



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC5515 – Estágio Supervisionado

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NA EMPRESA
DUAS RODAS INDUSTRIAL S.A MATRIZ**

MATHEUS HANSEN VOIGT

**ORIENTADOR: PROF. DR. GUSTAVO AMADEU MICKE
SUPERVISOR: ME. SALVELINO APARECIDO NUNES**

Florianópolis
Novembro/2024

Matheus Hansen Voigt



Documento assinado digitalmente

Matheus Hansen Voigt

Data: 14/12/2024 19:44:21-0300

CPF: ***.458.819-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>



Documento assinado digitalmente

Gustavo Amadeu Micke

Data: 14/12/2024 20:12:34-0300

CPF: ***.843.728-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NA EMPRESA DUAS RODAS INDUSTRIAL S.A MATRIZ

Projeto de Estágio Supervisionado (QMC 5515)
apresentado ao Departamento de Química da
Universidade Federal de Santa Catarina
desenvolvido na empresa Duas Rodas S.A
como um dos requisitos para obtenção do título
de bacharel em química tecnológica
orientado pelo Prof. Dr. Gustavo A. Micke e
supervisionado por Salvelino Aparecido Nunes

Florianópolis
Novembro/2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Duas Rodas por ter confiado esse cargo a mim. Aos setores de produção, portaria, segurança, restaurante, almoxarifado, análise e desenvolvimento que sem perceber nos auxiliam, mesmo que de maneira discreta a cada dia se fazendo presente e de alguma forma fazendo a diferença nesse período. Sou muito grato também aos membros do PTA, Glenise, Fabiani, Wellington, Luiz por todos os ensinamentos, todo o apoio e todas as conversas proporcionadas que, com certeza, fizeram a diferença no processo, e especialmente à Isabel, que com muita paciência me conduziu pelo projeto e me fez entender toda a dinâmica do setor de maneira leve e amigável.

À mulher por quem sou apaixonado, Carolina de Araujo Giroto, a quem devo a minha admiração, meu amor, e meus eternos agradecimentos, pois com você posso compartilhar dos meus sonhos, vivenciar os seus, além de tornar essa caminhada menos sinuosa e confiar em mim mais do que eu mesmo, eu te amo!

Devo minha gratidão também, pelos amigos que me acompanharam de alguma forma nessa jornada e tenho certeza que cada um foi fundamental à sua maneira para que eu pudesse chegar a esse momento. Vine, Franke, Milena, Bia, Luquinhas, Rial e Renatinha, Matheus, Gaby e Jusci, muito obrigado!

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer à minha família. Agradeço por todo o apoio, paciência, insistência, motivação e amor que me proporcionaram durante essa jornada. Se não foi fácil pra mim, sei que não foi para vocês também, porém saber que nunca soltaram minha mão nas horas mais complicadas, me deu forças para continuar e não desistir. Eu amo vocês!

SUMÁRIO

1. JUSTIFICATIVA.....	9
2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO.....	10
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1 Jabuticaba.....	11
3.2 Compostos fenólicos.....	12
3.2.1 Antocianinas.....	13
3.3 Concentração por membrana.....	16
3.3.1 Microfiltração.....	18
3.3.2 Ultrafiltração.....	18
3.3.3 Osmose Reversa.....	19
3.4 Encapsulamento.....	19
3.5 Spray-dryer.....	20
3.5.1 Coadjuvantes de processos de secagem.....	21
3.5.1.1 Maltodextrina.....	22
4.OBJETIVOS.....	23
4.1 Objetivo Geral.....	23
4.2 Objetivos específicos.....	23
5. METODOLOGIA.....	24
5.1 Materiais e reagentes.....	24
5.2 Equipamentos.....	24
5.3 Pesquisa.....	24
5.4 Desenvolvimento.....	25
5.5 Aplicação.....	25
5.6 Extração e concentração de antocianinas.....	26
5.6.1 Materiais e Reagentes.....	26
5.6.2 Extração hidroalcoólica da amostra 2 da jabuticaba.....	26
5.6.3 Concentração por Micro e Ultrafiltração.....	26
5.6.4 Concentração por Osmose Reversa.....	26
5.6.5 Spray-dryer.....	26
5.6.6 Análises Quantitativas.....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1 Pesquisa.....	28

6.2 Desenvolvimento.....	28
6.3 Aplicação.....	28
6.4 Concentração da amostra 1.....	30
6.4.1 Concentração por MF e UF.....	30
6.4.2 Concentração por OR.....	32
6.5 Extração hidroalcoólica da amostra 2 de jabuticaba.....	34
6.5.1 Concentração por OR.....	36
6.6 Spray-dryer.....	38
6.6.1 Secagem da amostra 1.....	38
6.6.2 Secagem do extrato da amostra 2.....	38
7. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS.....	40
8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL.....	41
9. REFERÊNCIAS.....	42
10. ANEXOS.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árvore da jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) com frutos maduros prontos para colheita.

Figura 2. Estrutura geral das antocianinas presentes na jaboticaba.

Figura 3. Estrutura Geral das Antocianinas.

Figura 4. Variação da absorvância do extrato da casca da uva com o pH.

Figura 5. Representação esquemática de filtração (a) *in-line* e (b) *cross-flow* em membranas de microfiltração.

Figura 6. Esquema de funcionamento da membrana mineral.

Figura 7. Esquema de funcionamento da membrana orgânica.

Figura 8. Esquema de operação típico de um spray dryer.

Figura 9. Aplicação em crostini.

Figura 10. Aplicação em empada (Imagem 1A) e padrão (Imagem 1B); cookie (Imagem 2); e merengue (Imagem 3).

Figura 11. Tanque de alimentação da membrana no processo de MF e UF da amostra da jaboticaba.

Figura 12. Gráfico do dia 1 da MF e UF da amostra 1 de jaboticaba.

Figura 13. Gráfico do dia 2 da MF e UF da amostra 1 de jaboticaba.

Figura 14. Dados da filtração por OR da amostra 1 de jaboticaba.

Figura 15. Diferença entre os permeados da osmose reversa dos 10 primeiros litros (Permeado A) para o 11° L (Permeado B) e 12° L (Permeado C) e o concentrado.

Figura 16. Gráfico dos dados obtidos a partir do permeado da OR da amostra 1.

Figura 17. Extração (Imagem A), filtração (Imagem B) e resíduo da extração da jaboticaba (Imagem C).

Figura 18. Dados da extração hidroalcoólica da amostra 2 da jaboticaba.

Figura 19. Dados do resíduo da extração hidroalcoólica da amostra 2 de jaboticaba.

Figura 20. Permeado (à esquerda) e concentrado (à direita) da filtração por osmose reversa da extração hidroalcoólica da amostra 2 de jaboticaba do dia 2.

Figura 21. Teor de AA após primeira filtração por OR e filtração da amostra total.

Figura 22. Teor de AA em pós concentrados a partir de 10L e 20L de extrato.

Figura 23. Extrato em pó da amostra 1 e extrato em pó da amostra 2 de jabuticaba.

LISTA DE FIGURAS

Tabela 1. Compostos fenólicos solúveis presentes na jabuticaba em base seca.

Tabela 2. Concentração de antocianinas em algumas frutas coloridas.

Tabela 3. Métodos de Microencapsulamento.

LISTA SIGLAS E ABREVIATURAS

AA – Antocianinas e Antocianidinas

PT – Polifenóis Totais

MF - Microfiltração

UF - Ultrafiltração

OR – Osmose Reversa

PTA – Pesquisa & Tecnologias Avançadas

RAT – Research & Advanced Technologies

DPP – Desenvolvimento e Pesquisa de Produtos

AQM – Análises Químicas

CRL – Cromatografia Líquida

DE – Dextrose Equivalente

g - Grama

mg - Miligrama

EtOH - Etanol

L - Litro

L/h – Litro/hora

m/v – Massa/Volume

μm - Micrômetro

mL - Mililitro

TSS - Teor de Sólidos Solúveis

RESUMO

O presente trabalho descreve a rotina exercida no estágio supervisionado realizado na empresa Duas Rodas Industrial S.A. A empresa tem como área de atuação o setor alimentício, iniciando sua trajetória de 99 anos como produtora de aromas e essências e atualmente já possui portfólio que inclui insumos para sorvetes, extratos e desidratados, nutrição animal e confeitaria. Durante o estágio, houve foco em pesquisa bibliográfica e de mercado, aplicação de ingredientes em produtos alimentícios, desenvolvimento de projetos em novas tecnologias e, em grande parte, elaboração de um produto à base de antocianinas da jabuticaba a partir da extração e concentração por de tecnologia de membranas. Portanto, o relatório aqui exposto irá detalhar as tarefas executadas durante o período de estágio.

Palavras-chave: Duas Rodas; jabuticaba; antocianinas; polifenóis; membranas.

1. JUSTIFICATIVA

Ao longo da trajetória acadêmica, em diversos momentos se fez necessário tomar decisões. Não somente no âmbito disciplinar, mas também no rumo em que a carreira do aluno irá tomar. Os desafios são constantes para se encontrar e entender o lugar em que mais se encaixa, medindo os passos, aceitando as consequências e convivendo com a pressão da certeza. Dito isso, conforme fui compreendendo para onde ir no universo da química, oportunidades surgiram e me encaminhei para aquelas que julguei as melhores. Então, a partir delas, ao final da minha jornada na graduação, me identifiquei com a área de alimentos.

Pelo recente interesse à indústria alimentícia, através da minha passagem pelo Laboratório de Análises do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LABCAL), atuando no Núcleo de Físico-Química, cunhado ao reconhecimento que a Duas Rodas possui, à consolidação da empresa e seu constante crescimento, tracei meu objetivo de poder realizar meu estágio na empresa. Situada em Jaraguá do Sul - SC, a Duas Rodas Industrial S.A abriu suas portas para que esse objetivo fosse cumprido. Me inscrevendo para a vaga em um setor de pesquisa, me desafiei a trabalhar em um campo fora do meu costume. Nele, me foi requisitado auxílio em diversas atividades, sendo na área da pesquisa, desenvolvimento e aplicação. Especificamente, a partir das exigências do curso, realizei um projeto com foco em concentração de antocianinas na jabuticaba.

A jabuticaba, fruta nativa do Brasil, é rica em antocianinas e outros compostos bioativos com propriedades antioxidantes, benéficas à saúde, como a prevenção de doenças cardiovasculares e degenerativas. Com o crescente interesse no mercado por ingredientes naturais, especialmente para suplementos e cosméticos, a jabuticaba se destaca pelo seu potencial terapêutico. Este projeto, realizado na empresa Duas Rodas S.A, visa desenvolver um extrato padronizado em antocianinas, utilizando tecnologias avançadas de filtração por membranas, como microfiltração e osmose reversa. Essas tecnologias permitem extrair e concentrar os compostos benéficos da fruta, atendendo à demanda do mercado e agregando valor aos produtos naturais brasileiros.

2. APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO

Há 99 anos no mercado, a Duas Rodas Industrial SA, uma multinacional da área de extratos e aromas, se consolida como uma das maiores empresas do ramo alimentício no cenário nacional. Com sua sede matriz localizada na cidade de Jaraguá do Sul e um crescimento constante, não se limita apenas ao Brasil. Possui fábricas e escritórios comerciais espalhados pela América Latina, América do Norte, Europa e Ásia, levando seus produtos para mais de 70 países. Recentemente, a empresa adquiriu uma companhia alemã na mesma área expandindo ainda mais o seu mercado, o que demonstra o seu crescimento. Apesar de ser essencialmente da área de aromas, a Duas Rodas tem como principal fonte de arrecadação a produção de insumos para sorvetes. Seu portfólio conta com mais de 3 mil produtos que se dividem em 3 mercados: Flavors que envolve aromas, extratos & desidratados, soluções integradas, condimentos & aditivos; Food Service que envolve sorvetes, confeitaria & panificação e chocolates; Animal Feed, com ingredientes para alimentação animal. Além da produção, os departamentos de pesquisa e desenvolvimento também são consolidados em âmbito nacional e internacional. Especificamente, em sua matriz está localizado o prédio do CTA (Centro Técnico Administrativo), nele estão presentes setores com o propósito de desenvolver soluções para seus clientes através de técnicas de inovação; aplicação em alimentos; novas tecnologias e análise sensorial. O PTA (Pesquisa & Tecnologias Avançadas), antigo RAT (Research & Advanced Technologies), situado no CTA, foi o espaço em que atuei como estagiário, desempenhando diferentes funções de acordo com o que era solicitado, tais como solicitar matéria prima, solicitar análises (e.g Cromatografia Líquida e Gasosa, Físico-Química e Físico Sensoriais), realizar pesquisas bibliográficas e de mercado, limpeza e organização do ambiente laboratorial, aplicação de ingredientes em formulações, operação de equipamentos e interpretação de resultados. Além disso, houve minha participação em projeto de extração e concentração de antocianinas em amostras de jabuticaba por tecnologia de membranas desenvolvido em escala piloto na planta da empresa.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Jabuticaba

A jabuticaba é um fruto de coloração arroxeada, advindo da jabuticabeira (Figura 1), uma planta típica do Brasil, pertence à família das Myrtaceae. Ela é encontrada em todo o território nacional e produzida em maior parte na região Sudeste, e tem na polpa, por característica, coloração esbranquiçada e um perfil gustativo doce.² A safra ocorre, geralmente, de agosto a fevereiro, tendo seu pico de produção nos meses de setembro e outubro.⁶

Figura 1. Árvore da jabuticaba (*Myrciaria jaboticaba*) com frutos maduros prontos para colheita.



Fonte: Salomão *et al.* (2018).⁶

Suas funções de caráter bioativo atraem cada vez mais o mercado devido à sua composição fenólica e suas propriedades biológicas, além de ser uma fonte considerável de carboidratos, fibras, ácido ascórbico, sais minerais.³ É a partir dos polifenóis que se dispõe uma quantia notável de antocianinas, um pigmento pertencente aos flavonoides, com eminente capacidade antioxidante e principal responsável pela coloração da jabuticaba. Os valores em base seca desses

compostos, em certas espécies, chegam a cerca de 8,51 g por 100 g no fruto inteiro.⁷

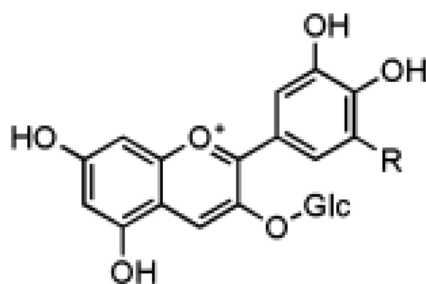
3.2 Compostos fenólicos

Os polifenóis são compostos de origem vegetal biologicamente ativos, o que significa que sua composição é feita de fitoquímicos benéficos à saúde do ser humano. Estão geralmente presentes em plantas e se caracterizam por suas propriedades antioxidantes, responsáveis pela proteção da membrana celular e consequentemente, se ingerido, auxiliam na manutenção contra doenças desencadeadas pelo estresse oxidativo. Por conta disso, há um interesse crescente do setor da saúde e, mais recentemente, do mercado.⁹

As principais classes de polifenóis são ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, álcoois fenólicos e lignanas. Cada uma dessas classes principais engloba subgrupos que diferem estruturalmente, mas se assemelham à sua forma básica, isto é, apresentam um anel fenólico como componente principal.

Na jabuticaba, entre os principais compostos dessa classe, estão presentes as antocianinas, que segundo a literatura apresentam, em sua maioria, duas espécies; a delphinidina-3-glicosídeo e cianidina-3-glicosídeo (Figura 2), sendo a última em maior concentração.³

Figura 2. Estrutura geral das antocianinas presentes na jabuticaba.



Delphinidina-3-glicosídeo R=OH

Cianidina-3-glicosídeo R=H

Fonte: Shi-Biao *et al.* (2012)¹

Analisando separadamente sua composição fenólica (Tabela 1), cada porção da jabuticaba apresenta concentrações que se diferem. A disparidade nos valores entre a casca e a polpa, por exemplo, evidencia a forte presença desses compostos na camada externa da fruta. Essa característica pode ser identificada tanto pelas

análises quantitativas como também é perceptível visualmente, devido ao aspecto arroxeado intenso da casca e fraco da polpa por conta das antocianinas.⁴

Tabela 1. Compostos fenólicos solúveis presentes na jabuticaba em base seca.

Compostos fenólicos	Fruta (mg/100g)	Polpa (mg/100g)	Casca (mg/100g)	Semente (mg/100g)	Resíduo de despolpa (mg/100g)
Ácido gálico	7,9	3,2	21	30	40
Cianidina-3-glicosídeo	280	0,4	1261	58	707
Delfinidina-3-glicosídeo	48	NA	269	11,8	157
Rutina	77	7,1	247	241	195
Miricetina	0,4	0,2	4,3	2	2,1
Quercetina	0,4	NA	3,5	0,4	1,6
Ácido m-cumárico	0,3	0,6	0,2	0,6	0,4
Miricitrina	3,5	0,7	20	1,8	20
Ácido elágico	34	5,3	178	83	99
Total	452	18	2004	429	1222

Fonte: Adaptado de Inada *et al.* (2015).⁴

3.2.1 Antocianinas

Pertencente ao grupo dos flavonoides, as antocianinas representam um dos maiores grupos da classe dos polifenóis e o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis do reino vegetal.^{8, 9} Quase que em sua totalidade, estão presentes nas folhas e flores de plantas, especificamente nos vacúolos celulares do tecido epidérmico, e em cascas de frutas e leguminosas (Tabela 2), sendo encontradas em 80% de folhas pigmentadas, 69% das frutas e 50% em flores e responsáveis por uma gama de colorações como violeta, vermelha, azul, roxo, magenta e até mesmo laranja.^{4, 10}

Tabela 2. Concentração de antocianinas em algumas frutas coloridas.

Fruta	Antocianina (mg/100g)
Uva Rubi	30-750
Amora	82,5-325,9
Mirtilo	25-495
Cereja	2-450
Groselha	2-43,3
Toranja	5,9
Pêssego	4,2
Pera	5-10
Romã	600-765
Framboesa	20-687
Maçã Vermelha	1,3-12
Morango	19-55

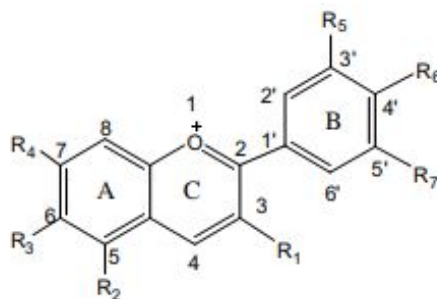
Fonte: Kayesh *et al.* (2013).²¹

No aspecto químico, se resumem ao cátion flavílio (2-fenil-benzopirano) e em sua forma metoxilada e etoxilada. Ou seja, sua estrutura consiste de um anel aromático ligado a um anel benzopirano heterocíclico e um constituinte fenil condensados por um oxigênio, de forma simplificada, compreende-se como uma antocianidina, ou aglicona, glicosilada.⁵ Seis delas compõem os tipos mais comuns, são eles pelargonidina, cianidina, peonidina, delphinidina, petunidina e malvidina. Os açúcares mais recorrentes ligados às posições 3 e 5 das agliconas são a glicose, ramnose, xilose, galactose, arabinose e frutose como glicosídeos, diglicosídeos e triglicosídeos.¹⁶

Esse processo de glicosilação é o que mantém sua estabilidade, visto que em solução aquosa a pH mais altos (>2) inicia-se sua degradação. Por conta disso, a depender do pH, além do cátion flavílio (figura 3), ela se apresenta na forma de base quinoidal, carbinol e a chalcona.¹⁷ Em pH 1 predomina o cátion flavílio,

enquanto as espécies quinoidais são predominantes entre 2 e 4. Para valores de pH de 5 a 6 são observadas a pseudobase carbinol e a chalcona, respectivamente.¹⁹

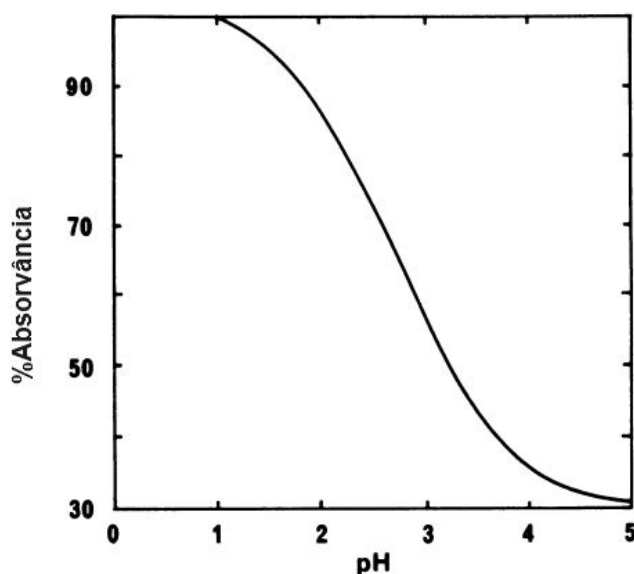
Figura 3. Estrutura Geral das Antocianinas.



Fonte: Castañeda-Ovando (2009).¹⁹

É possível verificar, a partir da figura 4, a variação da absorvância com o aumento contínuo do pH no extrato da casca da uva, o que mostra a dependência das antocianinas em relação a esse parâmetro e aponta um comportamento de indicador ácido-base com uma perda de intensidade da coloração.

Figura 4. Variação da absorvância do extrato da casca da uva com o pH.



