos decorrentes do manejo inadequado na colheita ou no transporte.

Os frutos que se apresentam excessivamente verdes (com baixo rendimento de polpa e alta adstringência) ou em estágio avançado de senescência e decomposição são imediatamente segregados e recusados na plataforma. Essa triagem prévia impede que cargas microbiológicas elevadas (bactérias e fungos filamentosos) ou desvios de acidez titulável entrem na linha de processamento, o que comprometeria irremediavelmente os atributos sensoriais, a estabilidade reológica e a segurança microbiológica do lote final.

Lavagem e Sanificação

Com o objetivo de eliminar contaminantes físicos aderidos à epiderme do fruto — como resíduos de terra, poeira, defensivos agrícolas, galhos e folhas — e mitigar a densidade da microbiota

epifítica e contaminante original, a matéria-prima é submetida a um rigoroso protocolo de higienização dividido em duas fases sequenciais:

- Pré-lavagem por Hidrojateamento ou Imersão: Os frutos passam por tanques de alvenaria revestidos ou de aço inoxidável com água limpa corrente, ou recebem jatos de água sob pressão. Essa etapa promove o desprendimento mecânico das sujidades grosseiras superficiais e a lixiviação de detritos externos.
- Sanificação por Imersão em Solução Clorada: Na sequência, as frutas são imersas em tanques contendo uma solução de hipoclorito de sódio com concentração controlada de cloro ativo livre (mantida estritamente na faixa de 100 a 200 ppm). O tempo de contato e residência dos frutos varia de 10 a 15 minutos, intervalo ideal para que ocorra a oxidação e destruição das membranas celulares de microrganismos patogênicos e deterioradores.

Sob a perspectiva da Gestão de Recursos Hídricos, esta operação unitária representa a maior pegada hídrica e o maior consumo volumétrico de água de toda a planta industrial. Em conformidade com as diretrizes de Boas Práticas de Fabricação (BPF), a potabilidade da água de abastecimento é tratada como um requisito primordial e indispensável para a segurança do alimento. Na unidade investigada, observou-se a instalação de um sistema de filtração física por elemento filtrante de polipropileno acoplado diretamente ao ponto de uso da água destinada aos tanques de higienização (Figura 2).



Figura 2. Detalhe do sistema de pré-filtração de água de processo e identificação visual da unidade de processamento. Fonte: Dados da pesquisa, 2022).

A inclusão deste dispositivo de filtragem, evidenciado na Figura 2, atua na retenção de partículas em suspensão (como areia, ferrugem de tubulações e sedimentos finos), garantindo que a turbidez da água permaneça dentro dos limites regulamentares estabelecidos pela legislação sanitária nacional. Adicionalmente, essa retenção física primária evita que impurezas sólidas interfiram negativamente na estabilidade química do agente sanitificante.

Durante o acompanhamento na empresa, discutiu-se a necessidade imperiosa de um monitoramento sistemático do pH da água (que deve permanecer idealmente entre 6,5 e 7,5 para otimizar a presença do ácido hipocloroso, princípio ativo sanitizante) e da temperatura. Do ponto de vista ambiental, o descarte desse efluente cloroso e com carga orgânica nascente requer atenção especial e planejamento de engenharia. A agroindústria necessita de tanques de equalização, seguidos por processos de neutralização ou decoloração antes do lançamento definitivo na rede de efluentes, mitigando os riscos de contaminação química de ecossistemas aquáticos locais por compostos organoclorados ou subprodutos halogenados.

Seleção e Classificação

Após o término do tempo de contato na sanificação e a posterior remoção dos resíduos de cloro por meio de um enxágue final com água potável e desmineralizada, a matéria-prima é transferida de forma contínua para as mesas de seleção. Estas estruturas são obrigatoriamente construídas em aço inoxidável AISI 304, material recomendado pelas normas de engenharia sanitária por apresentar superfície não porosa, facilidade de higienização química e alta resistência à corrosão gerada pelos ácidos orgânicos naturais das frutas.

Nesta etapa, operadores devidamente paramentados com Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados, como toucas, luvas de nitrila e aventais impermeáveis, realizam a catação manual minuciosa. O objetivo central é executar uma inspeção fina, descartando:

Partes lesionadas ou machucadas que passaram despercebidas na recepção;

Frutos que sofreram injúrias mecânicas ou rachaduras durante o turbilhonamento nos tanques de lavagem;

Frutos que manifestaram podridão interna crônica apenas após a hidratação da casca.

