

João Vitor De Sousa Sobral
Luiz da Silva Ferreira Junior
Alliny Samara Lopes de Lima
Ana Terra de Medeiros Felipe
Suian Moreira Santos Fontes
Liana Franco Padilha
Márcia Regina da Silva Pedrini

DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA ALCOÓLICA FERMENTADA À BASE DE UMBU-CAJÁ (*Spondias bahiensis*)



João Vitor De Sousa Sobral
Luiz da Silva Ferreira Junior
Alliny Samara Lopes de Lima
Ana Terra de Medeiros Felipe
Suian Moreira Santos Fontes
Liana Franco Padilha
Márcia Regina da Silva Pedrini

**DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA ALCOÓLICA
FERMENTADA À BASE DE UMBU-CAJÁ
(*SPONDIAS BAHIENSIS*)**

EDITORA PASCAL
2025

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Autores

Conselho Editorial

Dr^a Aurea Maria Barbosa de Sousa

Dr. Saulo José Figueiredo Mendes

Dr. Leonardo França da Silva

Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dr^a Gerbeli de Mattos Salgado Mochel

Dr^a Thais Roseli Corrêa

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr^a Michela Costa Batista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S677d

Sobral, João Vitor de Sousa; Ferreira Junior, Luiz da Silva; Lopes de Lima, Alliny Samara; Felipe, Ana Terra de Medeiros; Fontes, Suian Moreira Santos Fontes; Padilha, Liana Franco; Pedrini, Márcia Regina da Silva

Desenvolvimento de bebida alcoólica fermentada à base de umbu-cajá (*Spondias bahiensis*) / João Vitor de Sousa Sobral et al. — São Luís: Editora Pascal, 2025.

54 f. : il.:

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-172-9

D.O.I.: 10.29327/5622347

1. Cajarana. 2. Fermentação. 3. Fermentado de frutas . 4.Umbu-cajá. 5. Vinha de frutas. I. Sobral, João Vitor De Sousa. II. Ferreira Junior, Luiz da Silva. III. Lopes de Lima, Alliny Samara. IV. Felipe, Ana Terra de Medeiros. V. Fontes, Suian Moreira Santos Fontes. VI. Padilha, Liana Franco. VII. Pedrini, Márcia Regina da Silva. VIII. Título.

CDU: 634.6+663.8 (81)

Qualquer parte deste livro poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, desde que seja citado o autor.

PREFÁCIO

A pesquisa que originou este trabalho tem como ponto de partida uma inquietação comum a muitos estudantes e profissionais da área de alimentos: como promover a valorização de frutos nativos brasileiros por meio da ciência e da tecnologia, transformando saberes tradicionais em soluções inovadoras e sustentáveis? A escolha do umbu-cajá como protagonista desta jornada não foi por acaso. Trata-se de uma espécie simbólica do Nordeste, com potencial nutritivo e sensorial notável, mas ainda subutilizada e ameaçada de desaparecer diante do avanço de práticas agrícolas que negligenciam a biodiversidade local.

Ao propor a elaboração de uma bebida alcoólica fermentada à base de umbu-cajá, este trabalho buscou ir além da criação de um novo produto. Ele representa um esforço consciente de integrar conhecimento técnico, viabilidade econômica e valorização cultural. Cada etapa desenvolvida, do estudo da fruta à concepção do processo produtivo, passando pelos cálculos de rendimento, layout industrial e análise de mercado, foi pensada para demonstrar que é possível inovar sem romper com as raízes. É possível, sobretudo, empreender com propósito e responsabilidade.

Publicar este projeto em formato de livro é um passo importante para ampliar o alcance dessa ideia. Mais do que apresentar resultados, esta obra pretende inspirar outras iniciativas que unam ciência, território e afeto. Afinal, desenvolver um fermentado é também fermentar ideias: fazer crescer o que antes era apenas semente. Que este livro sirva como ponto de partida para novos olhares sobre o que a natureza brasileira tem a oferecer, especialmente quando guiada pelo respeito ao saber local e pela busca por um futuro mais sustentável.

João Vitor de Sousa Sobral

Engenheiro de Alimentos, UFRN

AUTORES

João Vitor de Sousa Sobral



Graduado em Engenharia de Alimentos (2025) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com um ano de mobilidade acadêmica no Institut Agro Dijon, na França (2022–2023), onde se especializou em biotecnologia, microbiologia e alimentos fermentados. Atuou na área de controle de qualidade em indústria alimentícia, com foco na implementação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Melhoria Contínua. Atualmente, é pesquisador e empreendedor na área de bebidas alcoólicas fermentadas.

Luiz da Silva Ferreira Junior



Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, 2021). Atualmente é mestrando em Engenharia Química no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ) da UFRN. Desenvolve pesquisas na área de Microbiologia Aplicada e Bioprocessos, com foco na imobilização de leveduras para otimização de processos fermentativos. Tem experiência nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Bioprocessos, atuando especialmente no desenvolvimento de sistemas fermentativos para produção de alimentos e bebidas.

Alliny Samara Lopes de Lima



Graduada em Engenharia de Alimentos (2022) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com período de mobilidade acadêmica no Institut AgroDijon, França (2021–2022), onde realizou uma especialização em Fermentação e Biotecnologia. Mestre em Engenharia Química (2025) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFRN (PPGEQ/UFRN), com atuação no Laboratório de Bioprocessos (Labio/LEA/DEQ/UFRN). Atualmente é doutoranda em Engenharia Química pela UFRN, desenvolvendo pesquisas voltadas à coencapsulação de compostos bioativos e probióticos. Possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Bioprocessos e Microbiologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: bebidas fermentadas, encapsulação por spray dryer, valorização de resíduos agroindustriais e obtenção de compostos bioativos.

Ana Terra de Medeiros Felipe



Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com atuação no Laboratório de Controle de Qualidade (LEA/UFRN), desenvolvendo pesquisas nas áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com foco em sustentabilidade, valorização de resíduos agroindustriais e marinhos, desenvolvimento de embalagens e aplicação da Análise de Ciclo de Vida (ACV). Mestre em Engenharia Química pela UFRN (2025), com ênfase na caracterização de macroalgas locais como fonte alternativa de materiais celulósicos para aplicações em embalagens sustentáveis. Coursou, como bolsista do programa ERASMUS, o mestrado internacional em Ciências dos Alimentos e Nutrição – SUFFICIENT (Sustainable Food Formulation: Innovation, Choice of Ingredients; Energy, Nutrition Trade Challenges) pelo Institut Agro Dijon (França, 2022), com foco na formulação de alimentos sustentáveis. Possui dupla formação em Engenharia de Alimentos (UFRN, 2022) e Nutrição (Universidade Potiguar, 2019), além de dupla especialização em Tecnolo-

gia de Processos e em Tecnologia de Alimentos (Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera, 2024). Foi bolsista do programa Ciência sem Fronteiras (graduação sanduíche) no Department of Chemical and Process Engineering da POSTECH (Pohang University of Science and Technology), na Coreia do Sul (2014–2015), atuando com tecnologias aplicadas à engenharia de processos e biotecnologia. Tem experiência em projetos interdisciplinares voltados à inovação tecnológica, economia circular e desenvolvimento de produtos sustentáveis para o setor agroalimentar. Na iniciativa privada, foi fundadora e diretora geral da padaria artesanal Pão da Terra, com foco em fermentação natural, utilizando ingredientes orgânicos certificados e aplicando conceitos de rastreabilidade, nutrição funcional e sustentabilidade na cadeia produtiva.

Suian Moreira Santos Fontes



Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC) e mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com atuação no Laboratório de Processos de Separação de Alimentos (LAPSEA/UFRN). Possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em análises físico-químicas, quantificação de ácidos graxos por cromatografia gasosa (CG) e identificação de antioxidantes e flavonoides por HPLC. Atuou como docente no ensino técnico e tecnológico nas áreas de alimentos e segurança do trabalho, no SENAI e no Colégio Politécnico Humberto Ribeiro Reis. Foi também integrante do grupo de pesquisa CEACROM – Centro de Estudos e Análises Cromatográficas.

Liana Franco Padilha



Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria (2004), mestrado e doutorado em Engenharia Química pela COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007 e 2016). Tem experiência industrial como engenheira de processo, supervisionando linha de produção desde a inserção de fórmulas em ferramentas de SAP até a garantia da qualidade final do produto. Possui 15 anos de experiência em projetos de pesquisa desenvolvendo produtos laboratoriais, planta piloto e etapas industriais. Possui amplo conhecimento na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos de Separação com Membranas Poliméricas, atuando principalmente nos seguintes temas: síntese e caracterização de membranas, novas rotas de separação de compostos e engenharia básica de estações de tratamento de efluentes e de plantas de micro, ultra e nanofiltração. Atualmente é professora adjunta na Universidade Federal do Rio Grande do Norte onde ministra disciplinas da área de Fenômenos de Transporte de fluidos (Momento, Calor e Massa) e Projetos e Processos da Indústria Química em nível de graduação. Além disso, colabora com os Laboratórios de Engenharia Bioquímica (LEB), de Engenharia de Alimentos (LEA) e o Núcleo de Pesquisa em Petróleo de Gás Natural (NUPEG) da UFRN.

Márcia Regina da Silva Pedrini



Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (1991), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (1997) e doutorado em Engenharia Química pela The University of Queensland (2003), além de pós-doutorado em Engenharia Química na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2005) e pós-doutorado em Processos Alimentícios e Microbiológicos no Institut Agro Dijon (2011). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos e Biotecnologia.

RESUMO

 Brasil é um país de proporções continentais, cuja diversidade de climas e solos proporcionam o ambiente ideal para uma vasta variedade de frutas em seu território, sendo grande parte delas endêmicas. Várias dessas frutas são comestíveis e podem servir como matéria prima principal para elaboração de produtos alimentícios, contudo a maior parte delas não tem o seu potencial explorado. Muitas dessas espécies são encontradas isoladas apenas em seus biomas e correm risco de extinção. O umbu-cajá (*Spondia bahiensis*) é uma fruta nativa encontrada em regiões do semiárido e mata atlântica do nordeste brasileiro, normalmente de forma isolada. Ela está presente na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção. Assim como a maioria das frutas do nordeste, o umbu-cajá é consumido in natura, mas também é utilizado como matéria prima para a fabricação de polpas congeladas, doces e compotas, muitas vezes devido à falta de conhecimento em outras técnicas e processos. Diante desse cenário, o presente trabalho buscou desenvolver uma alternativa para valorização do fruto umbu-cajá por meio da elaboração de um fermentado alcoólico. Mediante uma abordagem teórica e testes preliminares, o fermentado alcoólico de umbu-cajá foi elaborado, avaliando as etapas de processamento, o layout industrial, os balanços de massa e de energia, bem como análises de viabilidade econômica e alternativas para tratamento de resíduos. Este trabalho contribui ao fornecer uma base teórica e técnica para o aproveitamento do umbu-cajá na indústria de bebidas fermentadas, promovendo o cultivo sustentável da espécie e contribuindo para o desenvolvimento de novos produtos com potencial econômico..

Palavras-chave: Cajarana. Fermentação. Fermentado alcoólico. Fermentado de frutas. Umbu-cajá. Vinho de fruta.

ABSTRACT

Brazil is a country of continental dimensions, whose diversity of climates and soils provides an ideal environment for a wide variety of fruits, many of which are endemic and exotic. Several of these fruits are edible and can serve as raw materials for the development of food products; however, much of their potential remains underexplored. Many of these species are found exclusively within their native biomes and are at risk of extinction. Umbu-cajá (*Spondia bahiensis*) is an exotic fruit found in semi-arid and Atlantic Forest regions of northeastern Brazil, often in isolated areas. It is currently listed as an endangered species in the national register. Like most fruits from northeastern Brazil, umbu-cajá is consumed primarily in natura, but it is also used for producing frozen pulps, jams, and preserves, often due to limited knowledge of alternative processing techniques. In this context, the present study aimed to develop an alternative for the valorization of umbu-cajá through the theoretical design of an alcoholic fermented beverage. Based on a theoretical approach and preliminary tests, the production process for the umbu-cajá alcoholic ferment was proposed, including the evaluation of processing steps, industrial layout, mass and energy balances, as well as preliminary economic feasibility and waste management analyses. This work provides a theoretical and technical foundation for the utilization of umbu-cajá in the fermented beverage industry, promoting the sustainable cultivation of the species and contributing to the development of novel products with economic potential.

