



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

ALINE KELLY CARVALHO RIBEIRO

**MONITORAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA CERA DE
CARNAÚBA NA AGROCERA, INDÚSTRIA COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO
DE CERA VEGETAL LTDA**

MOSSORÓ

2024

ALINE KELLY CARVALHO RIBEIRO

**MONITORAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA CERA DE
CARNAÚBA NA AGROCERA, INDÚSTRIA COMÉRCIO E EXPORTAÇÃO
DE CERA VEGETAL LTDA**

Trabalho de Conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Wilton
Miranda da Silva

Supervisora: Raquel Lima Vitor

MOSSORÓ

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

R484m Ribeiro, Aline Kelly Carvalho. Monitoramento do controle de qualidade da cera de carnaúba na Agrocer, indústria comércio e exportação de cera vegetal LTDA / Aline Kelly Carvalho Ribeiro. - 2024.
28 f. : il.

Orientador: Francisco Wilton Miranda da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Química, 2024.

1. pó cerífero. 2. Copernicia prunifera. 3. controle de qualidade. I. Silva, Francisco Wilton Miranda da, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALINE KELLY CARVALHO RIBEIRO

**MONITORAMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE DA CERA DE
CARNAÚBA NA INDÚSTRIA AGROCERA – RUSSAS/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal Rural
do Semi-Árido, como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Defendida em: 24 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO WILTON MIRANDA DA SILVA
Data: 04/11/2024 09:54:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Wilton Miranda Silva (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIO COSTA DOS SANTOS
Data: 04/11/2024 12:04:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cláudio Costa dos Santos (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 ALESSANDRO ALISSON DE LEMOS ARAUJO
Data: 04/11/2024 16:24:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alessandro Alisson de Lemos Araújo (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as vezes que me guiou pelo melhor caminho, me sustentou nos momentos difíceis e não me deixou desistir.

A minha mãe, que sempre esteve comigo. Sou imensamente grata ao seu amor, apoio e sacrifícios ao longo dessa jornada.

A minha melhor amiga Vanessa, por sempre torcer por mim, por me dar broncas quando necessário, por entender as minhas ausências e por sempre me receber de braços abertos.

Ao meu melhor amigo Felipe, que sempre me julgou melhor do que eu sou, me ouviu, me consolou e me incentivou sempre que precisei. Seu afeto diário curava qualquer dia cansativo.

Aos colegas de curso, principalmente os que estiveram comigo nessa reta final, Júlia, Luiz e Jerffeson. Sou grata pela parceria nos estudos e pelas gargalhadas diárias.

Ao meu orientador, Dr. Wilton Miranda, agradeço pelos ensinamentos, por ser alguém sempre acessível e disposto a ajudar.

A equipe da Qualidade, Nando, Manu e Jonh, que me receberam tão bem na empresa, pelos conhecimentos compartilhados e por tornarem o ambiente de trabalho tão agradável.

A Rayanne Freitas e Marcelo Sombra, pela confiança que depositaram em mim e abriram as portas da Agrocera, me dando a oportunidade de crescer profissionalmente.

A todos que torceram e torcem por mim.

RESUMO

A cera de carnaúba é proveniente do pó cerífero das folhas da *Copernicia prunifera*, uma espécie de palmeira endêmica do Nordeste brasileiro. Esse pó é classificado em dois tipos: pó olho e pó palha. A partir do pó extraído são produzidas ceras dos tipos I, III e IV. A cera de carnaúba possui grande importância comercial e é utilizada em diversos tipos de indústria: alimentícia, cosméticos, farmacêutica, química, eletrônica e automotiva. Com essa gama de aplicações e por ser considerada um produto natural e sustentável, a cera de carnaúba vem ganhando relevância no mercado global. Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo o monitoramento do controle de qualidade da cera de carnaúba na Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal LTDA. Este trabalho foi realizado como estágio obrigatório, o que proporcionou a aplicação direta dos conhecimentos acadêmicos ao ambiente industrial. A metodologia consistiu em descrever e discutir as análises do controle de qualidade de matéria-prima e produto acabado como por exemplo: análise do teor de cera no pó de carnaúba, determinação da faixa de fusão com banho de óleo, impurezas insolúveis, índice de peróxidos, pontos de fulgor, teor de cinzas, teor de materiais voláteis e umidade. Através destas análises foi possível identificar que as ceras produzidas na Agrocera estavam dentro das especificações exigidas pelos órgãos regulamentadores. Além disso, é importante destacar que esta atividade de estágio foi essencial para o entendimento prático do controle de qualidade da cera de carnaúba, o que permitiu a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia química no contexto industrial.