Essa classificação final atua como uma barreira física de segurança, assegurando que exclusivamente tecidos vegetais 100% sadios, maduros e viáveis avancem para as etapas mecânicas de descascamento e despulpamento. Essa prática impacta positivamente a estabilidade física da emulsão, a retenção de compostos bioativos (vitaminas e polifenóis) e preserva a cor característica, o sabor autêntico e o aroma natural da polpa congelada, atendendo aos rigorosos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) exigidos pelo mercado e pela fiscalização agropecuária (Embrapa, 2007).

Descascamento e Despulpamento

A etapa de despulpamento constitui o núcleo do processamento tecnológico, sendo a operação unitária responsável pela transformação física da matéria-prima bruta no produto intermediário de interesse comercial. Na unidade semi-industrial investigada, esta operação é conduzida de forma inteiramente mecânica com o auxílio de uma despulpadeira horizontal, equipada com motor elétrico trifásico e chassi estrutural de sustentação (**Figura 3**).



Figura 3. *Despulpadeira mecânica horizontal em aço inoxidável utilizada na separação de frações constituintes das frutas. Fonte: Dados da pesquisa, 2022).*

Conforme evidenciado na **Figura 3**, o equipamento possui uma estrutura de contato com o alimento inteiramente construída em aço inoxidável AISI 304, atendendo rigorosamente às exigências de sanitização das Boas Práticas de Fabricação (BPF) para evitar contaminações por corrosão ou fixação de biofilmes bacterianos. O princípio operacional baseia-se na força centrífuga e no impacto mecânico: os frutos higienizados entram pelo bocal superior de alimentação e são impulsionados por batedores (pás internas) contra uma peneira cilíndrica perfurada. O diâmetro da malha dessa peneira varia conforme a espécie frutícola processada, refinando a textura da polpa líquida que escoar pela calha inferior.

Sob a perspectiva da engenharia de processos e sustentabilidade, esta etapa atua como o ponto divisor de fluxos de massa da planta industrial, gerando duas frações distintas: o produto nobre (polpa integral) e os subprodutos agroindustriais (compostos por cascas, sementes e fibras retidas na peneira). Durante o diagnóstico na empresa, constatou-se que essas frações residuais orgânicas representam um volume expressivo de descarte diário.

Diante disso, discutiu-se a aplicação emergencial de conceitos de **Produção Mais Limpa (PML)** e **Economia Circular**. Em vez de dispor esses resíduos em lixões ou aterros comuns — o que geraria passivos ambientais como a atração de vetores e a emissão de gases de efeito estufa pela decomposição descontrolada —, a unidade semi-industrial possui alto potencial para o direcionamento estratégico dessa biomassa. As sementes e cascas podem ser inseridas em cadeias produtivas regionais através da compostagem termofílica para geração de condicionadores de solo orgânicos, ou destinadas à suplementação na nutrição animal da pecuária local, fechando o ciclo de materiais dentro do ecossistema do Semiárido paraibano.

Padronização e Refino

A fração líquida e viscosa obtida no despulpamento primário flui por gravidade ou por bombeamento sanitário (bomba helicoidal ou centrífuga de inox) para tanques de refino. Esses tanques contam com despulpadeiras refinadoras de rotação controlada, equipadas com peneiras de abertura micrométrica ainda mais restrita, variando de 0,5 mm a 1,0 mm. O objetivo dessa etapa é interceptar fragmentos microscópicos remanescentes, tais como partículas de sementes trituradas, fibras lignificadas insolúveis e películas epifíticas que conseguiram transpor a barreira física do primeiro peneiramento. Esse refino garante a obtenção de uma fase fluida altamente homogênea, com viscosidade aparente uniforme e livre de sinérese macroscópica, que são atributos de qualidade sensorial exigidos pelo mercado consumidor e por indústrias secundárias de bebidas.

Nessa fase de formulação industrial, e quando amparada pelos Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ) de cada fruto vigentes no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), pode ser executada a padronização das características físico-químicas do lote. Na agroindústria investigada, constatou-se a presença de um rígido protocolo de monitoramento visual e analítico afixado diretamente nas paredes da área de processamento, orientando os operadores quanto aos limites críticos permitidos (**Figura 4**).