Fonte: Hendry *et al.* (1996).¹⁸

Além do pH e a temperatura como principais fatores que têm efeito na estabilidade das antocianinas, outros aspectos como luz, enzimas, concentração de

oxigênio, ácido ascórbico, dióxido de enxofre, íons metálicos e açúcares também influenciam na sua manutenção.^{14, 18}

No estudo de Rodrigues *et al.* (2015), avaliou-se o método de extração por ultrassom da casca da jabuticaba, utilizando etanol (EtOH) acidificado como solução extratora. Os resultados mostram a influência significativa em que a acidificação do meio, ou seja, a redução do pH fornece uma extração mais eficiente de antocianinas e compostos fenólicos, evidenciando a relevância deste parâmetro no que se refere à obtenção de um produto a partir delas. Simultaneamente, é preciso se atentar à temperatura e tempo de aquecimento da amostra, que contribuem de maneira similar na degradação.⁵ Com o emprego de temperaturas mais altas, aliadas ao tempo de exposição ao calor e o aumento do valores de pH, os níveis de antocianinas decaem consideravelmente, como mostra Ekici *et al.* Segundo suas observações, ao aquecer cenoura-negra, repolho roxo e casca de uva em 3 faixas de temperatura – 70°C; 80°C; 90°C – crescendo seu pH – 3; 4; 5; 6; 7 – por diferentes intervalos de tempo – 0 min; 30 min; 60 min; 90 min; 120 min – , constatou-se um aumento da degradação proporcional ao acréscimo desses fatores. Vale destacar também, que os níveis de degradação para cada amostra (cenoura preta, repolho roxo e casca de uva) variaram significativamente entre si. O repolho roxo, que se manteve mais estável entre os 3, possui maior quantidade de antocianinas aciladas, salientando outro aspecto importante na sua obtenção citado anteriormente, a adição de um grupo glicosil ou acila à cadeia.²⁰

3.3 Concentração por membrana

As membranas foram descritas pela primeira vez por Abbé Nolet como processo de permeação da água por diafragmas, o qual nomeou de osmose. Essa tecnologia nasce do seu uso laboratorial para medidas de pressão osmótica por volta do final do século XIX e começo do século XX, sendo objeto de estudo do químico Jacobus H. van't Hoff que descreveu o comportamento ideal de soluções diluídas, originando a conhecida equação de van't Hoff.²³

O uso da tecnologia de membranas no setor industrial tem seu início nos anos 30, a partir de um modelo microporoso de nitrocelulose, e vê sua evolução no mercado com a produção em massa de membranas de microfiltração (MF) e de escala industrial na década de 50. Atualmente, se estabelece por conta da sua vasta aplicabilidade desenvolvida no decorrer dos anos através de diferentes matrizes

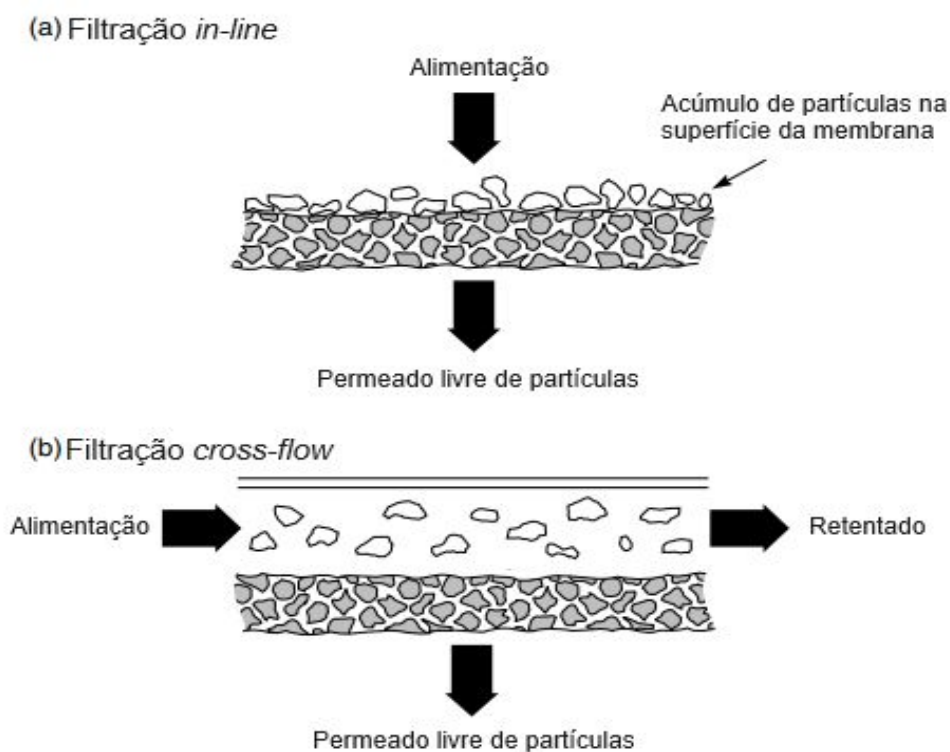
poliméricas e tecnologias aplicadas. Em virtude disso, se tornou uma alternativa convencional em uma gama ampla de segmentos industriais, desde métodos para dessalinização da água, concentração e clarificação de sucos, produção órgãos artificiais, até opções sustentáveis para captura de CO₂ atmosférico e separação de líquidos orgânicos.^{23, 24, 25, 26}

Com o avanço dessa tecnologia, a aplicação na indústria de alimentos se tornou cada vez mais fundamental, isso porque ela exhibe vantagens indispensáveis para o setor, como a concentração de matérias biológicas sensíveis à temperatura, normalmente formadas por compostos voláteis, a recuperação de nutrientes de interesse e a separação de misturas líquidas sem a necessidade de entrada de calor. Dessa forma, a utilização de membranas se torna uma alternativa conveniente, pois pode operar em temperatura ambiente de forma energeticamente eficiente, conserva as características sensoriais dos aromas e preserva vitaminas que são degradadas em processos que levam calor.^{23, 27}

Dentre os tipos de filtração, os mais comuns são a microfiltração, ultrafiltração (UF) e osmose reversa (OR). Esses processos podem ser realizados tanto de maneira individual, quanto de maneira integrada. Utilizando um sistema de membrana integrada é possível obter produto mais concentrados e de maior qualidade do que por um único estágio de filtração, além de menor consumo de energia.²³

Em grande parte do seu uso, o sistema *dead-end* ou *in-line* é o mais comum. Trata-se do fluido atravessar a membrana aplicando-se uma pressão, dessa forma acumulando as partículas retidas na superfície, sendo requerida cada vez mais pressão. Dessa forma, é preciso que a membrana seja substituída com o tempo. Em contrapartida, há um método alternativo, conhecido como *cross-flow* (Figura5). Nesse sistema, o fluido percorre pela superfície da membrana resultando em um permeado livre de partículas e um retentado concentrado das partículas retidas, o que evita o desgaste da membrana.²²

Figura 5. Representação esquemática de filtração (a) *in-line* e (b) *cross-flow* em membranas de microfiltração.



Fonte: Baker *et al.* (2004).²²

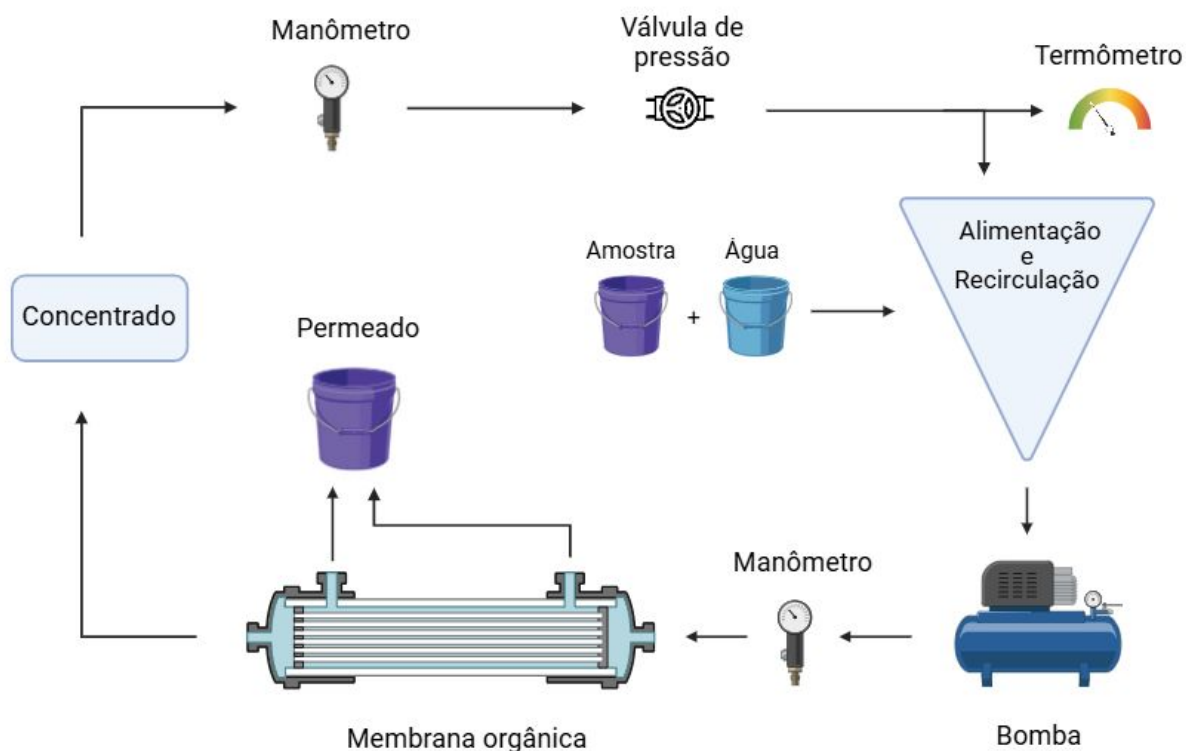
3.3.1 Microfiltração

O termo se refere ao método de separação seletivo para partículas suspensas e materiais precipitados, basicamente coloides e bactérias e geralmente possui tamanho intermediário entre membranas de filtro convencional e de ultrafiltração com diâmetros de 0,1 chegando até 10 μm .²²

3.3.2 Ultrafiltração

Ultrafiltração (Figura 6) é o termo que consiste em uma membrana de poros finos. Assim como na microfiltração, é usada para filtrar materiais particulados de líquidos e especificamente usada para remover macromoléculas, proteínas e alguns microrganismos permeados por poros de, em média, 10 a 1000 Å.^{22, 23}

Figura 6. Esquema de funcionamento da membrana mineral.