Keywords: Alcoholic fermented. Cajarana. Fermentation. Fruit fermented. Fruit wine. Umbu-cajá.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
 CAPÍTULO 1	 10
<i>INTRODUÇÃO</i>	
 CAPÍTULO 2.....	 13
<i>OBJETIVOS</i>	
 CAPÍTULO 3.....	 15
<i>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	
 CAPÍTULO 4	 23
<i>DESCRIÇÃO DO PROCESSO</i>	
 CAPÍTULO 5.....	 30
<i>BALANÇO DE MASSA</i>	
 CAPÍTULO 6.....	 35
<i>BALANÇO DE ENERGIA</i>	
 CAPÍTULO 7.....	 40
<i>VIABILIDADE ECONÔMICA</i>	
 CAPÍTULO 8	 46
<i>TRATAMENTO DE RESÍDUOS</i>	
 CAPÍTULO 9.....	 48
<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	
REFERÊNCIAS	50
 ANEXO A - Diagrama de Moody	 53

INTRODUÇÃO



 Brasil é um país com vasta extensão territorial e com recursos naturais em abundância, esses fatores fazem com que o agronegócio seja uma das principais categorias que impactam positivamente na economia da nação. Apesar da maior parte da produção estar concentrada em grãos, a produção de frutas vem aumentando ano a ano e conseqüentemente há o crescimento das exportações (Silva, 2022).

A fruticultura é um dos segmentos de maior destaque na agricultura brasileira. Com uma vasta variedade de solos e climas existentes em nosso país, ele apresenta ótimas condições para a produção de diversas frutas (Silva, 2019). O Brasil ocupa a 3ª colocação no ranking de maiores produtores de frutas no mundo, com aproximadamente 40 milhões de toneladas por ano. A China e a Índia ocupam os dois primeiros lugares, respectivamente (Vidal, 2024).

Os produtores brasileiros concentram seus esforços em frutas que possam lhe trazer retorno o ano inteiro, aplicando técnicas, para que, em períodos de entressafra, ainda tenham os produtos mais procurados pela população brasileira. Já as frutas que não possuem um alto apelo comercial frequentemente apresentam perdas significativas na produção, em grande parte devida à ação deteriorante de microrganismos (Silva, 2022).

O valor gerado pela fruticultura brasileira não está concentrado apenas para o mercado consumidor final, mas também no aproveitamento dos frutos na indústria, onde ela vai ser transformada em subprodutos, aumentando o seu valor e gerando riqueza e bem social (Silva, 2019).

No Nordeste do Brasil as frutas são, muitas vezes, comercializadas na forma *in natura*, de doces e compotas ou congeladas, como polpa, para posterior utilização em sucos ou outros tipos de alimentos. Isso ocorre devido ao pouco conhecimento dos produtores em outras técnicas e processos (Dantas e Silva, 2017; Noleto *et al.*, 2022).

A diversidade de frutas no território brasileiro é imensa. Ainda existem muitas espécies frutíferas nativas pouco exploradas, existindo apenas em seus ambientes naturais, correndo o risco de serem perdidas (Junior *et al.*, 2021; Longo, 2022; Rufino, 2008).

Dentre essas espécies nativas, temos o umbu-cajá (*Spondias bahiensis*), fruta tropical de sabor e aroma agradáveis, de polpa espessa e sucosa com sabor doce acidulado. Muito apreciados nos locais de ocorrência desse fruto para consumo *in natura* ou produção de polpas e sucos (EMBRAPA, 1998; Buriti, 2020; Souza *et al.*, 2020).

Devido às características da polpa processada e congelada, pode-se utilizar o fruto para produção de produtos mais elaborados, como bebidas lácteas, sorvetes finos, doces, geleias e compotas. (EMBRAPA, 1998; Araújo, 2018). Essa versatilidade do fruto faz com que indústrias desenvolvam novos produtos com o umbu-cajá.

Em estudo de revisão sobre vinhos de outras frutas que não a uva, Jagtap e Bapta (2015) destacam que a produção de vinho a partir de frutas ou seus sucos é considerada uma alternativa para gerar renda aos produtores.

Na literatura pode-se encontrar artigos de elaboração de fermentados alcoólicos de diversas frutas tais como manga, caju, acerola, jabuticaba e muitas outras. Todas com relevância comercial e bem aceitas pelo público (Fonseca *et al.*, 2020; Lopes *et al.*, 2020). Muitas destes artigos focam no reaproveitamento do excedente de produção dessas culturas (Santos e Souza, 2020; Cela, 2024).

Logo, evidencia-se a necessidade da realização de pesquisas que envolvam frutas regionais para que se aumente o interesse comercial delas e conseqüentemente o aumento de seus pomares. A elaboração de fermentados alcoólicos se mostra uma alternativa eco-

nomicamente viável devido ao alto valor agregado no preço final do produto. Sendo assim, o desenvolvimento deste tipo de bebida, tendo como matéria-prima o umbu-cajá possui grande relevância para a preservação da flora regional (Silveira, 2023).

Dado a importância de utilizar frutos tipicamente brasileiros, e reduzir as perdas de frutos pouco explorados comercialmente, este trabalho propõe a elaboração de um fermentado alcoólico à base de umbu-cajá. Para isso, através de uma abordagem teórica, foi avaliado as etapas do processo, layout industrial, balanços de massa e energia, viabilidade econômica e alternativas para tratamento dos resíduos gerados.

OBJETIVOS



OBJETIVO GERAL

Desenvolver um fermentado alcoólico à base de umbu-cajá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar as etapas do processo produtivo para a fabricação do fermentado alcoólico de umbu-cajá, com a definição do fluxograma e descrição das operações unitárias;
- Desenvolver um layout industrial da planta de processamento, considerando o fluxo de matérias-primas, produtos e resíduos;
- Realizar os balanços de massa e energia para o processo proposto, com estimativas de insumos e rendimento em cada etapa;
- Avaliar a viabilidade econômica do empreendimento incluindo custos de operação;
- Propor alternativas para o tratamento e destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados ao longo do processo industrial.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



MERCADO BRASILEIRO DE FRUTAS

O Brasil possui uma grande extensão territorial e é rico em recursos naturais. A vasta variedade de solos e climas possibilita ao país ter uma diversidade de espécies de fauna e flora. Silva (2022) estima aproximadamente 500 espécies, sendo 220 delas, produtoras de frutos comestíveis encontradas na região amazônica. Muitas dessas plantas são endêmicas do Brasil, logo existem apenas em território nacional.

O país ocupa a terceira posição no ranking mundial de produtores de frutas, atrás apenas da China e da Índia, com uma produção de 40 milhões de toneladas por ano (EMBRAPA, 2021; Vidal, 2024). Cerca de 80% dessa produção é consumida internamente, enquanto o restante é exportado principalmente para a União Europeia e Estados Unidos (Silva, 2022).

De tudo que é produzido no Brasil, 53% das frutas são destinadas à agroindústria, enquanto o restante é consumido *in natura*. Da parte que é atrelada à indústria, 29% dos subprodutos são destinados à exportação, enquanto apenas 2% das frutas que serão consumidas *in natura* são exportadas (Silva, 2022).

O processamento de frutas é extremamente vantajoso para a expansão do comércio, pois além de agregar valor ao produto beneficiado, possibilita o consumo em outras regiões afastadas do local produtor. Outro fator importante é o de evitar o desperdício, minimizando as perdas que ocorrem no processo de transporte e comercialização.

No Brasil estima-se que há um desperdício de aproximadamente 27 milhões de toneladas por ano, sendo 80% dessa perda atrelada ao manuseio, transporte e centrais de abastecimento (Longo, 2022).

Mesmo havendo uma vasta diversidade de frutas no país, os grandes produtores concentram seus esforços para a produção de pequenas variedades. Na Tabela 1 podemos ver os dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados que mostram as frutas com maiores volumes produzidos no Brasil em 2023 (ABRAFRUTAS, 2023).

Tabela 1. Produção de frutas brasileiras em 2023

Fruta	Produção (Ton)
Laranja	17.615.667
Banana (Cacho)	6.825.724
Coco-da-baía	1.932.282
Melancia	1.781.971
Manga	1.758.118
Uva	1.757.891
Limão	1.724.330
Açaí	1.696.484

Fonte: ABRAFRUTAS (2023).

Enquanto os grandes produtores focam na produção das principais culturas de frutas, restam aos pequenos produtores locais atender ao mercado de frutas nativas que possuem um mercado crescente devido às suas propriedades sensoriais atrativas e sabores agradáveis (Brack *et al.*, 2020).

O aumento da procura por frutas nativas por parte dos consumidores, é de extrema importância para a preservação das espécies. Muitas dessas árvores são endêmicas e encontradas isoladas, apenas em seu habitat natural. A demanda por frutas nativas tem papel relevante no âmbito da biodiversidade, uma vez que essas espécies estão relacionadas a preservação de ecossistemas naturais. (Brack *et al.*, 2020; Araujo *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2020).

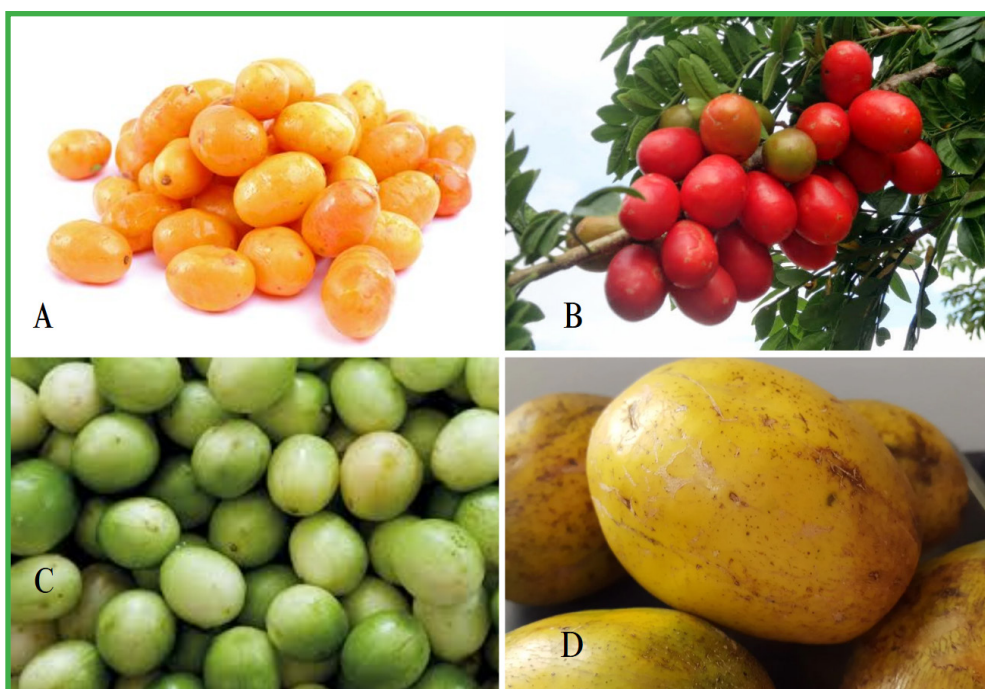
A demanda por frutos nativos fará com que os produtores, por meio do incremento da renda, vejam as vantagens na criação e aumento da escala produtiva. Para que isso ocorra, a agregação de valor, aliada a capacidade de geração de renda podem ser catalizadores para uma produção em escalas maiores (Brack *et al.*, 2020; Júnior *et al.*, 2021).

A indústria de alimentos tem papel fundamental para a valorização desses frutos, desenvolvendo subprodutos que tragam benefícios econômicos para produtores, através de uma diversidade de produtos que não foram completamente explorados (Silva, 2022).

UMBU-CAJÁ (*Spondias bahiensis*)

O gênero *Spondias* possui 18 espécies, com maior ocorrência nas regiões da América Central. Algumas dessas *Spondias* têm ocorrência nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dentre as mais conhecidas podemos destacar as espécies *S. mombin* (cajá ou cajá-mirim), *S. purpurea* (ciriguela), *S. tuberosa* (umbu ou imbu) e *S. cytherea* (cajá-manga) (Buriti, 2020).