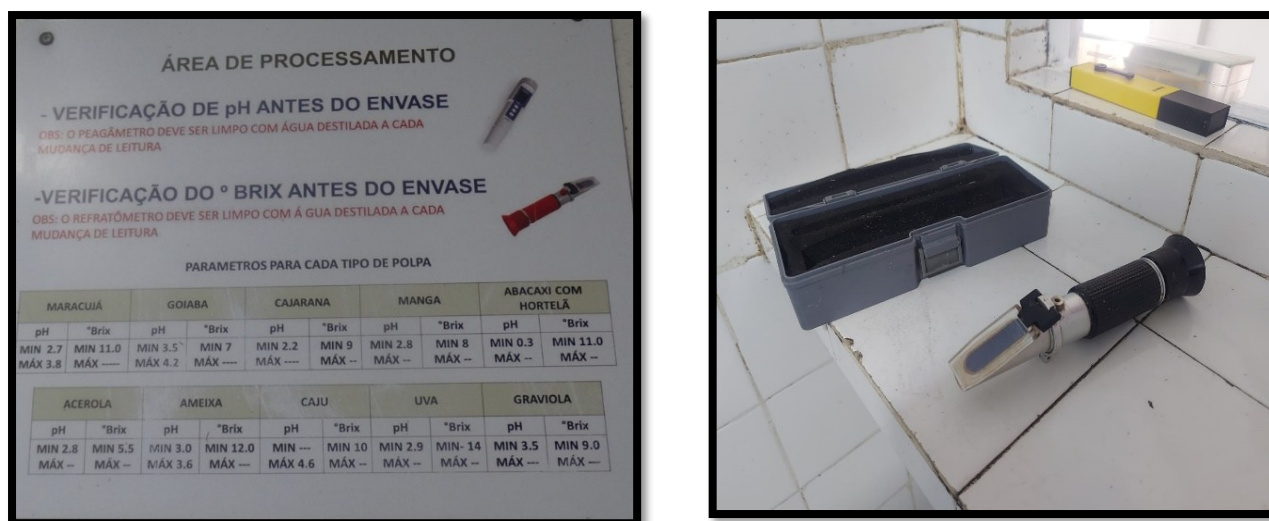


Figura 4. Instruções de trabalho para controle de pH e sólidos solúveis (°Brix) por tipo de polpa e detalhe do refratômetro óptico utilizado nas análises. Fonte: Dados da pesquisa, 2022).

Conforme detalhado na **Figura 4**, antes do envase, realizam-se testes rápidos de bancada utilizando um potenciômetro (peagâmetro) e um refratômetro óptico manual para as seguintes correções técnicas:

- **Ajuste de Acidez e pH:** Correção por meio da adição calculada de agentes acidulantes permitidos, como o ácido cítrico industrial.
- **Ajuste de Sólidos Solúveis Totais (°Brix):** Homogeneização do teor de açúcares livres quando o lote vindo do campo apresenta-se abaixo do padrão de identidade fixado. Quando necessária a mistura de dois lotes com concentrações diferentes para atingir o °Brix alvo, utiliza-se a equação do balanço de massa para misturas binárias:

$$M1 \times \text{Brix1} + M2 \times \text{Brix2} = M_{\text{final}} \times \text{Brix}_{\text{final}}$$

Onde "M" representa a massa de cada lote (em kg) e "Brix" a respectiva concentração de sólidos solúveis de cada fração.

Toda e qualquer incorporação de aditivos químicos, conservantes (como o benzoato de sódio ou metabisulfito de potássio, se aplicáveis) ou coadjuvantes de tecnologia deve respeitar rigorosamente os limites de ingestão diária aceitável regulamentados pela ANVISA e pelo MAPA. Além disso, devem ser obrigatoriamente declarados de forma clara e visível no painel de rotulagem nutricional e na lista de ingredientes do produto final, garantindo o direito à informação e a segurança do consumidor.

Gerenciamento de Resíduos e Descarte

O processamento em escala semi-industrial de polpas é intrinsecamente um grande gerador de subprodutos e resíduos orgânicos, compostos majoritariamente pelas frações não comestíveis isoladas nas etapas de despulpamento e refino (cascas, sementes e bagaços insolúveis). Sob a ótica da Gestão Ambiental, esses materiais descartados são caracterizados por apresentarem uma elevada carga orgânica biodegradável e alto teor de umidade. Caso sejam depositados de maneira inadequada sobre o solo, sem impermeabilização, ou descartados em lixões municipais a céu aberto, esses resíduos sofrem processos rápidos de decomposição microbiana anaeróbica. Isso resulta na lixiviação de chorume altamente poluente (com elevados índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO), contaminação de lençóis freáticos e na emissão de gases de efeito estufa (como o metano), além de propiciar a atração e proliferação de vetores biológicos de doenças.