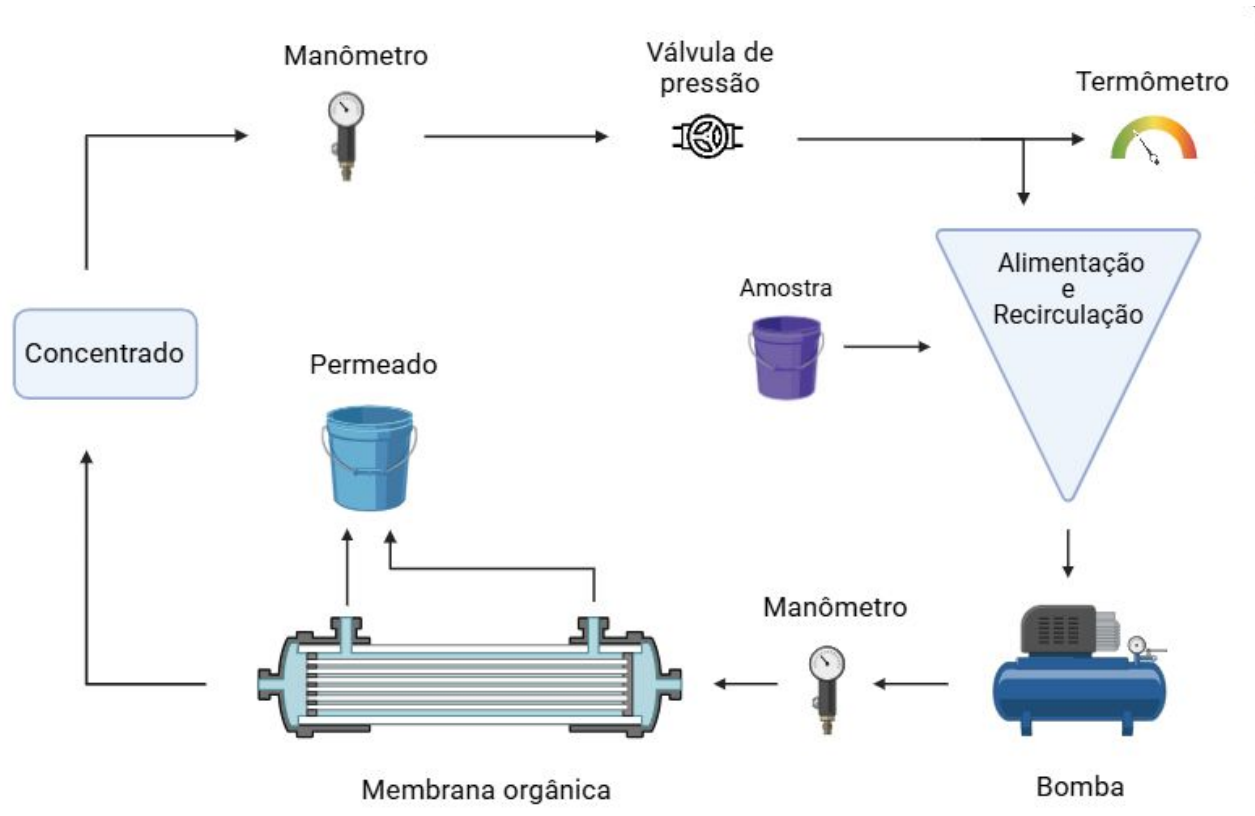


Fonte: O Autor (2024).

3.3.3 Osmose Reversa

Essa técnica se refere a aplicar uma pressão contrária às soluções com altos teores de sólidos solúveis, assim excedem a pressão osmótica do meio, permitindo a passagem de água e concentrando a maior parte dos sólidos solúveis contidos na amostra (Figura 7).²² O processo ocorre através de uma membrana semipermeável controlada por um mecanismo de difusão de solução, que atua na dissolução do permeado pelo material da membrana e então se difunde pela mesma.²⁴ Essa tecnologia pode ser encontrada em diversos setores da indústria, inclusive alimentícia, onde é bastante utilizada na purificação e concentração de sucos.^{23, 24, 27}

Figura 7. Esquema de funcionamento da membrana orgânica.



Fonte: O Autor (2024).

3.4 Encapsulamento

A tecnologia de encapsulamento de ingredientes surge com o propósito de criar células vivas, porém é comercialmente usada apenas nos anos 50 para produzir papel cópia sem carbono. Ela é definida como a tecnologia de empacotamento de sólidos, líquidos, ou gases em cápsulas de pequena escala, comumente na faixa dos micrômetros recobertos capazes de liberar seu conteúdo em condições específicas.

Tabela 3. Métodos de Microencapsulamento.

Processos Físicos	Métodos Químicos	Métodos Físico-químicos
-------------------	------------------	-------------------------

Spray drying	Inclusão Molecular (Complexação de Inclusão)	Coacervação (Separação de Fase Aquosa)
Spray Chilling		
Spray Cooling		
Spray Coating em Leito Fluidizado		Separação de Fase Orgânica
Extrusão	Polimerização Interfacial	
Extrusão Centrífuga de Multi- Orifício		
Cocristalização		
Freeze Drying		

Fonte: Adaptado de Shahidi *et al.* (1993).²⁸

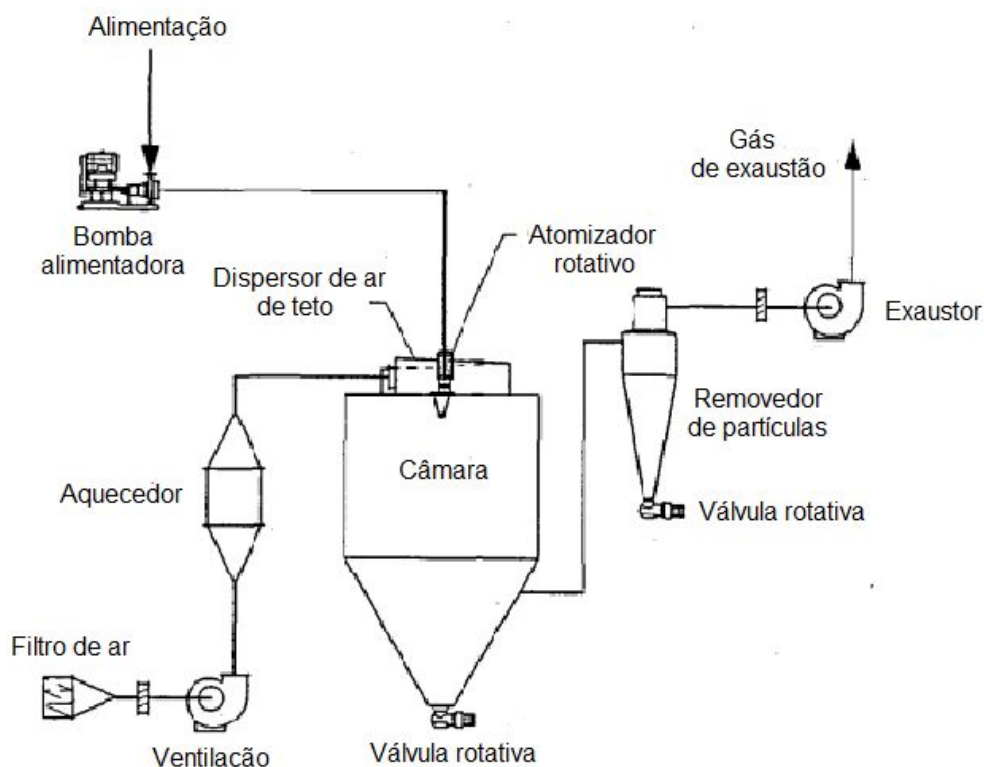
Na indústria alimentícia, o encapsulamento ocorre através de diversas tecnologias (Tabela 3) e tem o intuito de revestir partículas de ingredientes, ou ingredientes de uma maneira geral em razão de suas propriedades protetivas de uma certa amostra, a partir de uma série de razões. Ela promove a redução de reatividade do ambiente externo em relação ao material encapsulado; diminui a evaporação ou a transferência de massa do material para o exterior da cápsula; facilita o manuseio do conteúdo interno; controla a liberação do encapsulado; mascarar o sabor do encapsulado; diluir o encapsulado em porções pequenas, mas uniformemente dispersas.²⁸ Além da indústria alimentícia, sua aplicação envolve múltiplos setores. Ela incorpora não só ingredientes alimentares, mas também enzimas, células, ou produtos farmacológicos e usa como materiais de revestimento uma gama de possibilidades, como açúcares, gomas, proteínas, polissacarídeos, lipídios e polímeros sintéticos, que são definidos a partir das suas propriedades e compatibilidade com o material confinado.²⁹

3.5 Spray-dryer

Dentre os métodos de encapsulamento utilizados, o spray dryer (Figura 8) é um consenso na indústria do mais eficaz. Devido a sua economia, eficácia e por não necessitar do uso de outros equipamentos especializados, ele é o método mais utilizado.²⁹ Pode ser caracterizado também com um método de secagem, além do

encapsulamento.¹⁵ Faz uso de um agente carreador que auxilie no processo evitando sua aderência ao equipamento e encapsulando a amostra.³⁴

Figura 8. Esquema de operação típico de um spray dryer.



Fonte: Adaptado de Shahidi *et al.* (1993).²⁸

Partindo da escolha do agente carreador, o material é então adicionado ao spray dryer e atomizado por um bico giratório. Assim, a água da amostra é evaporada e o pó restante do processo cede ao fundo do equipamento e pode ser coletada ao final do procedimento.²⁹

3.5.1 Coadjuvantes de processos de secagem

Por conta da presença de açúcares redutores na fruta, devido ao baixo peso molecular, portanto, devido à uma baixa temperatura de transição vítrea, se faz necessário o uso de aditivos de secagem, ou agentes carreadores, para o aumento dessa temperatura, a fim de evitar a aderência do material no processo.³⁰ Evidências apontam que os coadjuvantes auxiliam também na proteção contra perdas de compostos naturais, como no estudo de, utilizando maltodextrina e fécula de mandioca na pasta de cebola, os quais se mostraram eficazes na proteção dos aromas, antioxidantes e produtos sensíveis ao calor.

O coadjuvante ideal para secagem em spray dryer deve ser capaz de formar um filme que envolva o composto de interesse, liberar o composto quando reconstituído em produto, possuir baixa higroscopicidade, baixo custo, sabor suave ou sem sabor, que seja estável e pouco viscoso quando em alto nível de sólidos.³⁴

Diferentes coadjuvantes são utilizados em processos de secagem de acordo com a literatura: goma arábica, maltodextrina, fécula de mandioca e diversos outros.^{31, 32, 33}

3.5.1.1 Maltodextrina

Dentre os possíveis agentes carreadores, a maltodextrina é um dos aditivos mais utilizados como agente encapsulante pois, além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evita aglomeração das partículas, possui efeito antioxidante e retém os voláteis na faixa de 65% a 80%.³² As diversas vantagens do seu uso dão a ele suma importância no âmbito do encapsulamento. Geralmente são caracterizados pelo seu equivalente de dextrose (DE), um parâmetro de hidrólise que descreve e estima suas propriedades físicas e é dado pela seguinte equação:

$$DE = \frac{M_{glicose}}{M_n} \times 100$$

$M_{glicose}$ é a massa molecular da glicose (180 Da) e M_n é a massa molecular média da amostra.³⁵ É a partir dela que se classificam a maltodextrina ($DE \leq 20$) e o xarope de milho ($DE \geq 20$).²⁸ O aumento do grau de DE aproxima hidrolisado das propriedades da dextrose, enquanto a sua redução o aproxima das propriedades do amido. Seus valores variam de 5 a 95, sendo os menores que 20 os mais adequados para encapsulamento.³⁴

4.OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto de pesquisa na temática de encapsulamento de bioativos, executar atividades visando a inserção na rotina de trabalho da empresa e aplicação das técnicas e conhecimentos adquiridos ao longo da graduação, além de auxiliar na rotina do laboratório de acordo com a demanda da empresa e projetos distintos em andamento.