Figura 1. *S. mombin* (a), *S. purpurea* (b), *S. tuberosa* (c) e *S. cytherea* (d).



Fonte: Korto (2022); Viveiro Ciprest (2017); Brasil (2019); Pão de Açúcar (2020).

O cajá é um fruto de 3 a 4 centímetros de comprimento, de formato oval, oblongo, de epicarpo fino e liso, possui cor amarelo-alaranjada e polpa fina de sabor ácida. A *S. mombin* tem como período de maturação de seus frutos os meses de outubro a janeiro. De grande importância comercial, os frutos podem ser consumidos *in natura* ou processados (Buriti, 2020).

Já a ciriguela é de uma árvore de altura de 3 a 6 metros. As frutas possuem um for-

mato elipsoidal, pesam entre 15 a 20 gramas e possuem de 3 a 5 cm de comprimento. Sua casca é lisa e brilhante, de cor roxa ou vinho, enquanto sua polpa é amarela. Uma árvore madura pode produzir de 80 a 120 kg por ano. Pode ser consumida *in natura*, mas também pode ser utilizada para fazer sucos, sorvetes, licores, vinhos, geleias e compotas (Lima, Oliveira e Brito, 2016).

O umbu é uma fruta nativa da região do semiárido nordestino. Sua árvore é de pequeno porte, com tronco curto e galhos retorcidos. A fruta tem diâmetro variando de 2 a 4 cm e o seu peso está entre 8 e 23 gramas, a cor da casca é amarelo-esverdeada, enquanto a da polpa é branco-esverdeada. O período de safra do umbu ocorre de dezembro a março e ele é comumente comercializado como polpa congelada ou *in natura* (Silveira, 2023).

Por fim, o cajá-manga é uma árvore de médio porte, com 15 a 25 metros de altura. A fruta tem formato elipsoidal ovoide, com cerca de 9 centímetros de diâmetro, de cor amarela brilhante e com peso aproximado de 100 gramas. Seu endocarpo possui espinhos que penetram na polpa, que, por sua vez, compõem cerca de 60% da massa do fruto. É muito utilizado em sucos, sorvetes, vinhos e licores (Buriti, 2020).

Por muito tempo a *Spondias bahiensis* era identificada como *Spondias sp* devido a uma possibilidade de se tratar de um híbrido entre *Spondias tuberosa* e *Spondias monbim*. Essa dúvida foi sanada por meio de estudos de biologia molecular que confirmaram a nova espécie (Buriti, 2020).

A umbu-cajazeira é uma árvore frutífera do Nordeste brasileiro, presente em vasta região do semiárido, mas também podendo ser encontrada em regiões de mata-atlântica e em áreas litorâneas. Normalmente é encontrada em forma agrupada ou isolada em campos de pastagem, mas são mais comuns em pomares domésticos de chácaras e quintais, não havendo plantios comerciais organizados (Araujo et al., 2018; Souza et al., 2020).

A fruta é conhecida popularmente como umbu-cajá ou cajarana, a depender da região em que é encontrada. A árvore possui um porte baixo, com altura de aproximadamente de 6 a 8 metros. Os frutos possuem formatos piriformes a oval, coloração verde-amarelado quando maduro, e tamanhos de 2,5 a 3,5 centímetros. Sua polpa é grossa, com sabores menos ácidos (Buriti, 2020).

Figura 2. Fruto de umbu-cajá



Fonte: Araújo (2018)

O período de maior safra começa de fevereiro a março e pode se estender até os meses de maio ou junho, dependendo da área de ocorrência (Araújo *et al.*, 2018). Segundo Souza *et al.* (2020), produtores do Vale do Açu, no Rio Grande do Norte, conseguiram uma produção de mais de 1.500 kg por planta na safra extemporânea, nos meses de junho a setembro.

A colheita dos frutos normalmente é realizada por “apanha”, onde o umbu-cajá é apanhado manualmente do solo. A queda dos frutos no chão acaba machucando os frutos, o que aumenta a probabilidade da contaminação por microrganismos e consequentemente o aumento das perdas pós-colheitas. Uma alternativa para esse problema é a utilização de telas de sombrite® ou similares (Souza *et al.*, 2020).

Figura 3. Colheita de umbu-cajá por “apanha”



Fonte: Souza *et al.* (2020)

Figura 4. Redes com telas de sombrite® instaladas para coleta dos frutos



Fonte: Souza *et al.* (2020)

O umbu-cajá, assim como várias frutas nativas brasileiras, estão presentes na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção, publicada pela portaria nº 148 do Ministério do Meio Ambiente, de 7 de junho de 2022. A espécie de *Spondias bahiensis* está classificada como “em perigo” (Brasil, 2022).

Composição físico-química

O umbu-cajá apresenta características em sua composição, como podemos observar nas Tabelas 2 e 3, que o torna atrativo para as indústrias e para o público em geral, possibilitando uma inserção nos mercados internos e externos de frutas (Santos *et al.*, 2010).

Tabela 2. Composição nutricional do umbu-cajá

Características	Resultado
pH	2,40 ± 0,57
Acidez titulável (% ácido cítrico)	1,32 ± 0,02
Sólidos solúveis (°Brix)	10,0 ± 1,0
Relação SS/AT	7,57 ± 0,12
Umidade (%)	91,3 ± 0,57
Proteína (%)	0,63 ± 0,005
Lipídeos totais (%)	0,11 ± 0,01
Cinzas (%)	0,99 ± 0,01
Fibra bruta (%)	1,36 ± 0,02
Açúcares totais (%)	7,49 ± 0,11
Açúcares redutores (%)	4,12 ± 0,23
Açúcares não redutores (%)	3,20 ± 0,11
Vitamina C (mg/100g)	8,00 ± 0,05
Amido (%)	0,56 ± 0,035
Cálcio (mg/100g)	12,25 ± 0,05
Fósforo (mg/100g)	17,76 ± 1,0
Ferro (mg/100g)	0,59 ± 0,02
Potássio (mg/100g)	44,0 ± 0,04
Sódio (mg/100g)	40,0 ± 1,0

Fonte: Santos *et al.* (2010).

Tabela 3. Caracterização física da polpa dos frutos de umbu-cajá

Características	Resultado
Diâmetro transversal (cm)	3,16 ± 0,19
Massa do fruto (g)	23,28 ± 3,57
Massa da semente (g)	4,71 ± 0,78
Percentagem de semente (%)	20,31 ± 4,04
Massa da casca (g)	2,32 ± 0,59
Percentagem de casca (%)	10,00 ± 1,38
Rendimento de polpa (%)	69,70 ± 4,50
Relação DL/DT	1,39 ± 0,18

Fonte: Santos et al. (2010).

FERMENTADO DE FRUTAS

A uva é a matéria-prima da bebida fermentada, à base de frutas, mais conhecida e antiga do mundo. Arqueólogos já encontraram vestígios de vinho em jarros de cerâmica produzidos por volta dos anos 6.000 antes de Cristo na região da Geórgia (Silva, Magalhães e Pinheiro, 2021). Outra fruta bastante utilizada é a maçã, para a fabricação da cidra. Países europeus utilizam os mesmos processos de elaboração utilizando as frutas mais comuns na região, como pêra, framboesa e groselha, enquanto países de clima tropical utilizam como base laranja, goiaba, abacaxi, manga e caju (Santos et al., 2021; Paula, 2011).

Há ainda produção de diversos outros vinhos com outras frutas ao redor do mundo, mas a legislação brasileira, através da Lei nº 7.678 de 8 de novembro de 1988, determina que o vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura (Brasil, 1988). Sendo assim, a bebida que tenha como matéria-prima outras frutas, devem ser denominadas como fermentado de frutas.

A legislação brasileira estabelece como fermentado de fruta a bebida obtida da fermentação do suco de uma única fruta com graduação alcoólica entre 4 a 14%. É permitido o uso de água e açúcares para padronização do °Brix, redução da graduação alcoólica ou diluição da matéria-prima concentrada. Já a bebida que possui graduação alcoólica de 14 a 18% do seu volume é denominada de fermentado de fruta licoroso (Brasil 2009; Brasil 2012).

Nos últimos anos diversas frutas tropicais foram utilizadas em pesquisas para o desenvolvimento de fermentados de frutas. Santos e Souza (2020) estudaram o uso do excedente de colheita da pinha (*Annona squamosa* L.) para o desenvolvimento de bebida fermentada. Eles utilizaram um pé-de-cuba com 22 °Brix, suplementados com KCl 0,12% e MgSO₄, inoculado com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* liofilizadas na proporção de 5 g/L. O mosto da pinha, após a chaptalização, estava em torno de 24 °Brix. A fermentação durou 15 dias, em temperatura que variou entre 25 e 30 °C. Foi obtido um fermentado com graduação alcoólica de 9,9 °GL.

Fonseca et al. (2020) fizeram um estudo da produção, caracterização e avaliação sensorial do fermentado alcoólico de manga (*Mangifera indica* L.). O mosto, após diluição na proporção de 1:1, apresentou 29 °Brix. Foi-se utilizado levedura *Saccharomyces cerevisiae*, empregada na panificação, na proporção de 2 g/L. A fermentação ocorreu em temperatura ambiente (27 °C ± 3 °C) até a estabilização dos sólidos solúveis totais, o que durou cerca

de 12 dias. A bebida ficou com uma graduação alcoólica de 6,3%. Após a análise sensorial, eles obtiveram um bom índice de aceitabilidade variando entre 85,1 e 92,2% em atributos como aparência, aroma, sabor, textura e impressão global.

Lopes *et al.* (2020) produziram, em seu estudo, uma bebida alcoólica fermentada de cajarana (*Spondias dulcis*). Para a fermentação, foi utilizada a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) inoculada ao mosto resfriado a 30 °C. A fermentação ocorreu durante 8 dias sob temperatura ambiente (25 ± 2 °C). Foi obtida uma bebida com 10% de graduação alcoólica em seu volume.

Apesar da quantidade de pesquisas para a elaboração de fermentado de frutas realizadas no Brasil, não há na mesma proporção o depósito de patentes. Em estudo elaborado por Santos (2021) mostra que o país ocupa apenas a 11ª colocação em solicitação de depósito de patentes WIPO, com apenas 5 documentos na plataforma do INPI, mesmo tendo uma vasta gama de frutas diferentes. Este ranking é liderado pela China, com 325 documentos.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO

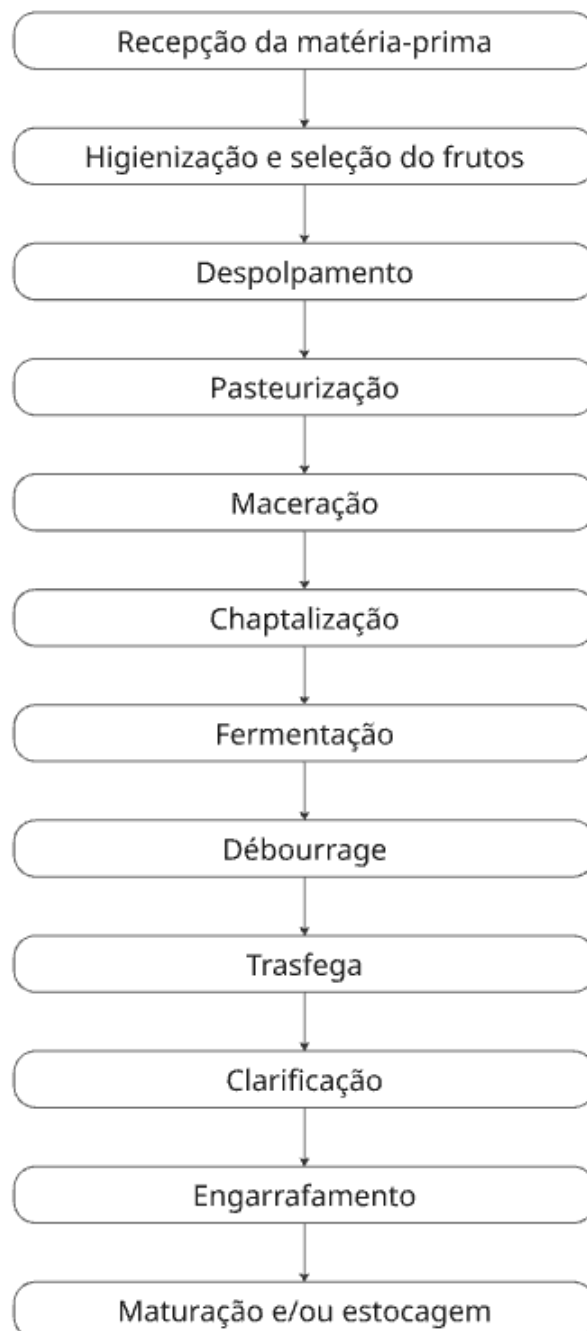


Devido à ausência de literatura específica, o processo para a fabricação do fermentado alcoólico de umbu-cajá foi desenvolvido a partir do processamento de outras bebidas fermentadas de frutas, principalmente o da uva, que é a matéria-prima do fermentado alcoólico de frutas mais conhecido no Brasil, o vinho (Wendhausen, 2022).