Na agroindústria de Quixaba-PB, as discussões técnicas convergiram para a necessidade vital de implementar conceitos modernos de Economia Circular e diretrizes de Produção Mais Limpa (PML), visando transformar o passivo ambiental em um ativo econômico. Esses subprodutos vegetais detêm um expressivo potencial biotecnológico e de agregação de valor através de rotas sustentáveis de reaproveitamento, tais como:

Nutrição Animal Regional: Encaminhamento direto para a alimentação de rebanhos bovinos, caprinos ou suínos de produtores rurais do Semiárido, funcionando como alternativa nutricional em períodos de estiagem.

Compostagem Orgânica Industrial: Disposição em leiras técnicas para degradação aeróbica controlada, gerando biofertilizantes ricos em matéria orgânica para reinserção na própria cadeia produtiva agrícola local.

Extração de Compostos de Alto Valor Agregado: Utilização pela indústria química ou farmacêutica para o isolamento de pectinas, óleos essenciais contidos nas sementes, pigmentos naturais (como carotenoides) e compostos fenólicos bioativos com propriedades antioxidantes.

Envase e Selagem

A polpa refinada, homogeneizada e devidamente resfriada é bombeada para os tanques pulmão das envasadoras mecânicas (automáticas ou semiautomáticas de acionamento pneumático). O produto é acondicionado volumetricamente em embalagens plásticas flexíveis, fabricadas com polímeros técnicos como o polietileno de alta densidade ou o polietileno de baixa densidade. Esses materiais são selecionados por apresentarem excelente inércia química, resistência ao impacto mecânico sob baixas temperaturas e barreiras eficazes contra contaminantes externos. As volumetrias comerciais verificadas na planta fabril variam desde porções individuais e fracionadas de 100 g (voltadas ao varejo e uso doméstico) até embalagens industriais e institucionais de 1 kg (destinadas a programas governamentais e grandes redes de *food service*).

O controle operacional e de engenharia nesta fase é considerado crítico e tem como foco principal mitigar ao máximo a incorporação de oxigênio atmosférico no interior do filme plástico, reduzindo o chamado *headspace* (espaço de cabeça ou volume morto). A presença de oxigênio residual aprisionado acelera as reações cinéticas de oxidação lipídica e degradação autocatalítica de micronutrientes hidrossolúveis termolábeis, como a vitamina C (ácido ascórbico). Isso desencadeia o fenômeno do escurecimento enzimático mediado pelas enzimas polifenoloxidase (PFO) e peroxidase (POD), alterando as qualidades organolépticas, a cor natural e reduzindo o tempo de prateleira útil do produto.

Imediatamente após o preenchimento volumétrico, os invólucros plásticos passam por barras de selagem térmica temporizada sob pressão mecânica uniforme. Esse processo garante o fechamento hermético e impede vazamentos ou microperfurações durante as fases de contração térmica no congelamento. Por fim, os pacotes recebem a chancela automatizada por carimbo indelével ou ink-jet contendo a identificação do lote de fabricação, data de processamento e o prazo de validade estipulado, consolidando o sistema de rastreabilidade integral exigido pelas agências de vigilância sanitária.

Congelamento

Imediatamente após a conclusão do ciclo de selagem hermética, as embalagens de polpa são submetidas ao congelamento rápido, etapa que atua como o método físico definitivo de conservação biológica do produto. O arranjo físico (*layout*) e a gestão operacional desta área devem ser rigorosamente planejados: os pacotes plásticos são acondicionados de forma individualizada em bandejas metálicas perfuradas e introduzidos em túneis de congelamento por ar forçado de alta velocidade ou em freezers industriais de placas paralelas. Deve-se mitigar de forma absoluta o empilhamento desordenado ou excessivo das embalagens nesta fase, uma vez que pacotes sobrepostos geram bolsões de ar isolantes que atuam como barreiras térmicas, retardando a taxa de transferência de calor por condução e convecção.

A velocidade com que o calor latente de fusão é removido do produto constitui um parâmetro termodinâmico e de qualidade extremamente crítico. O congelamento rápido induz a uma nucleação massiva e instantânea da água livre presente na polpa, resultando na formação de microcristais de gelo intracelulares distribuídos de maneira homogênea por toda a matriz vegetal.