Palavras-chave: pó cerífero; *Copernicia prunifera*; controle de qualidade.

ABSTRACT

Carnauba wax is derived from the waxy powder found on the leaves of *Copernicia prunifera*, a species of palm tree endemic to the Brazilian Northeast. This powder is classified into two types: "eye powder" and "straw powder". From the extracted powder, types I, III, and IV waxes are produced. Carnauba wax holds great commercial importance and is used in various industries, including food, cosmetics, pharmaceuticals, chemicals, electronics, and automotive. With its range of applications and its reputation as a natural and sustainable product, carnauba wax has been gaining relevance in the global market. Thus, the present work aims to monitor the quality control of carnauba wax at Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal LTDA. This work was conducted as a mandatory internship, providing an opportunity to directly apply academic knowledge to an industrial environment. The methodology consisted of describing and discussing quality control analyses of raw materials and finished products, including tests such as the wax content in carnauba powder, melting range determination with an oil bath, insoluble impurities, peroxide index, flash points, ash content, volatile material content, and moisture. Through these analyses, it was possible to verify that the waxes produced at Agrocera met the specifications required by regulatory agencies. Furthermore, it is important to highlight that this internship experience was essential for gaining practical understanding of the quality control of carnauba wax, allowing for the application of knowledge acquired during the chemical engineering course in an industrial context.

Keywords: waxy powder; *Copernicia prunifera*; quality control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i>)	10
Figura 2	–	Pó olho	11
Figura 3	–	Pó palha	12
Figura 4	–	Cera Tipo I	13
Figura 5	–	Cera Tipo III	13
Figura 6	–	Cera Tipo IV	14
Figura 7	–	Aparato para extração sólido-líquido em escala de bancada	15
Figura 8	–	Fluxograma do processo produtivo da cera de carnaúba	17
Figura 9	–	Aparato extração sólido-líquido	18
Figura 10	–	Início do banho de óleo	21
Figura 11	–	Banho de óleo finalizado	21
Figura 12	–	Teste de impurezas insolúveis	22
Figura 13	–	Determinação de peróxidos em amostra de cera	24
Figura 14	–	Determinação do ponto de fulgor	25
Figura 15	–	Cadinho com amostra de cera antes e depois do teste	26
Figura 16	–	Cera antes e depois do teste de teor de materias voláteis	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1 Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal LTDA.....	10
2.2 Tipos de pós da carnaúba.....	10
2.2.1 Pó olho.....	11
2.2.2 Pó palha	11
2.3 Tipos de cera de carnaúba e suas aplicações	12
2.3.1 Cera Tipo I	12
2.3.2 Cera Tipo III.....	13
2.3.3 Cera Tipo IV.....	14
2.4 Extração Sólido-Líquido	14
3 PROCESSO PRODUTIVO DA CERA DE CARNAÚBA.....	15
4 CONTROLE DE QUALIDADE	17
5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO	17
5.1 Controle de qualidade de matéria-prima	18
5.1.1 Teor de cera no pó de carnaúba.....	18
5.2 Controle de qualidade de produto acabado	19
5.2.1 Faixa de fusão com banho de óleo	19
5.2.2 Impurezas insolúveis	21
5.2.3 Índice de Peróxidos	23
5.2.4 Ponto de fulgor	24
5.2.5 Teor de cinzas.....	25
5.2.6 Teor de materiais voláteis	26
5.2.7 Teor de umidade.....	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A carnaúba (*Copernicia prunifera*) é uma espécie de palmeira nativa do Brasil e endêmica da região nordeste, tornando o Brasil o único lugar no mundo produtor de cera de carnaúba. Com predominância nos estados do Ceará, Maranhão, Piauí e Rio Grande do Norte, regiões que são caracterizadas por períodos de estiagem prolongada e solos relativamente pobres, proporcionando condições climáticas ideais para seu desenvolvimento. Devido esta adversidade climática a carnaúba desenvolveu mecanismos de adaptação para sobreviver, sendo a produção de cera uma delas (D'ALVA, 2004).