FLUXOGRAMA

As etapas do processamento são expostas na Figura 5. Nela podemos ver todas as fases necessárias para uma indústria de médio porte, que produzirá o fermentado alcoólico de umbu-cajá.

Figura 5. Fluxograma da produção de fermentado alcoólico de umbu-cajá



Fonte: Autor (2025)

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS

O processo de fabricação do fermentado alcoólico de umbu-cajá ocorre em bateladas, de modo que atenda as demandas comerciais e a capacidade de produção da fábrica. O volume produzido é diretamente dependente das épocas de sazonalidade do fruto, possuindo um maior volume nas épocas de safra e uma queda nos períodos sem colheita.

Recepção da matéria-prima

Etapa do início do processo de produção, na qual é recepcionado todos os insumos necessários para a fabricação do fermentado de umbu-cajá, desde os frutos, até garrafas, rótulos e rolhas.

No caso dos frutos, durante a recepção, eles devem passar por uma amostragem, onde são averiguadas as especificações exigidas pelo controle de qualidade. São avaliados o grau de maturação, a quantidade de sólidos não solúveis (°Brix) e defeitos graves, como podridão ou ataque de microrganismos. A partir da porcentagem final da quantidade de frutos defeituosos a carga é aceita ou não.

Já os outros insumos, são recepcionados e armazenados na câmara fria, estoque e/ou almoxarifado, a depender da natureza do material. Na câmara fria ficam armazenadas as leveduras. No estoque ficam garrafas vazias e insumos secos. Por fim, no almoxarifado são armazenados rótulos, rolhas, embalagens e outros materiais.

A chegada desses materiais ocorre na doca de recepção, onde são descarregados com o auxílio de uma empilhadeira. Esse equipamento se faz necessário devido ao fato de muitos insumos chegarem em paletes.

Higienização e seleção dos frutos

Os frutos da carga que foram aprovadas durante a amostragem da recepção, são higienizados em água corrente para a retirada de qualquer sujidade oriunda do processo de colheita e transporte, como galhos, folhas e terra. Nessa etapa, ocorre paralelamente a retirada de frutas não conformes, que são aquelas que não estão maduras ou com algum defeito grave.

Para a completa sanitização dos frutos, eles são adicionados em um tanque de aço inox e imersos em solução à base de hipoclorito de sódio a uma concentração de 200 ppm, por 15 minutos. Também ocorre uma segunda retirada de frutos não conformes nessa etapa.

Passados os 15 minutos as frutas são enxaguadas com água potável para a remoção do sanitizante por completo. Só então elas são levadas para o armazenamento em câmara fria ou já são utilizadas no processamento do fermentado.

Despulpamento

O despulpamento é a etapa onde ocorre a formação da polpa de umbu-cajá. Essa polpa dará origem ao mosto que será fermentado posteriormente. Para que isso aconteça é necessário o uso de uma despulpadeira. Ela será responsável pela separação da polpa, constituída por uma parte sólida e outra líquida.



Pasteurização

A polpa partirá para a etapa de pasteurização. Neste estágio será feito o uso do tratamento térmico através do aquecimento do líquido a 75 °C por 20 minutos (Cela, 2024).

Esse processo é necessário para a eliminação de microrganismos como bactérias e leveduras selvagens que podem estar presentes na polpa. A presença delas é indesejável na produção de bebidas fermentadas, pois elas podem ocasionar *off-flavours* e até mesmo a contaminações bacteriológicas (Fonseca et al, 2020).

Maceração

Nessa etapa temos como objetivo promover uma maior retenção dos compostos de cor, aroma e sabor da parte sólida. Para isso, colocamos a polpa em um tanque com temperatura controlada, de aproximadamente 10 a 15 °C, com agitação lenta e constante, por cerca de 48 horas.

A baixa temperatura, a agitação e o ambiente hermeticamente fechado promovem um cenário ideal para que o mosto consiga absorver compostos aromáticos, cores, sabores e características que estão mais presentes na casca do fruto (Pazzini, 2019).

Prensagem

Após as 48 horas em que o mosto ficou na maceração, é utilizado uma prensa pneumática para uma retenção eficiente da parte sólida, que denominamos de bagaço.

O bagaço, retido no filtro do equipamento, é formado majoritariamente por caroços e cascas. Esses materiais são resíduos do processo, logo são descartados como resíduos sólidos orgânicos. Já a parte líquida, polpa concentrada do umbu-cajá, é diluída com água filtrada para atingir o padrão pré-estabelecido.

Chaptalização

A etapa de chaptalização consiste na correção da quantidade de sólidos solúveis presente na polpa. A quantidade desses sólidos é de extrema importância no processo de fabricação de fermentados alcoólicos, pois ele será utilizado como substrato da levedura e assim, produzir o álcool da bebida.

A correção do °Brix é realizada através da adição de sacarose ao mosto, já no tanque de fermentação. A literatura afirma que para se elevar em 1 °Brix, deve-se adicionar 15 gramas de açúcar por litro de mosto (Corazza et al., 2001).

Fermentação

A fermentação é a etapa do processo em que há a transformação do mosto em bebida alcoólica fermentada. Ela ocorre no tanque de fermentação, um recipiente hermético que possui um controle de temperatura.

Para dar início ao procedimento, precisamos ativar a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) antes de inoculá-la. A ativação se dá pela hidratação da levedura com água, promo-

vendo uma multiplicação e fortalecimento da parede celular (Neves et al., 2020).

Durante o processo fermentativo a temperatura deverá ser controlada com o intuito de otimizar a atividade da levedura, proporcionando uma velocidade maior na fermentação e geração de etanol. Por se tratar de um fermentado branco, segundo Neves et al. (2020), a temperatura utilizada deve estar em torno de 18 °C.

Débourrage

Após o fim da fermentação, é necessário um decaimento na temperatura do tanque para finalizar a fermentação. Além disso, precisamos retirar do mosto, todo e qualquer resquício de leveduras. Isso ocorre, ainda dentro do tanque de fermentação, através da sedimentação desses compostos, denominados de borra, por ação da gravidade.

Para uma otimização desse processo e obtenção de um líquido mais límpido, utilizamos o uso de gelatina para clarificar o mosto. Ela será a responsável por aglutinar todas as partículas que estão suspensas na bebida e que serão sedimentadas ao fundo do tanque (Fonseca et al., 2020).

A bebida fica no processo de *Débourrage* por no máximo 48 horas, pois o contato do mosto com a borra por muito tempo pode ocasionar a acetificação do líquido, além de liberar substâncias nitrogenadas provenientes de degradação, por falta de substrato, de outras leveduras encontradas na borra, ocasionando um sabor desagradável ao fermentado de frutas (Cela, 2024).

Trasfega

Com a separação do mosto e da borra, sedimentada no fundo do tanque de fermentação, precisamos transferir o líquido sobrenadante para outro recipiente. Esse processo é denominado trasfega e é realizado por uma bomba, que será a responsável por retirar a bebida do fermentador para um tanque ou barril de maturação.

A borra que ficou no tanque de fermentação pode ser utilizada em um novo processo de produção de fermentado de frutas, caso apresente qualidade para isso. Essa qualidade é aferida por meio de análises microbiológicas realizadas em laboratório. Caso não possa ser reaproveitada, essa borra é descartada como resíduo orgânico.

Clarificação

Seguindo todas as etapas do fluxograma já é possível obter um líquido bem límpido, sem impurezas visuais. Mas para um produto padronizado e com a garantia que não terá nenhuma partícula em nosso fermentado, utilizaremos uma máquina que realiza a microfiltração por membrana.

Esse processo é realizado somente quando se for envasar o produto, pois ele sairá do tanque de maturação para a envasadora, passando pela máquina, que estará realizando a clarificação final do fermentado de umbu-cajá, através da passagem do líquido pelos micro poros das membranas do aparelho, retraindo qualquer impureza.



Engarrafamento

Após passar pela clarificação e microfiltração por membranas, o fermentado de umbu-cajá segue, por tubulação, para uma envasadora. Esse maquinário é o responsável pela higienização das garrafas, envase do líquido, rolhagem, encapsulamento e rotulagem do produto.

As garrafas utilizadas possuem coloração escura, para dificultar a passagem da luz. Por serem adquiridas estéreis, apenas há o enxágue no próprio equipamento em que elas serão enchidas. A rolha utilizada é de cortiça e é colocada pelo próprio equipamento. Em seguida são postos o lacre e a rotulagem, que obedece a todas as legislações vigentes.

Figura 6. Garrafa de fermentado alcoólico de umbu-cajá D'ouro



Fonte: Autor (2025)

Figura 7. Rotulagem do fermentado alcoólico de umbu-cajá



Fonte: Autor (2025)

A rotulagem do fermentado alcoólico, vista na Figura 7, atende aos critérios exigidos pelas legislações brasileiras, tais como denominação do produto, nome empresarial, volume e graduação alcoólica em seu painel principal. Já na parte de trás, há informações como o endereço, número de registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), ingrediente, lote e frases de advertência quanto ao consumo de bebidas alcoólicas (Brasil, 2009).

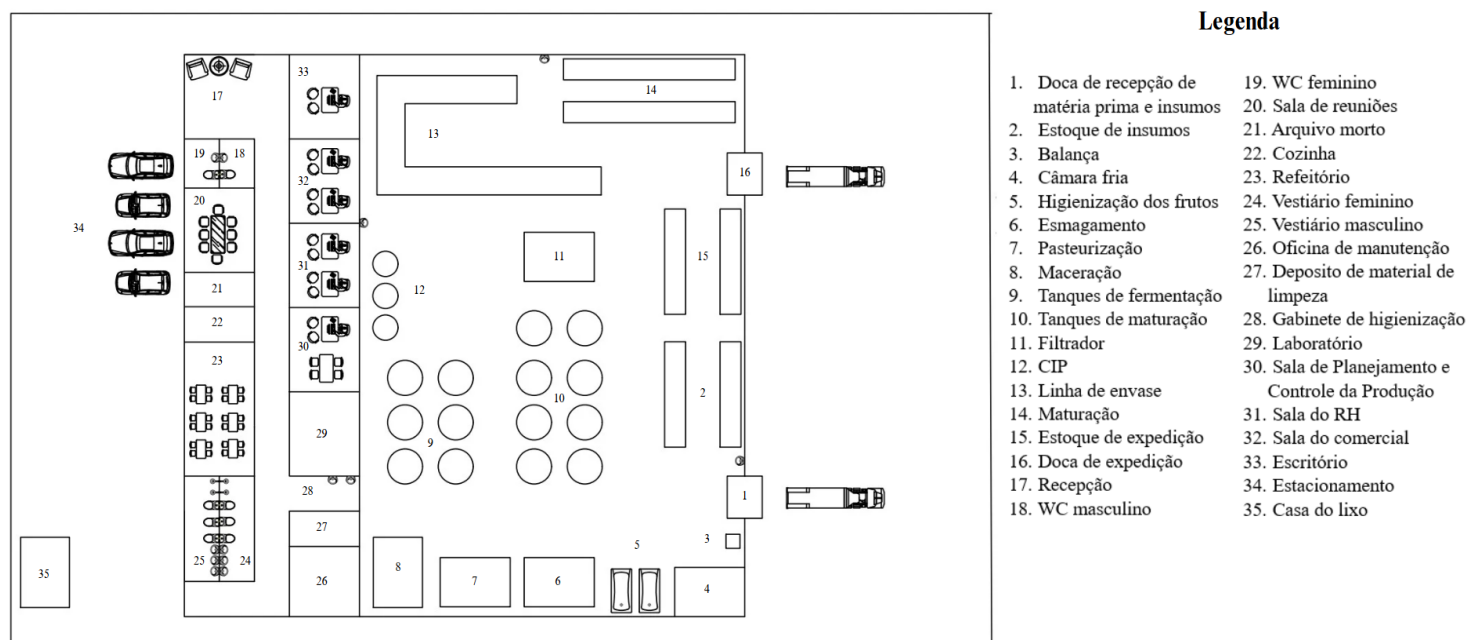
Maturação e/ou estocagem

Já engarrafados e rotulados o fermentado de umbu-cajá está pronto para ser consumido. Os lotes que serão destinados à comercialização do vinho jovem são armazenados em caixas de papelão, contendo 6 unidades cada, e são estocadas em porta-paletes até sua comercialização. Os lotes que passarão pelo processo de maturação são armazenados em ambiente fresco, escuro e sem variações de temperatura acentuadas. Durante esse tempo a bebida sofrerá alterações que irão refinar sua cor, aroma e sabor tornando-o um produto mais suave, delicado e aromático.