Caso a agroindústria operasse sob um regime de congelamento lento (como a simples disposição direta em freezers domésticos ou comerciais sem circulação forçada de ar), o gradiente térmico reduzido favoreceria o crescimento de macrocristais de gelo pontiagudos e irregulares no espaço extracelular. Esses grandes cristais exercem pressão mecânica severa, perfurando e rompendo as paredes celulares e as membranas plasmáticas do tecido da fruta.

Como consequência direta desse dano estrutural, no momento do descongelamento pelo consumidor final, ocorreria o fenômeno da **sinérese macroscópica** (perda excessiva de exsudato fluido). Isso resultaria em uma polpa visualmente aguada, com perda de viscosidade aparente,

separação de fases e, o mais grave, a lixiviação de nutrientes hidrossolúveis essenciais, tais como vitaminas do complexo B, ácido ascórbico (vitamina C) e sais minerais.

Armazenamento

Uma vez alcançados o equilíbrio térmico e a solidificação completa da matriz em toda a sua extensão geométrica, os lotes de polpa são transferidos para as câmaras frias de estocagem e guarda definitiva. A temperatura cinemática do ar no interior desses ambientes fechados deve ser monitorada em regime contínuo (24 horas) por meio de sensores térmicos e termômetros digitais calibrados, acoplados a sistemas de alarme visual e sonoro. A regulamentação sanitária exige que a temperatura de guarda seja mantida rigorosamente a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou valores inferiores.

Sob essas condições de frio extremo, a entalpia do sistema é reduzida e a atividade da água livre (a_w) é virtualmente zerada pelo seu aprisionamento na forma de gelo, o que inviabiliza a ocorrência de reações químicas mediadas por água. O metabolismo celular de bactérias, leveduras e fungos filamentosos entra em estado de latência metabólica completa, e a cinética das reações enzimáticas deterioradoras é drasticamente retardada. Essa estabilização físico-química e biológica confere às polpas uma vida útil (*shelf-life*) estendida que pode atingir de 12 a 24 meses, a depender da espécie de fruta processada e da integridade da barreira plástica.

A gestão logística desse estoque congelado deve seguir de forma compulsória o modelo operacional PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai), internacionalmente conhecido como *FIFO* (*First In, First Out*). Esse controle de fluxo evita o envelhecimento precoce ou o esquecimento de lotes antigos nas zonas de menor circulação de ar (fundo da câmara fria), garantindo a perfeita homogeneidade cronológica dos produtos despachados ao mercado.

Expedição

A etapa final de expedição compreende a desestocagem programada, a conferência de lotes e o carregamento dos paletes ou caixas de transporte nos veículos de distribuição. Para assegurar de forma irrestrita que a cadeia do frio não sofra rupturas térmicas — o que invalidaria todos os controles tecnológicos executados nas etapas anteriores —, os veículos de transporte (furgões ou caminhões baú) devem ser obrigatoriamente dotados de isolamento térmico isotérmico de poliuretano expandido e equipados com unidades compressoras de refrigeração industrial independentes. É um requisito de boas práticas que o baú de carga seja submetido a um pré-resfriamento térmico antes do início do estivamento das polpas, evitando que o calor residual das paredes do veículo seja transferido para as embalagens periféricas.

A manutenção estrita de temperaturas estavelmente negativas durante todo o trânsito logístico e rododimediterrâneo é crucial. Quaisquer oscilações térmicas positivas, mesmo que temporárias, provocam ciclos parciais indesejados de descongelação superficial seguidos de recongelamento. Esse

ciclo físico destrói a microestrutura cristalina original da polpa e, sob o ponto de vista microbiológico, eleva a temperatura de superfície a patamares que permitem o despertar e a multiplicação acelerada de microrganismos psicrotróficos e esporulados deterioradores.

O fluxo de escoamento dessa agroindústria semi-industrial em Quixaba-PB atende a canais de comercialização diversificados, abrangendo desde o varejo supermercadista local e regional até mercados institucionais de alta relevância socioeconômica, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA). Dessa forma, a agroindústria cumpre com excelência seu papel de vetor de segurança alimentar, transformando a safra agrícola perecível em um alimento seguro, nutritivo e disponível ao longo de todo o ano civil.