Geralmente, as plantas produzem pó cerífero para evitar a perda de água por transpiração, mantendo assim o equilíbrio de água em seu interior. Esse mecanismo funciona como proteção para as folhas à exposição solar e também na defesa contra ataques de fungos que poderiam comprometer a saúde da planta. Este pó cerífero depois de extraído da carnaúba é chamado de “pó de carnaúba” e é a matéria-prima para a produção de cera (PINHO, 2021; D'ALVA, 2004).

A carnaúba é uma planta de múltiplas utilidades. Suas raízes são utilizadas para fins medicinais, enquanto o tronco é empregado na construção civil e marcenaria. O palmito e o fruto servem de alimento para animais. Além disso, as palhas têm diversos usos, como na produção de utensílios artesanais, na adubação e cobertura vegetal e também se extrai o pó cerífero que produz a cera (DEMARTELAERE *et al.*, 2021; D'ALVA, 2004).

O extrativismo da planta para a produção da cera de carnaúba é de grande importância para a economia local das regiões produtoras, uma vez que ela é fonte de renda significativa para as comunidades rurais e tem um papel importante na economia exportadora do país. Do ponto de vista econômico, possui grande importância comercial, sendo utilizada em diversos tipos de indústria: alimentícia, cosméticos, farmacêutica, química, eletrônica e automotiva (BARBOSA, 2018; PINHEIRO, 2018).

Com o crescente interesse por produtos naturais e sustentáveis, a cera de carnaúba vem ganhando mais relevância no cenário global. Várias indústrias estão buscando produtos mais ecológicos, e a cera de carnaúba, sendo biodegradável e sustentável, se enquadra perfeitamente nessa tendência. A fim de manter sua posição no mercado internacional e garantir o valor agregado do produto, o controle de qualidade é fundamental. Desta maneira, o presente trabalho, desenvolvido como estágio obrigatório, tem como objetivo o monitoramento do controle de qualidade da cera de carnaúba na Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal LTDA.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal LTDA

A Agrocera, Indústria Comércio e Exportação de Cera Vegetal, é uma empresa de beneficiamento e comercialização de cera de carnaúba. Fundada em 2007 na zona rural de Russas – CE, a Agrocera se destaca por sua forte presença no mercado internacional, exportando seus produtos para países da América do Norte, Europa e Ásia. O grupo Agrocera é o produtor de cera que mais cresce no país, contando com duas unidades fabris: Agrocera Ceará situada na cidade de Russas – CE e Agrocera Piauí localizada na cidade Parnaíba – PI.

2.2 Tipos de pós da carnaúba

A cera de carnaúba é extraída a partir do beneficiamento do pó das palhas da carnaúba. De acordo com o tipo de folha, são gerados dois tipos de pó cerífero: pó olho e pó palha. As características físico-químicas da cera proveniente do olho são diferentes daquelas extraídas da palha.