LAYOUT SIMPLIFICADO

A Figura 8 apresenta o layout simplificado da indústria produtora do fermentado alcoólico de umbu-cajá, respeitando as exigências da legislação brasileira ao atender as condições de higiene e segurança de alimentos. Foi proposto um fluxo que otimize os processos e que evitasse contaminações cruzadas.

Figura 8. Layout simplificado da indústria produtora de fermentado alcoólico de umbu-cajá



Fonte: Autor (2025)

BALANÇO DE MASSA

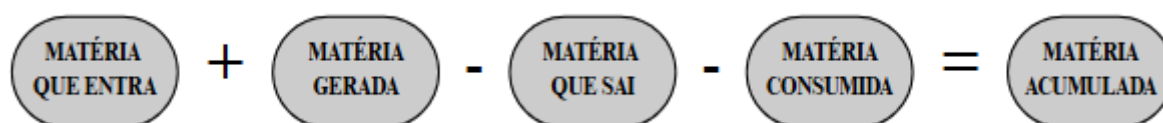


O químico francês Antoine Lavoisier descobriu em suas pesquisas, ainda nos anos 1700, que na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Essa ideia originou a Lei de Conservação de Massas e seu princípio é fundamental em processos de indústrias de alimentos (Tadini *et al.*, 2016).

Existem dois tipos de sistemas a serem considerados nas operações em engenharia de alimentos, o regime permanente e o transiente. O primeiro é aquele em que as propriedades do fluxo do procedimento não se alteram com o tempo, logo não há matéria gerada, consumida ou acumulada. Já o regime transiente, uma ou mais propriedades ou processos sofrem alterações (Tadini *et al.*, 2016).

No processamento para a obtenção do fermentado alcoólico de umbu-cajá temos a presença de ambos os regimes, a depender da etapa do processo.

Figura 9. Balanço de massa



Fonte: Autor (2025).

Para o balanço de massa da produção do fermentado alcoólico de umbu-cajá foram considerados os valores do teste de bancada realizado pelo autor, ajustando-se, proporcionalmente, o volume produzido para bateladas de 1.000 litros. Também foram levadas em conta, apenas as etapas realizadas em escala laboratorial, como o despulpamento, a chaptalização e a fermentação.

Tabela 4. Cálculo de proporcionalidade para batelada

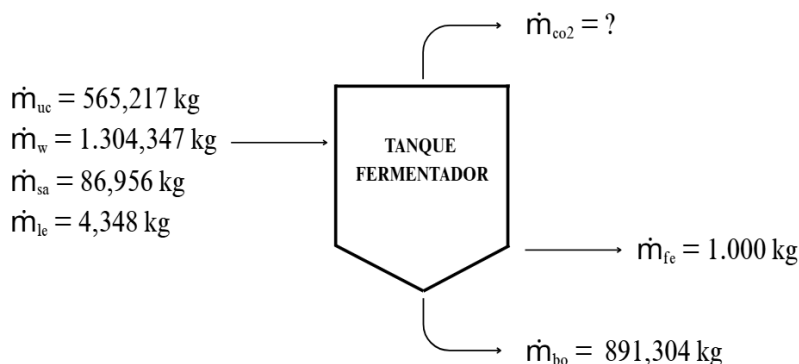
	Umbu-cajá (kg)	Água (kg)	Sacarose (kg)	Levedura (kg)	Borra (kg)	Volume Produzido (L)
Teste de bancada	1,300	3,000	0,200	0,010	2,050	2,300
Escala industrial	565,217	1.304,347	86,956	4,348	891,304	1.000

Fonte: Autor (2025)

BALANÇO DE MASSA GERAL

As etapas dos testes de bancada realizados para a obtenção do fermentado ocorreram, em sua maioria, no tanque fermentador. Logo, processos como o despulpamento, a chaptalização e a fermentação não houve transferência de equipamentos, como fora representado no fluxograma do processo. Sendo assim, o balanço de massa calculado refere-se a esses três processos.

Os dados utilizados para o cálculo do balanço de massa estão disponíveis na Figura 10, com suas respectivas correntes e valores. Foram adotados valores para a produção por batelada de 1.000 litros, mantendo-se as proporcionalidades vistas na Tabela 4.

Figura 10. Balanço de Massa do despulpamento, chaptalização e fermentação

Fonte: Autor (2025).

Onde,

 $\dot{m}_{uc}$ - Massa de umbu-cajá $\dot{m}_w$ - Massa de água $\dot{m}_{sa}$ - Massa da sacarose $\dot{m}_{le}$ - Massa da levedura $\dot{m}_{fe}$ - Massa do fermentado $\dot{m}_{bo}$ - Massa da borra $\dot{m}_{CO_2}$ - Massa do CO_2

$$\dot{m}_{entra} + \dot{m}_{gerada} - \dot{m}_{sai} - \dot{m}_{consumida} = \dot{m}_{acumulada} \quad \text{Eq.: 1}$$

Para descobrir a massa do CO_2 liberado durante a fermentação, utilizamos a Equação 1.

$$\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sai}$$

$$\dot{m}_{uc} + \dot{m}_w + \dot{m}_{sa} + \dot{m}_{le} = \dot{m}_{fe} + \dot{m}_{bo} + \dot{m}_{co2}$$

$$(565,217 + 1.304,347 + 86,956 + 4,348) \text{ kg} = (1.000 + 891,304) + \dot{m}_{co2}$$

$$1.960,868 \text{ kg} = 1.891,304 \text{ kg} + \dot{m}_{co2}$$

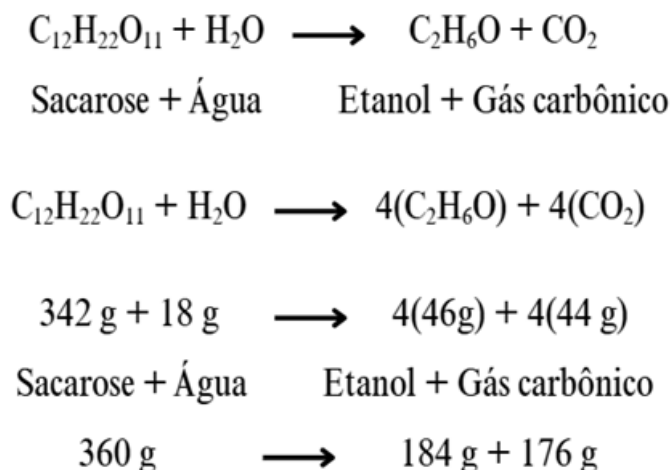
$$\dot{m}_{co2} = 1.960,868 \text{ kg} - 1.891,304 \text{ kg}$$

$$\dot{m}_{co2} = 69,564 \text{ kg}$$

DETERMINAÇÃO DA GRADUAÇÃO ALCÓOLICA

De acordo com Santos (2010), a quantidade de sólidos solúveis do umbu-cajá é cerca de 10 °Brix. Por ser considerado um valor baixo, para a produção de fermentados alcoólicos, se faz necessário adicionar sacarose ao mosto. Essa técnica é denominada Chaptalização.

A chaptalização do nosso mosto trará mais substrato para as leveduras. Elas são microrganismos responsáveis por transformar o mosto em fermentado alcoólico, por meio do consumo de açúcares fermentáveis, elas irão produzir álcool etílico e gás carbônico (Peixoto et al, 2012). A reação química pode ser vista na Figura 11.

Figura 11. Reação química da transformação da sacarose em etanol e gás carbônico

Fonte: Autor (2025).

Como podemos ver na Figura 10, cada molécula de sacarose e água geram 4 moléculas de etanol e gás carbônico. Entretanto devido ao peso molecular das moléculas serem diferentes, há uma ligeira produção a mais de etanol, em relação a quantidade de gás carbônico liberado. 51% e 49%, respectivamente.

Sabendo dessas informações, é possível calcular o quanto foi gerado de etanol no processo de fabricação do fermentado alcoólico de umbu-cajá por meio da Equação 2. Para isso, foi considerado o total consumo dos açúcares fermentados pelas leveduras.

$$\dot{m}_{\text{Etanol}} = \frac{\dot{m}_{\text{CO}_2} \times 0,51}{0,49} \quad \text{Eq.: 2}$$

$$\dot{m}_{\text{Etanol}} = \frac{69,544 \times 0,51}{0,49}$$

$$\dot{m}_{\text{Etanol}} = 72,382 \text{ kg}$$

Após obter a massa do etanol gerada pela ação das leveduras no mosto, pode-se determinar a graduação alcoólica da bebida. Para tal, é necessário considerar que todo o álcool gerado foi para o fermentado, logo, não há presença de álcool na borra.

Como obtemos o valor da massa do álcool e a graduação alcoólica é determinada através do volume, é preciso calcular a quantidade em litros do etanol gerado. Para isso iremos utilizar a densidade do etanol puro (0,789 kg/L a 20 °C).

$$\rho = \frac{\dot{m}}{V} \quad \text{Eq.: 3}$$

$$V_{\text{Etanol}} = \frac{72,382 \text{ kg}}{0,789 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}$$

$$V_{\text{Etanol}} = 91,738 \text{ L}$$

Pelo fato de termos a massa de fermentado e não seu volume, é necessário utilizar a Equação 3 novamente, porém, dessa vez para determinar a quantidade, em litros, da bebi-



da. Como não se sabe a densidade do fermentado alcoólico de umbu-cajá, foi considerado que o mesmo possui o mesmo valor que o encontrado por Castilhos (2012) para o fermentado de uva ($0,9982 \text{ g/cm}^3$).

$$V_{\text{fe}} = \frac{1.000 \text{ kg}}{0,9982 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}$$

$$V_{\text{fe}} = 1.001,8 \text{ L}$$

Após calcular o volume do fermentado e do etanol, gerado pelas leveduras durante o processo fermentativo, pode-se determinar a graduação alcoólica da bebida por meio da Equação 4.

$$\text{Graduação Alcoólica} = \frac{V_{\text{Etanol}}}{V_{\text{fe}}} \quad \text{Eq.: 4}$$

$$\text{Graduação Alcoólica} = \frac{91,738 \text{ L}}{1.001,8 \text{ L}}$$

$$\text{Graduação Alcoólica} = 9,16^\circ$$

BALANÇO DE ENERGIA



O balanço de energia se baseia na primeira lei da termodinâmica e tem como seu principal conceito a conservação de energia, seja ela mecânica ou térmica. A aplicação da lei é de extrema importância para o correto dimensionamento de equipamentos (Tadini *et al.*, 2016).

Para este trabalho, será feito o cálculo do dimensionamento da bomba de trasfega. O equipamento deverá ter a capacidade de promover o deslocamento do fluido, da saída do tanque de fermentação para o tanque de maturação, através de tubulação.

Foi considerado que o fluido é incompressível e possui um regime de escoamento permanente. Logo, o balanço de energia mecânica é calculado através da Equação 5.