ANÁLISE DE VIABILIDADE E ECONOMIA DO PROCESSO

A atividade de processamento de polpas de frutas consolida-se como um modelo de negócios dotado de elevada atratividade econômica, segurança operacional e viabilidade financeira sustentável. Em termos macroeconômicos, o setor demanda investimentos em bens de capital (CapEx) e despesas operacionais (OpEx) relativamente moderados quando comparados a outras indústrias de transformação de alimentos de origem animal ou de síntese química. Essa acessibilidade tecnológica permite que empreendimentos de caráter semi-industrial alcancem o ponto de equilíbrio (*break-even point*) de forma acelerada. A engenharia econômica e o cerne da alta rentabilidade desse segmento agroindustrial fundamentam-se em dois fatores mercadológicos de natureza complementar:

Mitigação das Flutuações de Preços e Absorção do Desperdício de Safra: Durante os períodos de pico de safra, a oferta de frutas *in natura* no mercado interno excede significativamente a demanda imediata de consumo. Esse excedente gera uma deflação acentuada nos preços pagos ao produtor na porteira do campo. A agroindústria atua de forma estratégica nesse momento, adquirindo grandes volumes de matéria-prima a custos substancialmente reduzidos. Essa dinâmica minimiza o desperdício pós-colheita do agricultor familiar e fixa uma base de custo de produção altamente competitiva para a empresa.

Agregação de Valor e Estabilização de Commodities: O processamento tecnológico por meio das operações unitárias de despulpamento, refino e posterior congelamento rápido desvincula o produto da volatilidade imediata do mercado de perecíveis. Transforma-se uma commodity agrícola de vida útil curtíssima em um bem industrializado estável, padronizado, de alta densidade econômica e estocável por longos períodos. Esse fator elimina a necessidade de liquidação imediata do estoque, permitindo que a comercialização ocorra de forma planejada, com margens de contribuição e lucros brutos significativamente ampliados.

Tabela 2: Matriz de Agregação de Valor e Estabilização Econômica no Processamento de Frutas

Estágio da Cadeia	da Matéria-Prima	Condição da	Características Comerciais	Impacto no Fluxo de Caixa / Agroindústria
Entrada (Input)		Fruta <i>in natura</i>	<ul style="list-style-type: none"> Alta percebibilidade. Baixo preço de aquisição (pico de safra). Risco elevado de perdas pós-colheita. 	<ul style="list-style-type: none"> Compra de estratégia com custo de produção minimizado devido ao excesso de oferta no campo.
			Transformação Técnico	<ul style="list-style-type: none"> Execução de operações unitárias (despolpamento e refino). Aplicação de Boas Práticas de Fabricação (BPF).
Saída (Output)		Polpa Congelada	<ul style="list-style-type: none"> Produto industrializado estável (até 12 meses). Alto valor agregado comercial. Fornecimento contínuo na entressafra. 	<ul style="list-style-type: none"> Comercialização planejada com margens de lucro ampliadas e excelente liquidez em mercados institucionais.

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Embora a estrutura de custos variáveis (como energia elétrica para manutenção do frio, insumos de embalagem e mão de obra sazonal) flutue em decorrência da sazonalidade climática e dos regimes de estiagem característicos do ecossistema do Semiárido, o produto final apresenta excelente liquidez de mercado. Para mitigar os riscos associados aos períodos de entressafra e garantir a estabilidade do fluxo de caixa, a matriz comercial da unidade semi-industrial de Quixaba-PB deve diversificar seus canais de escoamento.

O direcionamento da produção para o segmento de *Food Service* (composto por redes de restaurantes, hotéis, hospitais e lanchonetes) e a participação ativa em licitações públicas para mercados institucionais de segurança alimentar como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) formam uma blindagem financeira. Esses contratos garantem contratos de compra de longo prazo com preços fixados, diluindo os custos fixos da planta e assegurando a sustentabilidade econômica do arranjo agroindustrial ao longo de todo o ano civil.

RECOMENDAÇÃO LEGAL E DIRETRIZES DE BOAS PRÁTICAS

Para obter a regularização sanitária, ambiental e operacional de uma unidade agroindustrial semi-industrial de polpas de frutas, torna-se obrigatório o cumprimento estrito do complexo arcabouço normativo coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A conformidade regulatória não deve ser encarada apenas como uma exigência burocrática e fiscal, mas sim como uma ferramenta de garantia de segurança de alimentos, mitigação de riscos à saúde pública e preservação ambiental.