4.2 Objetivos específicos

- Compilar referenciais teóricos sobre extração de antocianinas em jabuticaba e métodos de encapsulamento
- Conduzir uma revisão bibliográfica sobre extração de antocianinas em jabuticaba e métodos de encapsulamento
- Desenvolver projeto sobre extração de antocianinas em jabuticaba
- Solicitar e organizar alíquotas para análise
- Auxiliar na aplicação de ingredientes em formulações
- Limpeza e organização do laboratório
- Pesquisa de patentes
- Pesquisa de Mercado

5. METODOLOGIA

5.1 Materiais e reagentes

O laboratório possui uma variedade de ingredientes alimentícios, organizados em diferentes armários e gavetas de acordo com sua classificação e função. Dentre eles estão açúcares, amidos, aminoácidos, aromas, corantes e edulcorantes, extratos, gomas, produtos de mercado, óleos e gorduras, proteínas, sais, sucos e polpas, além de materiais de limpeza. A presença de reagentes de alto risco é incomum no ambiente laboratorial, contendo apenas álcool 70% para higienizar as bancadas e as vidrarias após seu uso. Contudo, substâncias tóxicas, corrosivas ou inflamáveis podem ser encontradas em planta piloto para fins produtivos ou para a limpeza do local. Nesse caso, a planta dispõe do armazenamento dos materiais de limpeza em locais adequados, enquanto o uso de reagentes para a produção exige solicitação prévia, com objetivo de garantir o manuseio imediato e evitar desperdício.

5.2 Equipamentos

O PTA conta com diversos equipamentos *in loco*, que auxiliam na aplicabilidade de tecnologias, ingredientes desenvolvidos na empresa e segurança dos colaboradores, incluindo os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual); como sapatos, óculos, protetores auriculares, jalecos e toucas; e EPCs (Equipamento de Proteção Coletiva) específicos para cada setor. Fora do quesito proteção, encontram-se no laboratório utensílios de cozinha, como refrigerador, Thermomix, estufa, forno elétrico, ou de laboratório como balanças analíticas e semianalíticas, fogão por indução, computadores, pHmetro, refratômetro. Para processos em grande escala se faz o uso da planta piloto e o laboratório do DPP (Desenvolvimento e Pesquisa de Produtos). No seu espaço que ocorre a aplicação de tecnologias avançadas para ensaios visando sua eficiência e manutenção.

Além disso, se necessário, há a possibilidade do uso de instrumentos interlaboratoriais, visto que para determinados projetos a participação de múltiplos laboratórios é, por muitas vezes, essencial.

5.3 Pesquisa

Independente do objetivo, a busca por referenciais teóricos e comparativos é uma constante na rotina da empresa. A pesquisa se inicia através dos

computadores, presentes em todos os setores, que possuem uma rede integrada gerida pela equipe de TI, incluindo uma plataforma digital de acesso a aplicativos, desktops e dados para garantir a segurança das informações. Dessa forma, é possível fazer uma varredura que garanta a confidencialidade dos dados e agregue diferentes departamentos, ou em alguns casos, dados e acordos entre a Duas Rodas e outras instituições, conferindo um sistema de parceria intitulado Open Innovation. Essa abordagem se refere a absorver conhecimentos técnicos tanto internamente, quanto externamente, por isso a importância de uma plataforma com acesso restrito. A partir da coleta dos materiais se constrói um escopo do projeto para posterior apresentação à diretoria e sua devida avaliação. Dessa forma, transita-se da parte teórica do projeto para o seu desenvolvimento e implementação das tecnologias necessárias para a sua realização.

5.4 Desenvolvimento

A partir dos dados obtidos na literatura, inicia-se a fase de desenvolvimento. Em questão organizacional, o desenvolvimento dos projetos é discutido e analisado pela diretoria e gerência da empresa. Uma vez que apresentado e autorizada sua realização, o andamento do projeto é supervisionado pelo setor de PMO (Project Management Office). Setor este, responsável pela garantia do cumprimento de cada etapa a fim de avaliar seu potencial de avanço. Nomeadas como fases e numeradas de acordo com a etapa de execução do projeto, elas correspondem aos níveis dos critérios implementados pela empresa para que se considere o projeto promissor e passível de se tornar um produto.

5.5 Aplicação

A aplicação de um produto ocorre em diferentes laboratórios, onde são seguidos procedimentos e testes padronizados para futura avaliação. Esse processo abrange tanto a aplicação em produtos diversos, conforme a necessidade do cliente, quanto testes comparativos entre uma marca concorrente e a própria Duas Rodas. A cada aplicação são feitas degustações informais entre a própria equipe para análise informal de alguns critérios sensoriais. Cada laboratório conta com equipamentos exclusivos da sua área de atuação, além de plantas pilotos com estruturas adequadas para manuseio de aparelhos maiores e mais robustos, os quais exigem maior espaço.

5.6 Extração e concentração de antocianinas

5.6.1 Materiais e Reagentes

As amostras da jabuticaba foram obtidas por fornecedor homologado pela empresa e armazenadas a -18°C. Para seu uso, foi descongelada no dia anterior em banho maria sem exceder os 35°C.

5.6.2 Extração hidroalcoólica da amostra 2 da jabuticaba

A extração da amostra 2 foi realizada em rotaevaporador, a temperatura de 40°C, por 3h, pH a 3,5, utilizando 1.200g em 5,5L de solvente. Fez-se o uso de EtOH como solvente. O extrato foi filtrado por gravidade em papel filtro e o conteúdo residual foi reextraído a partir de mais 5,5L de solvente.

5.6.3 Concentração por Micro e Ultrafiltração

O processo de concentração por membrana de MF e UF foi realizado apenas para o processamento da amostra 1 de jabuticaba. A etapa de concentração da amostra 1 necessitou de 4 dias, concentrando uma quantidade suficiente para se obter um resultado satisfatório de concentrado na etapa de osmose reversa. A amostra 1 foi diluída, inicialmente, com água decolorada em proporção 1:1, para melhor permeação pela membrana. Após a diluição, a amostra foi peneirada para reter possíveis sólidos que poderiam prejudicar o funcionamento da membrana e também aumentar o fluxo de permeado.

Para todos, buscou-se manter uma constância entre os parâmetros, aplicando a temperatura de 40°C e pressão de entrada entre 3 e 4 bar. O permeado é recolhido em uma proveta de 1L e, à medida que se completa esse volume, é coletado em um recipiente plástico para posterior resfriamento.

5.6.4 Concentração por Osmose Reversa

Para a filtração por OR foram necessários 15,6L do permeado obtido no processo de MF e UF, dois dias para a obtenção do concentrado da amostra 1 e dois dias para obtenção do concentrado do extrato hidroalcoólico da amostra 2.

5.6.5 Spray-dryer

A secagem da amostra do concentrado da amostra 1 de jabuticaba ou extrato hidroalcoólico da amostra 2 por spray-dryer utilizou os seguintes parâmetros:

Temperatura de entrada à 160°C, temperatura de saída à 85°C, rotação da bomba dosadora à 5,0 %, rotação do exaustor à 90%. O agente carreador adicionado foi a maltodextrina de mandioca com DE 10. A concentração de sólidos solúveis no final de ambos os processos (amostra 1 e amostra 2) foi de 20 (°Brix).

5.6.6 Análises Quantitativas

Foram analisados parâmetros quantitativos com objetivo de avaliar o decorrer dos métodos e seus rendimentos, recolhendo-se alíquotas de antes, durante e após o processo de MF, UF e OR. Os setores de Análises Químicas(AQM) e Cromatografia Líquida (CRL) foram os responsáveis pelas análises a seguir:

- Antocianinas Totais
- Polifenóis totais
- Resíduo Seco
- Sólidos Solúveis (°Brix)*
- Teor de Antocianinas
- pH

* Graus Brix é a unidade de medida para porcentagem de sólidos solúveis em uma amostra utilizando a sacarose como referência. 1 grau Brix equivale a 1g de sacarose em 100g de amostra, ou 1g de sólidos solúveis em 100g de amostra.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Pesquisa

A busca por informações científicas, ou de mercado, embasaram o andamento de projetos a partir de compilações tabeladas e documentadas de referenciais para posterior desenvolvimento. Foram utilizados artigos acadêmicos, livros, patentes, sites, portfólios, relatórios governamentais e enciclopédias, além de conhecimento técnico-laboratorial dos pesquisadores e especialistas da empresa que auxiliaram em diversos segmentos, como o próprio escopo das revisões, além das fontes e conhecimento prático de pesquisa.

De certa forma, a busca destas informações impactou em níveis distintos em cada projeto. Em casos mais consolidados, se fez necessária uma procura de conhecimentos específicos para ajustar detalhes ou aprimorar o seu desenvolvimento. Dessa maneira, a busca foi aplicada, essencialmente, para tornar o projeto mais robusto e embasado.

Nos projetos em fases iniciais, a pesquisa serviu como pilar teórico ao seu futuro desenvolvimento e às primeiras etapas a serem realizadas.

6.2 Desenvolvimento

A atuação nessa área ocorreu através do desenvolvimento de um extrato em pó à base de antocianinas a partir de dois tipos de amostras da jabuticaba concentradas. O processo ocorreu utilizando equipamentos em escala piloto na planta designada para este tipo de procedimento e amostras que consistiam na fruta não extraída e um extrato hidroalcoólico da mesma. Essas foram concentradas em membrana de MF, UF e OR, em seguida secas em spray dryer para obtenção do concentrado em pó. Durante todo o processo foram colhidas alíquotas para análise de concentração de antocianinas e antocianidinas (AA), concentração de polifenóis totais (PT), teor de sólidos solúveis (TSS), pH e concentração de antocianinas totais (AT). Apenas uma das amostras apresentou característica de pó. Esta obteve boa concentração de antocianinas e uma coloração satisfatória para primeiros testes.

6.3 Aplicação

A aplicação foi compreendida na pesagem, preparo e processamento de produtos alimentícios com adição de ingredientes da empresa. Além de aromas de queijo, foram aplicados extratos em pó e desidratados em fase de testes. Foi

possível analisar sensorialmente, de maneira informal, cada produto. Dessa forma se obtém as primeiras impressões a partir do sabor, odor, e aparência das aplicações. Logo após, o produto é selado e armazenado para futura análise sensorial técnica, realizada por avaliadores treinados na própria Duas Rodas. Quando o resultado não era favorável, o produto era descartado em resíduos orgânicos.

Entre os produtos aprovados, está a aplicação em crostini (Figura 9), que seguiu para análise da gerência.

Figura 9. Aplicação em crostini.



Fonte: O Autor (2024).

Algumas das aplicações que não agradaram em algum dos critérios citados anteriormente, envolvem cookies, empadas e merengues (Figura 10).

Figura 10. Aplicação em empada (Imagem 1A) e padrão (Imagem 1B); cookie (Imagem 2); e merengue (Imagem 3).



Fonte: O Autor (2024).

Após a degustação e a reprovação, as amostras foram descartadas e então, elaboradas novas formulações, visando melhorar os pontos que não performaram como desejado.