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta u^2}{2} + g \times \Delta z + f = - \frac{\dot{W}_s}{\dot{m}} \quad \text{Eq.: 5}$$

Onde,

ΔP = Variação de pressão;

ρ = Densidade;

Δu = Variação da gravidade;

g = Aceleração da gravidade;

Δz = Variação de altura;

f = Fator de atrito;

$\dot{W}_s$ = Trabalho realizado pela bomba;

$\dot{m}$ = Vazão mássica do fluído.

Considerando a pressão na saída do tanque de fermentação e na entrada do tanque de maturação como iguais, o primeiro termo da Equação 5 é nulo. Sendo assim, para determinar a velocidade do fluido pode-se utilizar a Equação 6.

$$u = \frac{\dot{v}}{A} \quad \text{Eq.: 6}$$

Onde,

$\dot{v}$ = Vazão volumétrica do fluído

A = Área da seção circular interna da tubulação

Para a determinação da vazão volumétrica foi-se estimado que a bomba utilizada leva 10 minutos para realizar a trasfega. Considerando que o volume transferido foi de 1.000 litros, podemos determinar a vazão volumétrica através da Equação 7.

$$\dot{v} = \frac{V}{t} \quad \text{Eq.: 7}$$

$$\dot{v} = \frac{1.000L}{10 \text{ min}}$$

$$\dot{v} = \frac{1 \text{ m}^3}{600 \text{ s}}$$

$$\dot{v} = 0,00167 \text{ m}^3/\text{s}$$

A determinação da área da seção circular foi obtida através do cálculo da Equação 8, estimando-se que a tubulação possui um diâmetro de 1,5 polegadas, aproximadamente 0,04 metros.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \text{Eq.: 8}$$

$$A = \frac{\pi * 0,04^2}{4}$$

$$A = 0,00126 \text{ m}^2$$

Com a determinação da área da seção circular interna da tubulação e da vazão do fluido, podemos determinar a velocidade do fluido retornando à Equação 6. Logo, a velocidade será igual a 1,33 m/s.

Para determinar a variação de altura (Δz), é necessário definir a distância que a bomba precisa elevar o fluido. Sabe-se, que a saída dos tanques de fermentação está situada a 1,0 metro do chão, enquanto a entrada do tanque de maturação está a 2,5 metros. A tubulação ainda deve cruzar o corredor na altura máxima, de 5 metros, para evitar bloquear o fluxo de deslocamento de pessoas. A maior distância entre os tanques de fermentação para os tanques de maturação é de 40 metros.

Além da variação de altura, ainda é necessário levar em conta, para a determinar a energia potencial, as perdas de carga que ocorrem durante o percurso da tubulação. Mas antes disso é preciso conhecer qual é o regime de escoamento do processo. Isto é feito através do cálculo do número de Reynolds (Equação 09).

$$Re = \frac{\rho \times u \times D}{\mu} \quad \text{Eq.: 9}$$

Onde,

Re = Número de Reynolds;

ρ = Densidade do fluido;

u = Velocidade do fluido;

D = Diâmetro da tubulação

μ = Viscosidade.

Considerando a densidade e a viscosidade do fermentado alcoólico de umbu-cajá igual à obtida por Castilhos (2012) e Pereira (2021) nas análises físico-químicas de vinho de uva, temos 0,9982 g/cm³ e 2,914 mPa*s, respectivamente. Logo,

$$Re = \frac{0,9982 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1,33 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,04 \text{ m}}{2,914 \text{ mPa} \cdot \text{s}}$$



$$Re = \frac{998,2 \frac{kg}{m^3} \times 1,33 \frac{m}{s} \times 0,04 m}{0,002914 \frac{kg}{m \cdot s}}$$

$$Re = 18.223,83$$

Pelo fato do número de Reynolds ser maior de 4.000, o fluxo de escoamento é classificado como turbulento.

Após a obtenção do número de Reynolds, podemos utilizar o Diagrama de Moody (Anexo A) para determinar o coeficiente de perda de carga distribuída (f). Com isso, devemos determinar o tipo de material da tubulação, para que possamos saber os valores da rugosidade (ϵ). Pelo fato de utilizar-se de tubulações de aço inoxidável, a rugosidade do material é de 0,00002 mm. Sabendo que a tubulação possui diâmetro de 0,04 m, temos que a rugosidade relativa é de 0,0005. Cruzando todos os dados no diagrama, obtemos um valor de 0,028 para o coeficiente de perda de carga distribuída.

Para a determinação da perda de carga (h_r) é determinada pela Fórmula de Darcy (Equação 10). Entretanto deve-se somar ao comprimento da tubulação as perdas de carga em acidentes de tubulação, que são conexões colocadas na tubulação a fim de modificar a direção do cano.

$$h_r = f \times \frac{L \times u^2}{D \times 2g} \quad \text{Eq.: 10}$$

Neste trabalho foi estimado o uso de 5 joelhos padrões de 90°. Sabendo que a tubulação possui 0,04 m de diâmetro, temos o valor, para cada joelho, de comprimento equivalente a 1,2 metros. Logo, a fórmula para determinação da perda de carga (h_r) com o comprimento das perdas em acidentes de tubulação é representada pela Equação 11.

$$h_r = f \times \frac{(L + L_{eq}) \times u^2}{D \times 2 \times g} \quad \text{Eq.: 11}$$

Considerando o comprimento da tubulação (L) em aproximadamente 50 metros e a gravidade como 9,8067 m/s², temos:

$$h_r = 0,027 \times \frac{(50 + (5 \times 1,2)) \times 1,33^2}{0,04 \times 2 \times 9,8067}$$

$$h_r = 3,41 \text{ m}$$

Voltando para Equação 5, para o termo referente a energia potencial, deve-se determinar a altura real que a bomba precisa elevar o fluido (H_{bomba}), com esse intuito, utilizado a Equação 12.

$$H_{bomba} = (Z_2 - Z_1) + h_r \quad \text{Eq.: 12}$$

$$H_{bomba} = (2,5 - 1,0) + 3,41$$

$$H_{bomba} = 4,91 \text{ m}$$

A partir deste momento, devemos encontrar o valor da potência hidráulica (P_h). Com isso, utilizaremos a Equação 13. Iremos continuar considerando a densidade do vinho de uva, obtida por Castilhos (2012) como referência. Logo,

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H_{bomba}$$

Eq.: 13

$$P_h = 998,2 \frac{kg}{m^3} \times 9,8067 \frac{m}{s^2} \times 0,00167 \frac{m^3}{s} \times 4,91m$$

$$P_h = 80,267 W$$

Por fim, considerando a eficiência da bomba igual a 60%, teremos o potencial necessário para atender ao processo.

$$P_{bomba} = \frac{P_h}{\eta}$$

Eq.: 14

$$P_{bomba} = \frac{80,267 W}{0,60}$$

$$P_{bomba} = 133,78 W$$

$$P_{bomba} = 0,18 CV$$

Logo, precisaremos de uma bomba que possua uma potência maior que 0,18 CV para que ela atenda ao processo.

VIABILIDADE ECONÔMICA



Uma parte determinante no desenvolvimento de um produto é a viabilidade dele, principalmente em aspectos econômicos. Os custos de produção devem ser calculados para uma melhor precificação. Podemos classificar os custos em fixos e variáveis, no qual o primeiro existe independentemente do volume produzido, enquanto o segundo dependerá da produção.

No cálculo realizado utilizamos algumas premissas. A primeira delas é o desenvolvimento do MVP (Mínimo Produto Viável), onde será lançada a versão mais básica do fermentado alcoólico de umbu-cajá, para testar sua aceitação no mercado e pelos consumidores. Sendo positiva, serão adquiridos novos maquinários para melhoria do processo e escalonamento da produção, além da contratação de mais funcionários.

Outro fator levado em conta para os cálculos é o uso do rendimento da produção em escala laboratorial. É sabido que o uso de equipamentos apropriados irá aumentar a eficiência dos processos, mas como não há uma porcentagem de melhora na literatura, iremos manter a proporcionalidade do teste de bancada.

Foi utilizado um dimensionamento para a produção inicial de 1.200 garrafas por mês, sendo necessário produzir um volume de 3.000 litros. O cálculo do rendimento e suas proporcionalidades estão disponíveis na Tabela 05.

Tabela 5. Cálculo de rendimento

	Umbu-cajá (kg)	Volume Produzido (L)	Garrafas Produzidas (UND)	Rendimento (Garrafas / kg de umbu-cajá)
Escala laboratorial	1,300	2,300	3,06	2,36
Escala Industrial	1.695,650	3.000	4.000	2,36

Fonte: Autor (2025)

CUSTOS FIXOS

Custos fixos são aqueles que, independentemente do volume produzido, estarão presentes mensalmente. Gastos com salário de funcionários, uso de água e energia elétrica, aluguel, prestadores de serviço e impostos são despesas frequentes. Na Tabela 06 temos o quadro de funcionários.

Tabela 6. Quadro de funcionários (% de encargos 66,2%)

Cargo	Salário base	Quantidade	Folha	Folha + Encargos
Auxiliar de produção	R\$ 1.518,00	3	R\$ 4.554,00	R\$ 7.559,64
ASG	R\$ 1.518,00	1	R\$ 1.518,00	R\$ 2.522,92
Engenheiro de Alimentos	R\$ 6.000,00	1	R\$ 6.072,00	R\$ 10.091,66
Vendedor	R\$ 1.669,80	1	R\$ 1.669,80	R\$ 2.775,21
Auxiliar Administrativo	R\$ 1.669,80	1	R\$ 1.669,80	R\$ 2.775,21
Total		7	R\$. 15.483,60	R\$ 25.733,74

Fonte: Autor (2025)



Foi considerado, para este trabalho, que o prédio industrial é de domínio próprio e possui poço artesiano, com água potável e em condições ideais para o seu uso no processamento da bebida. Logo, será pago apenas a taxa de esgoto, no qual foi estimado um volume mensal de 40m³. Também foi levado em conta que a instalação é provida de painéis solares, promovendo uma autogeração de energia, sendo assim ocorre apenas pagamento da taxa de iluminação pública. Na Tabela 07 temos os custos fixos detalhados.

Tabela 7. Custos fixos

Custos	Valor mensal	Custo por Garrafa
Folha salarial + encargos	R\$ 25.733,74	R\$ 6,43
Água e esgoto	R\$ 574,00	R\$ 0,14
Energia elétrica	R\$ 43,64	R\$ 0,01
Assessoria contábil	R\$ 1.518,00	R\$ 0,38
Assessoria de marketing	R\$ 1.000,00	R\$ 0,25
Internet e telefone	R\$ 150,00	R\$ 0,04
Total	R\$ 29.019,38	R\$ 7,25

Fonte: Autor (2025)

CUSTOS VARIÁVEIS

Custos variáveis são aqueles dependentes do total produzido mensalmente. Logo, a maior parte deles estão diretamente ligados à produção, como matéria prima, embalagens, rótulos e lacres. Outro fator gerador de variação são os preços dos insumos, principalmente o valor do quilo do umbu-cajá, que sofre alterações de acordo com o período do ano e de como foi a safra daquele lote.

Outros itens que têm o seu consumo variado, mas que não estão diretamente relacionados ao volume total produzido, como material de escritório, material e produtos de limpeza, não entrarão no cálculo das despesas variáveis.

O cálculo dos custos foi realizado através do preço encontrado em pesquisa digital realizada no mês de maio de 2025. Também foi levado em conta a expectativa de produção mensal de 3.000 litros do fermentado. Na Tabela 08 é possível analisar os valores encontrados.

Tabela 8. Custos variáveis

Custos	Valor (R\$)	Quantidade utilizada	Valor mensal (R\$)	Custo por garrafa (R\$)
Umbu-cajá (kg)	7,20	1.695,650	12.208,69	3,05
Açúcar cristal (kg)	3,60	260,870	939,12	0,23
Levedura seca - embalagem de 500g (Und)	105,89	1,400	296,49	0,07
Garrafa de vidro - 750 mL (Und)	4,16	4.000	16.640,00	4,16
Rolha (Und)	0,58	4.000	2.320,00	0,58

Lacre (Und)	0,19	4.000	760,00	0,19
Rótulo (Und)	0,25	8.000	2.000	0,50
Embalagem secundária - Caixa de papelão (Und)	8,93	333	2.973,69	0,74
Total			R\$ 38.137,99	R\$ 9,52

Fonte: Autor (2025)

ESTIMATIVA DE PREÇO DE VENDA

A determinação do preço de venda de um produto deverá ser determinada com cálculos que englobam o seu custo total, o lucro esperado e a taxa de imposto. Levando em conta todos esses aspectos a obtenção do valor final se torna mais assertiva.