No âmbito federal, a planta deve atender rigorosamente aos padrões higiênico-sanitários e de identidade estabelecidos por diretrizes consolidadas, como a Instrução Normativa nº 49/2018 do MAPA (que estabelece o padrão de identidade e qualidade de sucos e polpas de frutas) e a Resolução RDC nº 275/2002 da ANVISA (que dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados). As ações práticas de conformidade técnica e engenharia legal estruturam-se em três pilares fundamentais de auditoria:

Adequação Física e Layout Industrial (Arquitetura Sanitária): As instalações físicas da planta industrial devem ser projetadas de acordo com os princípios da engenharia sanitária, respeitando de forma absoluta o princípio do fluxo linear unidirecional (avanço contínuo do processo, impedindo o cruzamento de linhas operacionais). É imperiosa a existência de barreiras físicas e separações rígidas (paredes de alvenaria impermeáveis e de fácil higienização) entre a chamada "área suja" (setor de recepção periférica, pré-lavagem física por hidrojateamento e seleção preliminar de campo) e a "área limpa" (zona de despulpamento mecânico, refino fino, formulação, envase volumétrico e selagem térmica). Essa configuração arquitetônica mitiga os riscos de contaminação cruzada biológica gerada por correntes aéreas turbulentas, poeira suspensa ou tráfego inadequado de operadores e utensílios entre setores distintos.

Documentação Técnica e Sistema de Garantia da Qualidade: É mandatória a elaboração, a homologação e a atualização contínua de um compêndio documental técnico auditável. Esse acervo inclui o Memorial Descritivo das Instalações e dos Equipamentos, o Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) customizado para a realidade física da agroindústria de Quixaba-PB e a implantação sistemática dos Procedimentos Operacionais Padronizados (POPs). Os POPs funcionam como instruções de trabalho rigorosas e devem normatizar ações cotidianas críticas, tais como: a higienização química de superfícies e maquinários (protocolos de limpeza e desinfecção), o manejo integrado de pragas e vetores urbanos (MIP), a higiene e saúde dos manipuladores, e o controle rigoroso da potabilidade da água de abastecimento. Toda essa documentação fundamenta as bases para a futura implementação do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC/HACCP), exigido para mercados de exportação ou redes corporativas de alimentos.

Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos (Eco-conformidade): Sob a ótica da sustentabilidade no semiárido paraibano, a planta agroindustrial necessita possuir a outorga regularizada de direito de uso de recursos hídricos junto aos órgãos ambientais competentes (como a AESA na Paraíba), validando legalmente a captação de água, seja por meio de poços tubulares profundos ou da rede pública. A empresa deve apresentar e arquivar laudos laboratoriais analíticos

periódicos (físico-químicos e microbiológicos) que atestem que a água utilizada no processamento direto, no enxágue fino e na fabricação de gelo atende estritamente aos padrões de potabilidade humana vigentes na legislação do Ministério da Saúde. Além disso, em conformidade com as resoluções vigentes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a agroindústria deve projetar e operar um sistema de tratamento de efluentes líquidos industriais eficiente (composto por caixas retentoras de gordura/sólidos, tanques de equalização/neutralização do cloro e filtros biológicos anaeróbicos). Esse sistema visa reduzir drasticamente a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Carga Orgânica Solúvel antes do descarte final do efluente tratado nos corpos receptores locais, eliminando passivos ambientais e multas severas dos órgãos fiscalizadores.

CONCLUSÃO

A vivência prática e o acompanhamento sistemático das operações unitárias na unidade semi-industrial de polpas de frutas localizada no município de Quixaba-PB evidenciaram o papel estratégico e indispensável da tecnologia de alimentos na redução do desperdício pós-colheita e na promoção da segurança alimentar regional. O mapeamento do fluxograma produtivo demonstrou a existência de um rito operacional sequencial e padronizado que atua de forma integrada. Constatou-se que a eficiência tecnológica da planta é diretamente dependente do cumprimento rigoroso das diretrizes de Boas Práticas de Fabricação (BPF). Desde o controle inicial na plataforma de recepção até o congelamento rápido e a manutenção rigorosa da cadeia do frio na expedição, cada etapa funciona como uma barreira técnica essencial para salvaguardar a estabilidade físico-química, as qualidades organolépticas e a conformidade microbiológica do produto final.

Sob a ótica da Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos, o diagnóstico operacional permitiu concluir que a agroindústria de polpas possui uma pegada hídrica expressiva e concentrada, demandando um monitoramento volumétrico constante do consumo de água potável — insumo crítico e vital para a viabilidade das etapas de hidrojateamento, lavagem e higienização química de instalações e maquinários. Em paralelo, o volume significativo de efluentes gerados com residual de cloro ativo e a expressiva geração de resíduos orgânicos sólidos (cascas e sementes) reforçam a necessidade de investimentos contínuos em sistemas eficientes de tratamento de efluentes e em rotas tecnológicas sustentáveis de descarte e reaproveitamento.