6.4 Concentração da amostra 1

6.4.1 Concentração por MF e UF

A filtração da amostra 1 pela MF e UF resultou em 15,6L de permeado em 4 dias de processamento. Ao todo, buscou-se manter uma constância entre os parâmetros, aplicando a temperatura de 40°C e pressão de entrada entre 3 e 4 bar. O permeado é recolhido em uma proveta de 1L e, à medida que se completa esse volume, é coletado em um recipiente plástico para posterior resfriamento.

No início da primeira filtração, a vazão do permeado era de 1,35 L/h, por conta do aumento da concentração de sólidos recirculando e alimentando a membrana (Figura 11), foram adicionados 1L de água declorada conforme fosse necessário, a fim de ajustar o volume contido no tanque para uma boa agilidade na execução e, ao mesmo tempo, concentrar ao máximo a amostra. Assim, quando não mais adicionada a água, a vazão final chegou a 0,78 L/h, mantendo-se uma média de 1,23 L/h e então encerrou-se o processo.

No segundo dia, foi utilizada menos quantidade de água, porém a vazão do sistema se manteve constante, iniciando a 1,56 L/h e terminando a 1,17 L/h, tendo uma média de 1,56 L/h, sendo necessários apenas 1,5L de água durante toda a operação.

No terceiro dia, foram adicionados aos 5L iniciais, mais 6L da amostra 1 diluída, 1L por vez, além de 1L de água para manutenção da vazão. Isso acarretou uma diminuição da vazão do sistema, porém, por conta do processo iniciar à 2,28 L/h, ao final da operação, a vazão foi de 1,26 L/h, mantendo-se uma média de 1,57 L/h, a mais alta de todos os dias.

No quarto e último dia, a primeira vazão medida foi de 1,38 L/h, um pouco abaixo do esperado. Portanto, foram adicionados 2L de água e então o sistema se manteve estável resultando em 1,14 L/h na vazão final, sendo necessária a adição de apenas 600mL de água até o final da filtração, obtendo-se uma média de 1,44 L/h.

Os testes realizados antes do processamento da amostra 1 em membrana indicam uma baixa concentração de antocianinas, o que já era esperado por conta da diluição da amostra e por ser característica dessa porção da fruta.

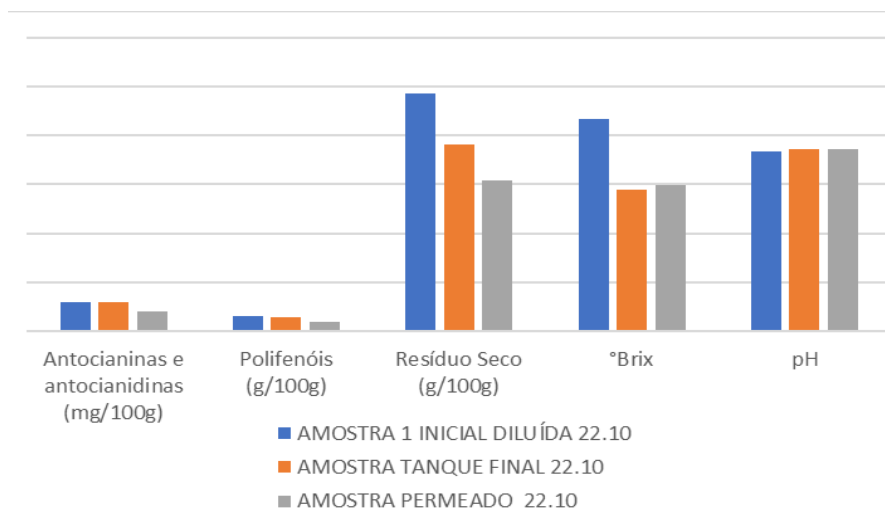
Figura 11. Tanque de alimentação da membrana no processo de MF e UF da amostra da jabuticaba.



Fonte: O Autor (2024).

Os resultados das análises dos métodos (Figura 12) mostram uma constância na concentração do teor de antocianinas da amostra 1 diluída e o residual do tanque, porém há uma diminuição da porcentagem de resíduo seco, dando indícios de um acúmulo do composto no concentrado. Adicionalmente, os parâmetros para o permeado obtiveram os menores valores dentre as amostras, em contrapartida apresentaram o menor teor de resíduo seco.

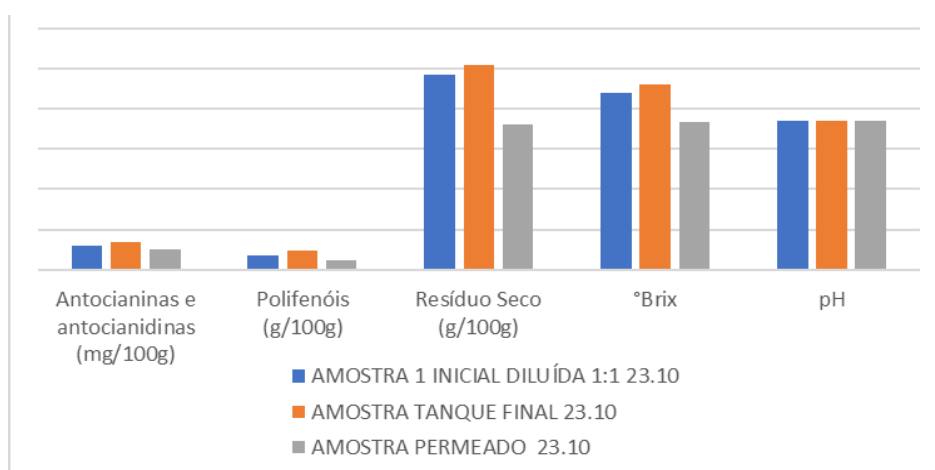
Figura 12. Gráfico do dia 1 da MF e UF da amostra 1 de jabuticaba.[†]



Fonte: O Autor (2024).

Os resultados para o segundo dia de filtração (Figura 13) mostraram regularidade em relação à concentração das antocianinas e polifenóis em resíduo seco para todas as amostras e pH constante. Porém, vale destacar o seu aumento dos compostos restantes no tanque final em comparação com o primeiro dia

Figura 13. Gráfico do dia 2 da MF e UF da amostra 1 de jabuticaba.



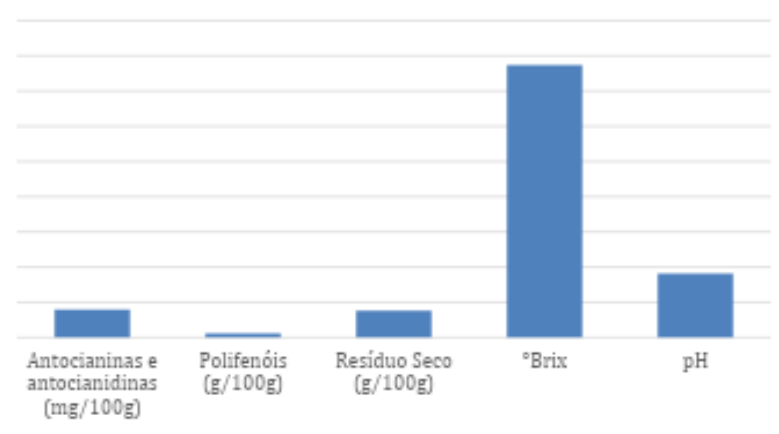
Fonte: O Autor (2024).

[†] Não foi possível apresentar os valores dos gráficos devido ao termo de confidencialidade assinado junto à empresa.

6.4.2 Concentração por OR

No processo envolvendo a amostra 1, com as condições citadas anteriormente, a vazão inicial foi de 10,26 L/h a partir da alimentação de 5L de permeado. No decorrer da filtração foram adicionados 1L de amostra 1 para cada litro retirado de permeado. Assim, a vazão diminuiu de maneira gradual até o final do processo, quando se obteve 0,30 L/h. Apesar do valor baixo, foi obtido um TSS de 15(°Brix), os quais eram desejados, ao final do procedimento em 2,5L de solução, de maneira que a média das vazões foi de 4,25 L/h.

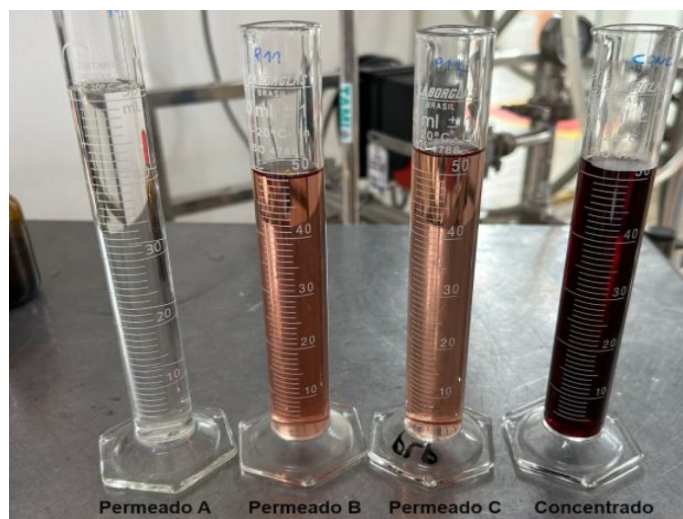
Figura 14. Dados da filtração por OR da amostra 1 de jabuticaba.



Fonte: O Autor (2024).

O resultado das amostras após o processo de OR da amostra 1 (Figura 14) mostraram um aumento do TSS e da concentração de AA, cerca de 255% maior que o processo de MF e UF, mantendo os valores semelhantes de PF e pH, ao mesmo tempo em que há uma diminuição de resíduo seco na solução.

Figura 15. Diferença entre os permeados da osmose reversa dos 10L iniciais (Permeado A) para o 11° L (Permeado B) e 12° L (Permeado C) e o concentrado.

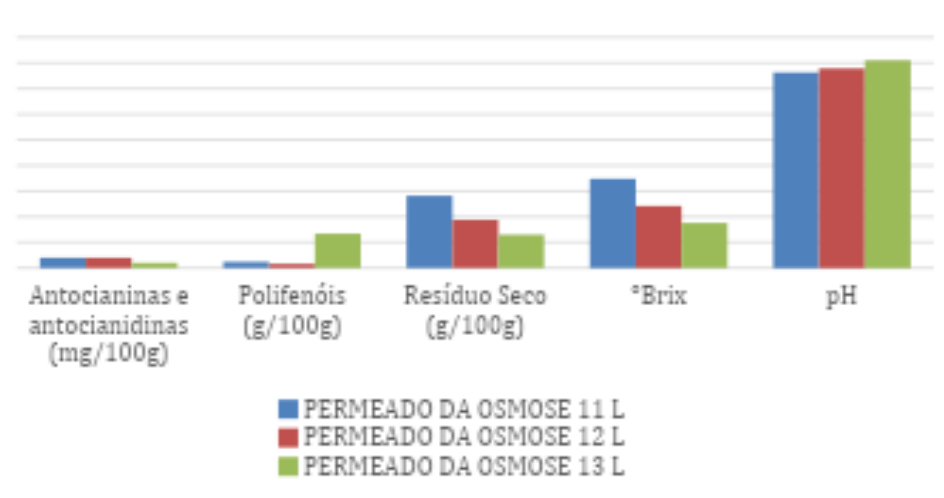


Fonte: O Autor (2024).