Para este trabalho foi considerado que a empresa é optante do Simples Nacional e que possui faturamento anual aproximado de R\$2.500.000,00, sendo assim, a alíquota referente a este faturamento é de 14,7% e terá como valor a deduzir R\$85.500,00 (Torres, 2025). Por ser uma indústria produtora e vendedora de bebidas alcóolicas a taxa do ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - não está incluída no Simples Nacional, sendo necessário agregar ao cálculo do produto a taxa de 29%, que é a alíquota referente a bebidas alcoólicas no estado do Rio Grande do Norte (Perissé, 2025).

Ao saber o custo variável e fixo e as taxas dos impostos cobrados pela federação, resta definir qual margem de lucro a empresa adotará. Para este trabalho foi definido o valor de 50%. Com isso podemos começar os cálculos para a definição do preço.

$$\text{Custo total do produto (R\$)} = \text{Custo fixo (R\$)} + \text{Custo variável (R\$)} \quad \text{Eq.: 15}$$

$$\text{Custo total do produto (R\$)} = \text{R\$7,25} + \text{R\$9,52}$$

$$\text{Custo total do produto} = \text{R\$ 16,77}$$

A Equação 15 foi utilizada para a definição do custo total do produto. Sabendo esse valor, utilizaremos a Equação 16 para definir o montante, em reais, da taxa de lucro definida.

$$\text{Lucro (R\$)} = \text{Custo total do produto} \times \text{Taxa de lucro} \quad \text{Eq.: 16}$$

$$\text{Lucro (R\$)} = 16,77 \times 0,5$$

$$\text{Lucro} = \text{R\$ 8,39}$$

Somando os valores obtidos no cálculo do custo total do produto e do lucro, obtemos o valor bruto de R\$25,16 por unidade de fermentado alcoólico. Agora, para chegar no valor final do produto deverão ser calculados os valores de imposto. Para calcular a alíquota efetiva do Simples Nacional será utilizado a Equação 17.

$$\text{Alíquota Efetiva (\%)} = \frac{[(\text{Receita Bruta} \times \text{Alíquota}) - \text{Valor a deduzir}]}{\text{Receita Bruta}} \quad \text{Eq.: 17}$$



$$\text{Alíquota Efetiva (\%)} = \frac{[(2.500.000,00 \times 14,70\%) - 85.500,00]}{2.500.000,00}$$

Alíquota Efetiva = 11,28%

Com a alíquota efetiva, podemos calcular o valor do Simples Nacional. A Equação 18 será usada para definição desse valor.

$$\text{Valor do imposto do Simples Nacional (R\$)} = \text{Valor bruto} \times \text{Alíquota efetiva} \quad \text{Eq.: 18}$$

Valor do imposto do Simples Nacional (R\$) = R\$ 25,16 x 11,28%

Valor do imposto do Simples Nacional = R\$ 2,84

O cálculo do valor recolhido pelo ICMS é calculado pela Equação 19.

$$\text{ICMS (R\$)} = \text{Valor bruto} \times \text{Taxa de ICMS} \quad \text{Eq.: 19}$$

ICMS (R\$) = R\$ 25,16 x 29%

ICMS = R\$ 7,30

Conhecendo todos os valores, podemos definir o preço final do fermentado alcoólico de umbu-cajá explicitado pela Equação 20.

$$\text{Preço Final (R\$)} = \text{Valor bruto} + \text{Valor do imposto do Simples Nacional} + \text{Valor do ICMS} \quad \text{Eq.: 20}$$

Preço Final (R\$) = 25,16 + 2,84 + 7,25

Preço final = R\$ 35,29

ANÁLISE DE MERCADO

Com o preço final de venda definido, é necessário analisar o mercado com o intuito de saber se o nosso valor está dentro da média, muito acima ou abaixo dos produtos concorrentes.

Pelo fato de o produto ser inovador, não há nenhum concorrente direto que também produza fermentado alcoólico de umbu-cajá. Com isso, para realizarmos a análise de mercado, utilizaremos produtos semelhantes, da mesma categoria que a nossa, como vinhos, sidras, hidroméis e bebidas alcoólicas não convencionais.

Os valores encontrados na Tabela 9 são os preços de venda de cada produto para o consumidor final, em pesquisa realizada, em maio de 2025, em sites da marca produtora e supermercados.

Tabela 9. Pesquisa de preço praticado pelo mercado

Produto	Marca	Matéria prima	Valor (R\$)	Volume (mL)
Sidra selvagem de pêssego	Companhia dos Fermentados	Pêssego	129,00	750
Vinho de Jabuticaba	Companhia dos Fermentados	Jabuticaba	250,00	750
Frukta Bacapari	Companhia dos Fermentados	Bacupari	119,00	750
Vinho tinto de Jabuticaba	Javine	Jabuticaba	89,90	750
Hidromel Tradicional	Philip Mead	Mel	89,90	500
Hidromel Mangaláxica	Orun	Mel, manga e Lúpulo	96,00	660
Sidra Bfiver	Bfiver	Maçã	79,90	750
Vinho de Açaí	Florisa	Açaí	164,90	750

Fonte: Autor (2025)

Como é possível observar na Tabela 9 a média de valores encontrados, de produtos similares à bebida alcoólica fermentada de umbu-cajá, é de R\$127,33. Esse valor é muito superior ao valor final da nossa bebida. Considerando que ao revender nosso produto seja aplicado uma margem de lucro de 20%, o preço para o consumidor final será de R\$42,34. Ainda bem inferior ao praticado pelo mercado.

Sendo assim, a produção do fermentado alcoólico de umbu-cajá se torna extremamente viável financeiramente, pois ela apresenta um preço final bem abaixo do que encontramos hoje no mercado, possibilitando o aumento da margem de lucro utilizada neste trabalho.



TRATAMENTO DE RESÍDUOS



Os resíduos gerados pela fábrica produtora do fermentado de frutas são de natureza líquida e sólida, da qual podemos separar como orgânicos e inorgânicos. A indústria tem como dever destinar adequadamente cada um deles e para isso se utiliza de práticas ecológicas (Araújo *et al.*, 2025).

Os lixos sólidos inorgânicos são caracterizados por materiais do dia a dia da fábrica, como papéis, embalagens primárias e secundárias, embalagens de produtos de limpeza e materiais de escritório. Os materiais que podem ser reciclados são separados e destinados a cooperativas da região que fará o reaproveitamento deles. Já os resíduos que não podem ser reciclados são destinados a aterros sanitários.

O resíduo sólido orgânico é composto por frutos reprovados na etapa do recebimento, o bagaço da etapa da prensagem, a borra da fermentação e restos de alimentação de funcionários no refeitório da empresa. A depender de seu volume, ele poderá ter destinações diferentes. A primeira delas seria a utilização deles em um biodigestor que geraria gás para ser utilizado na fábrica. Já o segundo destino seria o de compostagem ou alimentação animal. Ainda há a possibilidade de ir para aterros sanitários, juntamente com os resíduos sólidos inorgânicos não recicláveis (Silva *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2025).

Existe ainda, outras alternativas para os resíduos gerados a partir do processamento do umbu-cajá, como sugere Moreira e Brandão (2022), que é de incluí-los na alimentação humana, através de processos de produtos como farinhas, cupcake, geleia, doces e compotas.

O resíduo líquido é composto majoritariamente por água de lavagem de equipamentos, máquinas e instalações industriais, higienização dos frutos e uso de banheiros e pias. Por possuírem uma carga orgânica elevada, eles precisam passar por um tratamento prévio para ser destinados à rede de esgoto pública (Melchiors e Freire, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS



Diante do cenário crescente da busca por frutas nativas e seus subprodutos, por parte de consumidores em todo o mundo, o fermentado alcoólico de umbu-cajá se torna uma alternativa interessante para suprir essa demanda.

A criação de mais um produto industrial a base de umbu-cajá, diferente dos já existentes atualmente, como polpas, geleias, compotas e sorvetes, poderá impulsionar os produtores locais a aumentarem a produção do fruto com a organização e o aumento de pomares de umbu-cajazeira, aplicando técnicas de cultivo para que haja frutos durante todo o ano, de modo que consigam atender a demanda industrial.

O fermentado alcoólico de umbu-cajá ainda se mostrou extremamente vantajoso quanto a questões financeiras. Mesmo com uma elevada margem de lucro, de 50%, ainda possuía preço bem inferior a produtos similares, possibilitando um aumento maior desta margem.

Quanto ao processo de obtenção do fermentado alcoólico de umbu-cajá, podemos classificá-lo como simples, devido ao fato de não possuir muitos insumos para sua elaboração. Além de que os controles das variáveis do processo não são complexos, possibilitando um número reduzido de pessoas para a elaboração da bebida.

O fermentado alcoólico de umbu-cajá ainda carece de mais pesquisas, seja para o desenvolvimento de um processo próprio, voltado às características do fruto. Além de análises para caracterização físico-químicas, análises sensorial e de aceitabilidade do público.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, R. R. de et al. *Spondias bahiensis*: umbu-cajá. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro - Região Nordeste**. Brasília, v. 1, n. 1, p. 279-286, 2018. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1104684/1/Umbucajapdf.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2025.
- ARAUJO, Samara Mirelle Silva de. et al. Análise bibliográfica: gestão de resíduos orgânicos em indústrias de polpas de frutas. **Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gestão**. v. 8, n. Edição Especial, p. 7, 2025. Acesso em: 23 jun. 2025.
- ABRAFRUTAS. **Produção de Frutas Brasileiras – Por Estado**. Microsoft Power Bi. Disponível em: < <https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>>. Acesso em 15 mai. 2025.
- BRACK, Paulo. et al. Frutas nativas do Rio Grande do Sul, Brasil: riqueza e potencial alimentício. **Rodriguésia**. v. 71: e03102018. p. 11. 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rod/a/JpWKrZKkFy8hGXYdNLqDwzr/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 29 jun. 2025
- BRASIL. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em: 14 mai. 2025.
- BRASIL. Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/17678.htm>. Acesso em 27 abr. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=30/11/2012&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=284>>. Acesso em 14 mai. 2025.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. **Diário Oficial da União**. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>>. Acesso em 11 jun. 2025.
- BURITI, Francisca Janekely. **Marcadores barcode em *Spondias* do Nordeste: o caso específico de *S. bahiensis***. 2020. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2020.
- CASTILHOS, Maurício Bonatto Machado de. **Desenvolvimento e Caracterização de Vinhos Tintos a Partir de Uvas Cultivadas no Noroeste Paulista**. 2012. 153 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2012.
- CELA, Cesar Miguel. **Produção de bebida fermentada de manga (*Mangifera indica* L), utilizando frutos rejeitados para o mercado varejista e de exportação**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.
- CORAZZA, M. L. et al. Preparação e Caracterização do Vinho de Laranja. **Química Nova**. Maringá, v. 24, n. 4. p. 449-452, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/bq47yVGWrWhNPnsVDzdb4Tw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 13 mai 2025.
- DANTAS, C. E. A.; SILVA, J. L. A. Fermentado Alcoólico de Umbu: Produção, Cinética de Fermentação e Caracterização Físico-Química. **Holos**. Currais Novos, v. 2. p. 14. mai. 2017. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4506/pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2025.
- EMBRAPA. **O agro no Brasil e no mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2025.
- EMBRAPA. *Spondias* agroindustriais e os seus métodos de propagação: frutos tropicais: cajá, ciriguela, cajarana, umbu, umbu-cajá e umbuguela. **EMBRAPA Agroindústria Tropical**. Fortaleza, n. 27, p. 26, dez. 1998. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/425856/1/Dc027.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2025
- FONSECA, Antônio Augusto Oliveira Produção, caracterização e avaliação sensorial de fermentado alcoólico de manga (*Mangifera indica* L.) variedade “Carlota”. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 7, p. 46176-46192, jul. 2020. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13101/11014>>. Acesso em 27 mai. 2025.
- JAGTAP, U. B. BAPAT, V. A. Wines from fruits other than grapes: Current status and future prospectus. **Food BioScience**. v. 9, p. 80-96. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429214000625?via%3DiHub>>. Acesso em: 24 abr. 2025.