Conclui-se, portanto, que o setor agroindustrial de polpas de frutas detém um potencial substancial para a adoção de tecnologias e conceitos de Produção Mais Limpa (PML) e Economia Circular. A conversão de passivos orgânicos em ativos econômicos secundários — através da nutrição animal ou da compostagem — aliada ao reuso planejado da água de enxágue e à conformidade legal junto ao MAPA e aos órgãos ambientais, consolida este segmento como um verdadeiro vetor de desenvolvimento sustentável, resiliência hídrica e fortalecimento socioeconômico para o arranjo produtivo local no Semiárido paraibano.

REFERÊNCIAS

- ALESSIO, L., SINKERE, L. M., DE SOUZA, B. B., & RIBEIRO, D. R. S. Proposta de implementação de tecnologias da indústria 4.0 em uma produção alimentícia utilizando o mapeamento de fluxo de valor. **Revista Produção Online**, v. 24, n. 4, p. 5316-5316, 2024.
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; DUARTE FILHO, Jaime; SOUZA, Clovis Maurilio de. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 413-419, 2003.
- BRASIL, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. https://fatecguarulhos.edu.br/mostra/arquivos/PdfparaoSite/NBR_6023.pdf acesso em 19/06/2026
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**.. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 out. 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018**.. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 set. 2018. [1, 2]
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 mai. 2011.
- CRUZ, Larissa Prado da. **Caracterização do proteoma de entrenós maduros e imaturos de cana-de-açúcar durante o estágio de maturação**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012. 199p. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-05112012-092946/publico/Larissa_Prado_da_Cruz_versao_revisada.pdf acessado em 19/06/2026.
- EMBRAPA. **Manual de perdas pós-colheita em frutos e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 17 jun. 2026.
- FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática**. Artmed Editora, 2018.
- FREITAS, R. N. DE S., SOUZA, P. A., SILVA, M. E. T., SILVA, F. L., & MARACAJÁ, P. B. Caracterização pós-colheita de figos, *Ficus carica* L., produzidos sob diferentes condições de cultivo na Chapada do Apodi, CE. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, 10(1), 6. (2015).
- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.
- GUERRA, A. M. N. DE M, FERREIRA, J. B de A., COSTA, A. C. M., TAVARES, P. R. F., & Maracajá, P. B.. Perdas pós-colheita em tomate, pimentão e cebola no mercado varejista de Santarém-PA. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 10, n. 3, p. 08-17, 2014.

FERNANDES, Lara Christiane Batista; DA SILVA, Catarine Santos. Capítulo 5 plantas alimentícias não convencionais no rio grande do norte: uma revisão de literatura. **Meio ambiente**, v. 100, 2022.

MOURA, Cláudia de Andrade. Boas práticas de fabricação (BPF) no abate e processamento de carne suína: Análise da aplicação de diferentes estratégias de ensino – aprendizagem. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ 2009. 98 f. Disponível em: <https://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/12147> Acesso em:19/06/2026

MUNIZ, Alexsandra Maria Vieira. Reestruturação Produtiva e Espacial e as Implicações no Trabalho Agroindustrial. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2024. (Coleção Estudos Geográficos). Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/79100>. Acesso em:19/06/2026

SAITO, B. C., REINERT, K. A., DOS ANJOS, A. G., & ZIMMERMANN, G. Perda e Desperdício de alimentos: um panorama das ações, desafios e oportunidades. **Revista Mirante (ISSN 1981-4089)**, v. 18, n. 2, p. 339-351, 2025.

SENHOR, R. F., DE SOUZA, P. A., NETO, R. C. A., MARACAJÁ, P. B., & DO NASCIMENTO, F. J.. Manejo de doenças pós-colheita. **Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 4, n. 1, p. 1, 2009.

SOUZA, P. A., DA SILVA FREITAS, R. V., BATISTA, E. M., DA COSTA, F. B., & MARACAJÁ, P. B. Armazenamento de atemoias, *Annona squamosa* x *Annona cherimola*, recobertas com filme PVC. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 39, 2015

SOUSA, S. M. F. Elaboração, caracterização e conservação de polpas mistas a base de frutas e hortaliças. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil 2020. 45 f., Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/18739> Acesso em:19/06/2026