Na figura 15 observa-se a diferença de coloração entre os permeados. Na primeira proveta está a amostra referente ao permeado do processo de concentração por OR, a segunda e terceira proveta mostram que houve a saturação da membrana durante o processo a partir da recuperação de 11L do permeado, mostrando que em 12L e 13L houve migração das antocianinas ao permeado, então finalizamos o processo de concentração. A última proveta representa a amostra concentrada ao final do processo.

Foram colhidas alíquotas para análise dos permeados a fim de verificar a perda dos compostos de interesse retidos. A partir da figura 16, é possível observar uma pequena concentração de antocianinas indicando uma leve retenção da amostra 1.

Figura 16. Gráfico dos dados obtidos a partir do permeado da OR da amostra 1.



Fonte: O Autor (2024).

A expectativa de um aumento da concentração de AA que pudesse ser favorecida pela etapa de filtração por membrana ocorreu. Os resultados para o teste da amostra 1 após a filtração por OR indicam uma baixa concentração de antocianinas.

6.5 Extração hidroalcoólica da amostra 2 de jabuticaba

Na etapa de extração da jabuticaba em rota, é possível notar ao final da extração a presença de uma forte pigmentação (figura 17) e uma perda da mesma no resíduo da amostra 2, por conta de uma extração exaustiva e sendo possível remover uma boa quantidade de antocianinas.

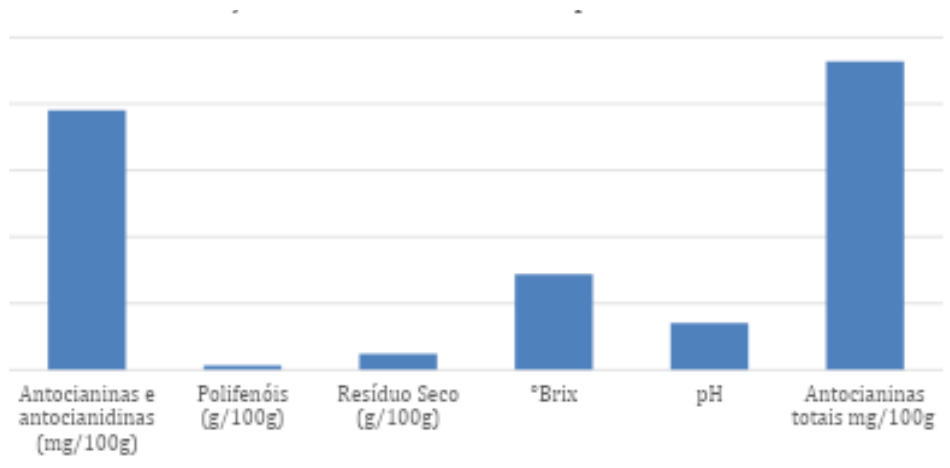
Figura 17. Extração (Imagem A), filtração (Imagem B) e resíduo da extração da jabuticaba (Imagem C).



Fonte: O Autor (2024).

Observando os dados obtidos, é notável a quantidade significativa de AA e AT presentes na amostra 2. É evidente tanto graficamente (Figura 18), quanto visualmente (Figura 17B) a intensa coloração da solução. Por conta do processo de filtração por gravidade e a passagem do extrato pela peneira, o teor de resíduo seco é reduzido assim como a quantidade de sólidos solúveis da amostra e, de forma mais acentuada, os valores de polifenóis. O pH permaneceu na faixa necessária para evitar a degradação das antocianinas.

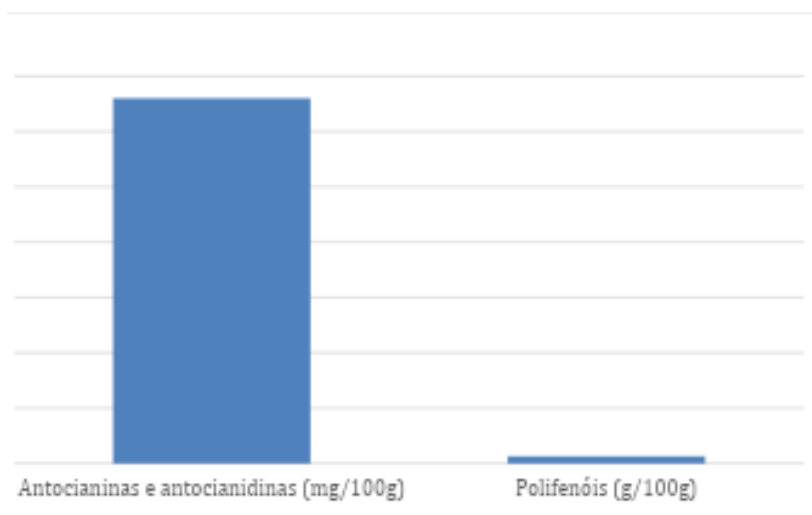
Figura 18. Dados da extração hidroalcoólica da amostra 2 da jabuticaba.



Fonte: O Autor (2024).

Finalizada a extração, uma alíquota do resíduo foi colhida para analisar os compostos ainda retidos na amostra 2. Comparativamente, o valor de AA residual é aproximadamente 34% menor que o extrato indicando a perda de 1/3 do composto. Por outro lado, o teor de polifenóis foi drasticamente reduzido na mesma medida que a observada no processo de extração (Figura 19).

Figura 19. Dados do resíduo da extração hidroalcoólica da amostra 2 de jabuticaba.



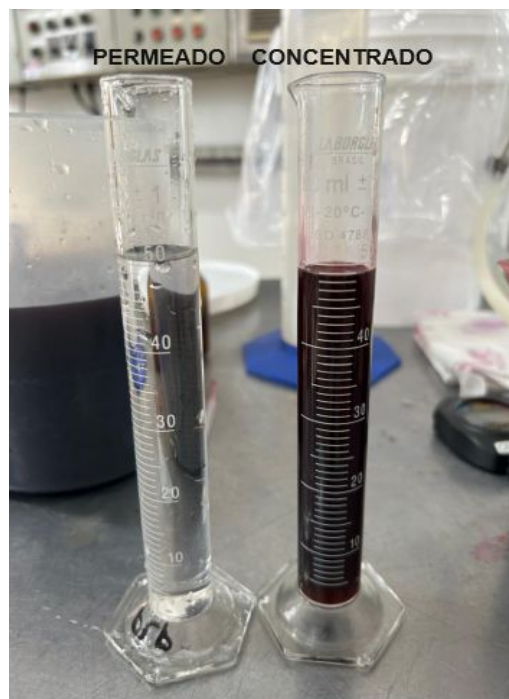
Fonte: O Autor (2024).

6.5.1 Concentração por OR

A concentração por OR do extrato da amostra 2 de jabuticaba ocorreu em dois dias. No primeiro dia foram alimentados 10L de extrato até um volume de 2,5L atingindo um TSS de 9,6 (°Brix), sendo recolhida uma alíquota de 500mL para teste

de secagem em spray dryer. No segundo dia foram alimentados mais 20L para se obter uma maior concentração final, atingindo um TSS de 11,5 (°Brix).

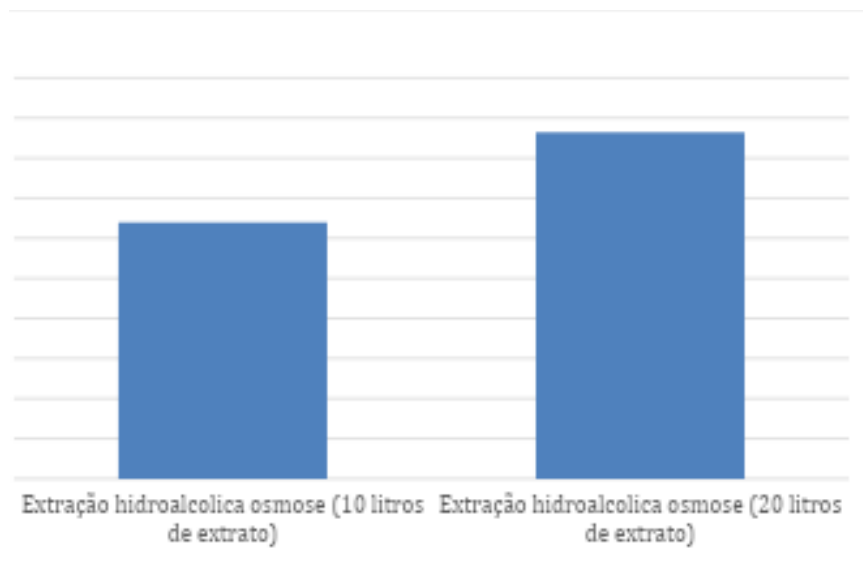
Figura 20. Permeado (à esquerda) e concentrado (à direita) da filtração por osmose reversa da extração hidroalcoólica da amostra 2 de jabuticaba do dia 2.



Fonte: O Autor (2024).

Diferentemente do ocorrido no processo de OR da amostra 1, o extrato hidroalcoólico foi concentrado sem “migração” da amostra para o permeado (Figura 20). Dessa forma, não houve perdas por este procedimento.

Figura 21. Teor de AA após primeira filtração por OR e filtração da amostra total.



Fonte: O Autor (2024).

Os dados da análise de AA identificaram um aumento de 35% na concentração quando utilizados 20L de extrato na alimentação da OR em relação aos 10L (Figura 21).

6.6 Spray-dryer

6.6.1 Secagem da amostra 1

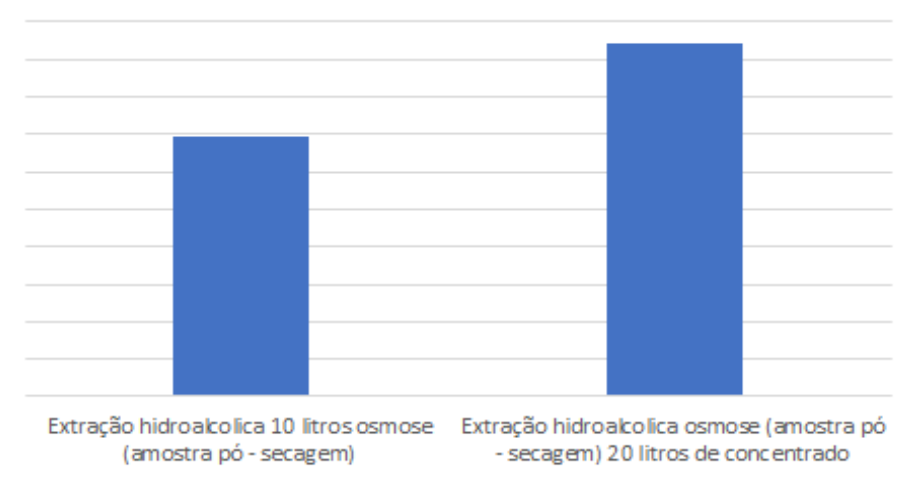
A secagem da amostra ocorreu seguindo os parâmetros necessários para a conservação da amostra. Por conta das altas temperaturas, apesar do encapsulamento da amostra, há uma perda de compostos por degradação. Portanto, foram utilizados valores de temperatura de entrada e saída, além da pressão aplicada, a fim de se manter o máximo de estabilidade das antocianinas neste processo.