JUNIOR, Marcelo Almeida de Oliveira. et al. Perfil do consumo e conhecimento sobre fruteiras nativas e exóticas. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 13. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/355489908_Perfil_do_consumo_e_conhecimento_sobre_fruteiras_nativas_e_exoticas>. Acesso em 23 jun. 2025.

LIMA, Ednaldo Queiroga de; OLIVEIRA, Elisabeth de; BRITO, Helio Rodrigues de. Extraction and characterization of the essential oils from *Spondias mombin* L. (Cajá), *Spondias purpurea* L. (Ciriguela) and *Spondias ssp* (cajarana do sertão). **African Journal of Agricultural**, vol. 11, n. 2, p. 105-116, jan. 2016. Disponível em: <<https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/0504B1B56674>>. Acesso em: 21 mai. 2025.

LONGO, Ana Maria Mucedola. **Perdas e Desperdício de Alimentos no Brasil**. 2022. p. 58. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) - Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2022.

LOPES, Yasmim, Martins, dos Santos et al. Elaboração, caracterização físico-química e microbiológica de bebida alcoólica fermentada de cajarana (*Spondias dulcis*). **Revista brasileira Tecnologia Agroindustrial**. Francisco Beltrão, v. 14, n. 1, p. 3178-3190, jan. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/8864>>. Acesso em 20 mai. 2025.

MELCHORS, Emeline. Freire, Flavio Bentes. **Sistema de tratamento de efluentes de vinícola: tendências e desafios**. 2023, p. 8. 7º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio ambiente. Bento Gonçalves, 2023. Disponível em: <<https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=405&ano=>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MOREIRA, Ana Clara de Araújo. BRANDÃO, Taís Silva de Oliveira. **Levantamento prospectivo de processos e tecnologias no aproveitamento de resíduos gerados a partir do processamento de polpas de frutas de umbu e umbu-cajá**. 2022. p. 4. XXVI Seminário de Iniciação Científica da UEFS Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Feira de Santana, 2022.

NEVES, W. B. P. et al. Produção e caracterização físico-química do fermentado de caju. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 9. p. 68106-68120, set. 2020. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/16563/13534>>. Acesso em: 24 mai. 2025.

NOLETO, Adrielly Rodrigues. et al. Conhecimento da população sobre frutos nativos do Cerrado brasileiro. **Research, Society and Development**. Goiânia, v. 11, n. 14, p. 9, 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/36585/30604>>. Acesso em: 23 jun. 2025.

PAULA, Breno de. **Produção de fermentado de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. 2011. 86 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

PAZZINI, Igor Artur Eller. **Desenvolvimento de Mally: Bebida alcoólica fermentada à base de jambo-vermelho (*Syzygium malaccense*)**. 2019. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

PEIXOTO, Carlos, Roberto, de Menezes, et al. Miniprojeto para ensino de química geral experimental baseado na fermentação do caldo de cana de açúcar. **Quím. Nova**. v. 35, n. 8, p. 1686-1691, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/RVMsY8KcfY9BtyWVHQnJ9wh/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 29 jun. 2025.

PEREIRA, Maria Eduarda Freitas Oliveira. **Técnicas Quimiométricas na Avaliação da Viscosidade em Vinhos do Porto**. 2021. 122 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Química), Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2021.

PERISSÉ, Júlia. **ICMS RN - Tabela atualizada**. 2025. Disponível em: <<https://www.taxgroup.com.br/intelligence/icms-rn-tabela-atualizada/>>. Acesso em: 24 de maio de 2025.

RUFINO, Maria do Socorro Moura. **Propriedades funcionais de Frutas Tropicais Brasileiras Não Tradicionais**. 2008. 253 f. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.

SANTOS, Edilaine Alves da Silva. et al. Desenvolvimento e avaliação cinética de bebidas alcoólicas fermentadas de goiaba, manga, melão e tangerina. **Agron Food Academy**. vol. 1, p. 275-283, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1Ld_AKl0K8k4lQ3J8CIs0N9A_M60r6l9l/view>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SANTOS, Elenilson Rivando dos; SOUZA, Felipe Thiago Caldeira de. Desenvolvimento de bebida fermentada utilizando a polpa de pinha (*Annona squamosa* L.) como alternativa para excedentes de colheita. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Francisco Beltrão, v. 14, n. 01, p. 3191-3211, jan. 2020. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscar.html?task=detalhes&source=all&id=W3047814198>>. Acesso em: 27 mai 2025.



SANTOS, Márcio Barros dos. Caracterização e Qualidade de Frutos de Umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) Provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, dez. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/wQHqWm4xFfJHF6BpxDjKcSG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 17 mai. 2025.

SANTOS, Renata Torres dos Santos e. Estudo Prospectivo de Documentos de Patentes Relacionados à Produção de Bebidas Alcoólicas Fermentadas de Frutas. **Cadernos de Prospecção**. Salvador, v. 14, n. 1, p. 242-254, mar. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/30515/23558>>. Acesso em: 27 mai. 2025.

SILVA, Izaias Duarte da. A Fruticultura e sua Importância Econômica, Social e Alimentar. **ANAIS SINTAGRO**. Ourinhos, v. 11, n. 1, p. 3-10, out. 2019. Disponível em: <https://www.fatecourinhos.edu.br/anais_sintagro/index.php/anais_sintagro/article/view/19>. Acesso em 16 mai. 2025.

SILVA, Karoline Teixeira. **Biodigestor como alternativa de gestão de resíduos orgânicos**. 2020. p. 7. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Vitória, 2020.

SILVA, Luiz Henrique da; MAGALHÃES, Pedro; PINHEIRO, Bárbara Carine Soares. O Vinho no Egito Antigo: Uma Dose de História da Química. **Revista Debates em Ensino de Química**. 2021, v. 7, n. 2, p. 19-37, dez. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/368383523_O_Vinho_no_Egito_Antigo_Uma_Dose_de_Historia_da_Quimica>. Acesso em: 26 mai. 2025.

SILVA, Tauany Nataly Chagas. **O Potencial da comercialização de frutas brasileiras no mercado externo: uma revisão**. 2022. p. 43. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal Goiano - campus Morrinhos, Morrinhos, 2022.

SILVEIRA, Rafaela Diogo. **Avaliação do potencial de Umbu (*Spondias tuberosa*) para a produção de fermentado alcoólico do tipo espumante**. 2023. p. 40. Dissertação de mestrado (Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

SOUZA, Francisco Xavier de. et al. **Umbu-cajazeira descrição e técnicas de cultivo**. Mossoró: EDUFESA. 2020.

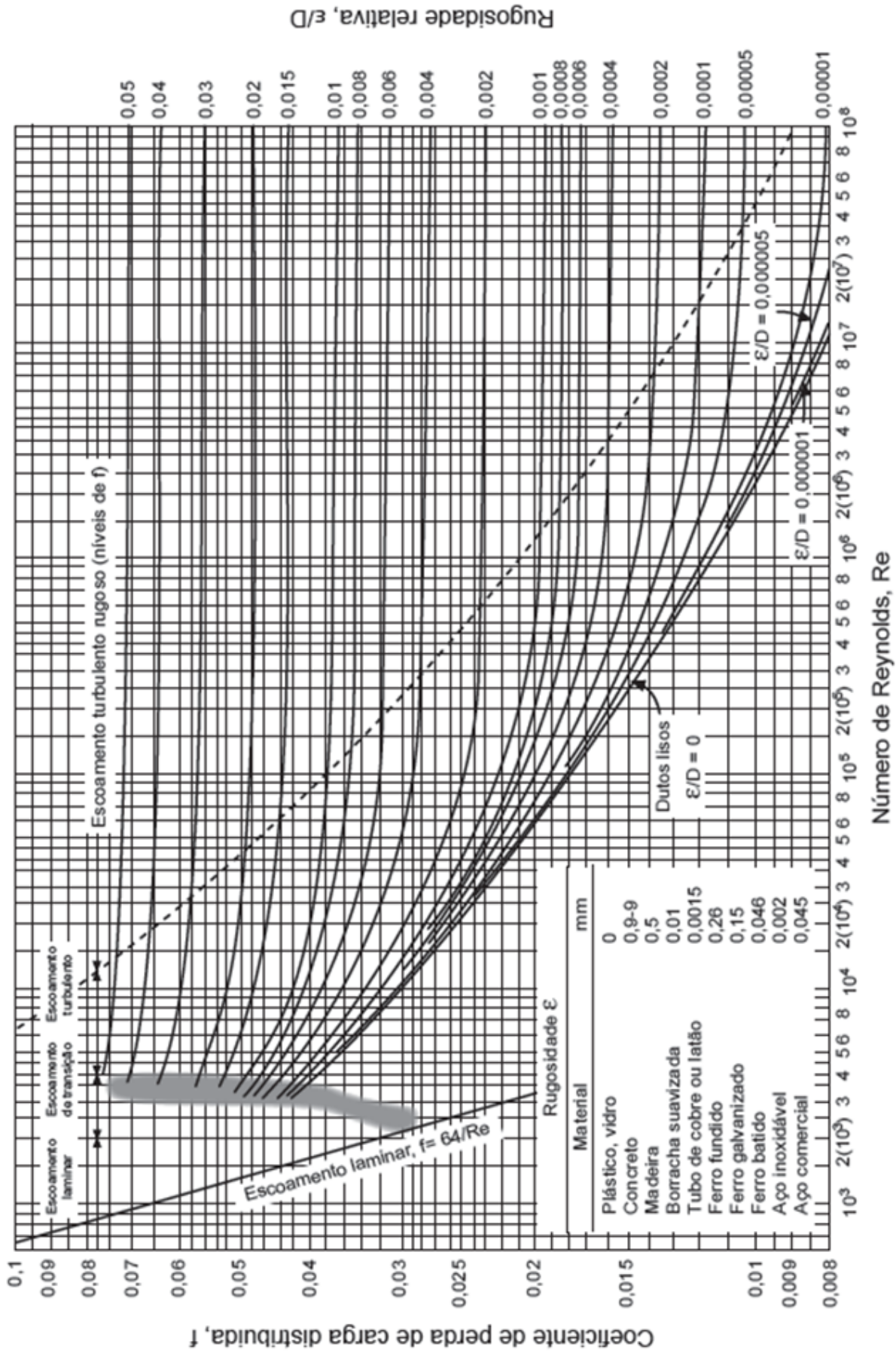
TADINI, C. C. et al. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

TORRES, Vitor. **Tabela Simples Nacional 2025 completa Anexos e Alíquotas**. Disponível em: <<https://www.contabilizei.com.br/contabilidade-online/tabela-simples-nacional-completa/#tabelas-dos-anexos-do-simples-nacional>>. Acesso em 24 de maio de 2025.

VIDAL, Maria de Fátima. Fruticultura. **Caderno Setorial Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE**. Ano 9, n 337, p. 17, mai. 2024. Acesso em: 28 jun. 2025.

WENDHAUSEN, Louise de Faria. **Fermentados alcoólicos de frutas: Uma Revisão sobre as Etapas e Parâmetros de produção, Características Físico-Químicas e Potencial Bioativo das bebidas**. 2022. p. 50. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

ANEXO A - Diagrama de Moody



Este livro apresenta uma jornada científica e afetiva em torno do umbu-cajá, fruto nativo do Nordeste brasileiro, com o objetivo de transformá-lo em uma bebida alcoólica fermentada de alto valor agregado. A obra integra saberes tradicionais e inovação tecnológica, propondo um modelo de desenvolvimento que respeita a biodiversidade e a cultura local. Mais que um novo produto, é um convite ao empreendedorismo com propósito, unindo ciência, sustentabilidade e identidade territorial. Um verdadeiro fermento de ideias para quem acredita na potência dos frutos brasileiros.

ISBN: 978-65-6068-172-9



9 786560 681729