Ao final do processo de secagem da amostra 1 concentrada, verificou-se que a amostra apresentava aspecto umedecido. A partir disso, não foram realizadas análises quantitativas, visto que o produto final não atendeu as expectativas. Logo, os esforços foram investidos para obtenção do produto em extrato da amostra 2.

6.6.2 Secagem do extrato da amostra 2

Foram realizados dois testes de secagem para o extrato da amostra 2 de jabuticaba. O primeiro utilizou uma alíquota de 500mL a partir do primeiro concentrado em OR, alimentados por 10L de extrato e o segundo utilizou a mesma quantidade para o concentrado alimentado por 20L de extrato.

Figura 22. Teor de AA em pós concentrados a partir de 10L e 20L de extrato.



Fonte: O Autor (2024).

Assim como para o processo de OR da amostra 2, após a secagem os dados indicam um aumento da concentração de AA de 35% entre as amostras de 10L e 20L do extrato alimentados em membrana de OR (Figura 22).

Figura 23. Extrato em pó da amostra 1 e extrato em pó da amostra 2 de jabuticaba.



Fonte: O Autor (2024).

O extrato de jabuticaba pó (hidroalcoólico) apresentou uma concentração de até 100 vezes mais antocianinas que a amostra 1 de jabuticaba em pó. Nota-se que a amostra 1 da figura 23 apresentou uma aparência higroscópica, mas a secagem

ocorreu de forma satisfatória, devido a ser utilizada uma concentração maior de maltodextrina do que realizado no experimento. No processo de concentração atual da amostra 1, foi alcançado um TSS de 15 (°Brix), e adicionados 7% de maltodextrina. Na amostra 1 contida na figura 23, utilizou-se 12% de maltodextrina, o que facilitou o processo de secagem, no entanto, diminui-se o teor de antocianinas por conta da maior adição de carreador. No procedimento atual, não foi possível realizar a secagem, devido ao baixo teor de maltodextrina e alta concentração de açúcares da amostra 1. (A amostra 1 contida na figura 23 foi obtida em procedimento anterior ao período de estágio.)

7. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A partir dos resultados do presente trabalho, do projeto desenvolvido e execução das tarefas delegadas, conclui-se que o período de estágio realizado na empresa foi satisfatório. Devido à experiência obtida, foi possível adquirir boas práticas de um laboratório de pesquisa, além do entendimento da rotina de diversos setores conectados, que estimulam o dinamismo e a independência durante a jornada de trabalho. Ficou evidente a importância do método científico para o desenvolvimento de novos produtos e inovação da indústria. A atuação nos setores de desenvolvimento e a aplicação de ingredientes próprios da Duas Rodas tornaram claras as responsabilidades exigidas em um ambiente competitivo aliado à ciência.

Em relação ao projeto executado, se observou um ótimo potencial da jabuticaba como fonte de compostos bioativos e as vantagens da utilização de tecnologia de membranas para concentração de antocianinas. Os extratos apresentaram boas perspectivas para futura aplicação em produtos, porém ainda exigem ajustes para melhor porcentagem do composto de interesse e intensidade na sua coloração. A partir de diferentes métodos e tecnologias disponíveis, é possível buscar o aprimoramento desses aspectos até a consolidação de um produto.

As perspectivas em relação ao projeto são a realização de testes com diferentes volumes de concentrado para o extrato da amostra 2 afim de se obter uma concentração maior de antocianinas, explorar diferentes métodos e tecnologias

para aprimorar a obtenção a partir da amostra 1 e testar diferentes formas de secagem sem adição de carreador.

8. CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

A experiência de atuar como estagiário na Duas Rodas e poder finalizar uma etapa tão importante pra mim foi engrandecedor. O acesso à uma estrutura preparada e eficaz, buscando sempre a inovação e o desenvolvimento efetivo da pesquisa num âmbito de meu interesse, sabendo da competência da empresa e todos os recursos que ofereceu, foram fundamentais para que esse período esclarecesse ainda mais o funcionamento do setor industrial alimentício para mim.

Apesar de discutido na graduação, porém pouco visado, o setor de alimentos tem muito a oferecer e a se refletir, de maneira que cada vez mais a sociedade está consciente e exigente da sua importância e das suas atividades, o que evidencia a necessidade de inovação, criatividade e competência nesse departamento. Portanto, devido a essa vivência, a carreira no setor industrial se torna muito mais palpável e interessante em um futuro próximo.

9. REFERÊNCIAS

¹WU, Shi-Biao et al. Metabolite profiling of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) and other dark-colored fruit juices. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 30, p. 7513-7525, 2012.

²ASCHERI, Diego Palmiro Ramirez; ASCHERI, José Luis Ramírez; CARVALHO, Carlos Wanderlei Piller de. Caracterização da farinha de bagaço de jaboticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 897-905, 2006.

³DE ANDRADE NEVES, Nathália et al. Identification and quantification of phenolic composition from different species of Jaboticaba (*Plinia* spp.) by HPLC-DAD-ESI/MSn. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129605, 2021.

⁴INADA, Kim Ohanna Pimenta et al. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 422-433, 2015.

⁵RODRIGUES, Sueli et al. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jabuticaba peel. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 400-407, 2015.

⁶SALOMÃO, Luiz CC et al. Jabuticaba—Myrciaria spp. In: **Exotic fruits**. Academic Press, 2018. p. 237-244.

⁷LIMA, D. M. et al. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos–TACO**. 4^o Edição Revida e Ampliada. 2011.

⁸XIA, En-Qin et al. Biological activities of polyphenols from grapes. **International journal of molecular sciences**, v. 11, n. 2, p. 622-646, 2010.

⁹BRIDLE, P. H.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colours—selected aspects. **Food chemistry**, v. 58, n. 1-2, p. 103-109, 1997.

¹⁰JACKMAN, R. L.; SMITH, J. L. Anthocyanins and betalains. In: **Natural food colorants**. Boston, MA: Springer US, 1996. p. 244-309.

¹¹GUERRA, C. C. Polifenóis da uva e do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, v. 4, n. 4, p. 90-100, 2012.

¹²GOUFO, Piebiep; SINGH, Rupesh Kumar; CORTEZ, Isabel. A reference list of phenolic compounds (including stilbenes) in grapevine (*Vitis vinifera* L.) roots, woods, canes, stems, and leaves. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, p. 398, 2020.

¹³LEIFERT, Wayne R.; ABEYWARDENA, Mahinda Y. Cardioprotective actions of grape polyphenols. **Nutrition Research**, v. 28, n. 11, p. 729-737, 2008.

¹⁴HUI, Yiu H. (Ed.). **Handbook of food science, technology, and engineering**. CRC press, 2006.

¹⁵MAZZA, Giuseppe. **Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains**. CRC press, 2018.

¹⁶FRANCIS, Frederick John; MARKAKIS, Pericles C. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 28, n. 4, p. 273-314, 1989.

¹⁷IACOBUCCI, Guillermo A.; SWEENEY, James G. The chemistry of anthocyanins, anthocyanidins and related flavylum salts. **Tetrahedron**, v. 39, n. 19, p. 3005-3038, 1983.

¹⁸HENDRY, George Alexander Forbes; HOUGHTON, J. D. (Ed.). **Natural food colorants**. Springer Science & Business Media, 1996.

¹⁹CASTAÑEDA-OVANDO, Araceli et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859-871, 2009.

²⁰EKICI, Lutfiye et al. Effects of temperature, time, and pH on the stability of anthocyanin extracts: Prediction of total anthocyanin content using nonlinear models. **Food Analytical Methods**, v. 7, p. 1328-1336, 2014.

²¹KAYESH, Emrul et al. Fruit skin color and the role of anthocyanin. **Acta physiologiae plantarum**, v. 35, p. 2879-2890, 2013.

²²BAKER, R. W. **Membrane Technology and Applications**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2004.

²³GANORKAR, Pravin; NANDANE, Anil; TAPRE, Ajay. Reverse Osmosis for Fruit Juice Concentration—A Review. **Res. Rev. A J. Food Sci. Technol**, v. 1, p. 23-36, 2012.

²⁴WENTEN, I. G.; KHOIRUDDIN. Reverse osmosis applications: Prospect and challenges. **Desalination**, v. 391, p. 112–125, 2016.

²⁵DUY NGUYEN, B. T. et al. The roles of membrane technology in artificial organs: Current challenges and perspectives. **Membranes**, v. 11, n. 4, p. 239, 2021.

²⁶DEMIR, Hakan et al. MOF membranes for CO₂ capture: past, present and future. **Carbon Capture Science & Technology**, v. 2, p. 100026, 2022.

²⁷MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. **Journal of food engineering**, v. 61, n. 3, p. 477–482, 2004.

²⁸SHAHIDI, Fereidoon; HAN, Xiao-Qing. Encapsulation of food ingredients. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

²⁹F. GIBBS, SELIM KERMASHA, INTEAZ ALLI, CATHERINE N. MULLIGAN, Bernard. Encapsulation in the food industry: a review. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 50, n. 3, p. 213-224, 1999.

³⁰BHANDARI, Bhesh R.; DATTA, Nivedita; HOWES, Tony. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying technology**, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

³¹SUKASIH, Ermi et al. Effect of addition of filler on the production of shallot (*Allium cepa* var. *ascalonicum* L.) powder with drum dryer. **Procedia Food Science**, v. 3, p. 396-408, 2015.

³²DAZA, Luis Daniel et al. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. **Food and bioproducts processing**, v. 97, p. 20-29, 2016.

³³DANTAS, Denise et al. Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. **Food chemistry**, v. 266, p. 284-291, 2018.

³⁴REINECCIUS, Gary A. Flavor encapsulation. **Food Reviews International**, v. 5, n. 2, p. 147-176, 1989.

³⁵RONG, Y.; SILLICK, M.; GREGSON, C. M. Determination of dextrose equivalent value and number average molecular weight of maltodextrin by osmometry. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 1, p. C33-C40, 2009.

10. ANEXOS

Declaração de realização do estágio emitida pelo supervisor do local do estágio atestando o cumprimento das 450h referentes ao estágio supervisionado obrigatório.



DECLARAÇÃO

DUAS RODAS INDUSTRIAL S.A. estabelecida na Rua Rodolfo Hufenuessler, 755 em JARAGUA DO SUL SC, com fábrica de matéria prima industriais de alimentos, declara para os devidos fins que o **Sr. Matheus Hansen Voigt, CPF [REDACTED]**, realizou estágio curricular no período de 19/08/2024 até 06/12/2024.

Setor de Trabalho: Pesquisa e Tecnologias Avançadas.

JARAGUÁ DO SUL, 22 de novembro de 2024.

[REDACTED]

DUAS RODAS INDUSTRIAL S.A.

Rua Rodolfo Hufenuessler, 755
89251-901 - Centro
Jaraguá do Sul - Santa Catarina

Salvelino Aparecido Nunes