Figura 1 – Carnaúba (*Copernicia prunifera*)

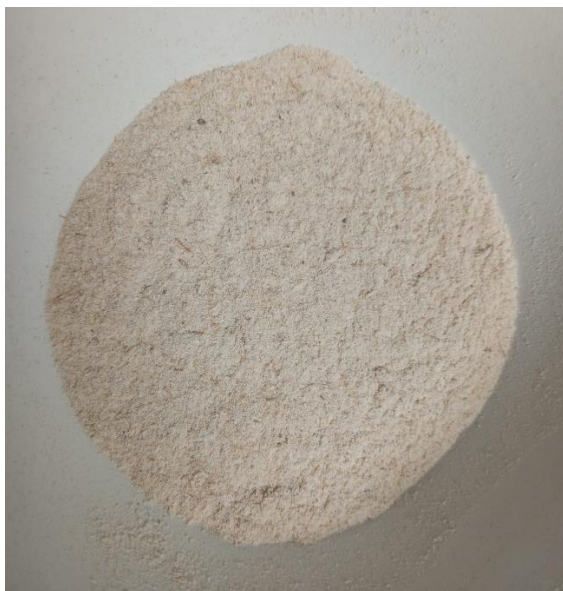


Fonte: Associação caatinga, 2019.

2.2.1 Pó olho

O pó olho (Figura 2) é aquele extraído da parte mais jovem e interna das folhas da carnaúba, que ainda estão fechadas e localizadas no topo da palmeira, conhecidas como “olho”. O percentual de clorofila no olho é menor do que na palha, conferindo ao pó olho uma coloração branca. Este pó é considerado mais nobre, pois possui uma menor quantidade de impurezas e produzirá uma cera de cor amarelo-ouro, classificada como Tipo I, que tem maior valor agregado e possui utilidades mais nobres (AGROCERA, 2022; BARBOSA, 2018; D’ALVA, 2004).

Figura 2 – Pó olho

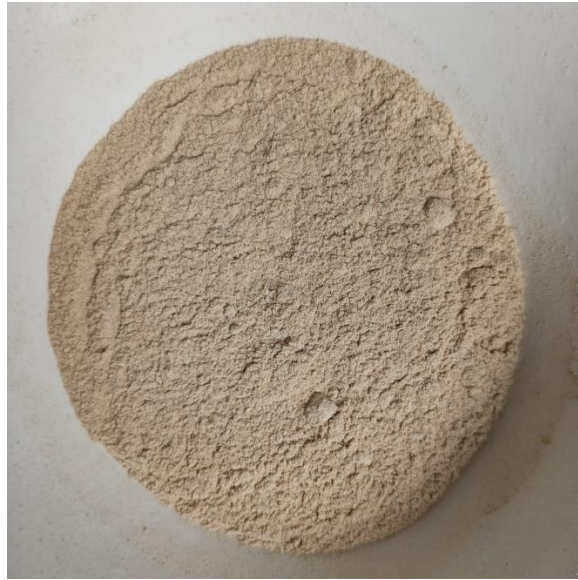


Fonte: Autoria própria, 2024.

2.2.2 Pó palha

O pó palha (Figura 3) é extraído das folhas mais velhas da carnaúba, são as folhas externas e completamente abertas e que ficaram expostas ao sol por mais tempo. Na palha, o percentual de clorofila é maior, atribuindo ao pó uma coloração verde-acinzentada. É um pó considerado de qualidade inferior ao pó olho e acumulam mais impurezas ao longo do tempo. Produz ceras de coloração marrom esverdeada a preta, classificadas como Tipo III e IV, e possuem um menor valor comercial, utilizadas em aplicações que não exigem pureza tão elevada (AGROCERA, 2022; PINHEIRO, 2018; D’ALVA, 2004).

Figura 3 – Pó palha



Fonte: Autoria própria, 2024.

2.3 Tipos de cera de carnaúba e suas aplicações

2.3.1 Cera Tipo I

A cera Tipo I (Figura 4) tem suas principais aplicações concentradas nas indústrias de alimentos, de cosméticos e farmacêutica, setores que demandam um produto de alta pureza. Na indústria de alimentos é utilizada como revestimento de frutas e queijos, gomas de mascar, doces, produtos de panificação, suplementos alimentares e outros. Na indústria de cosméticos é utilizada como aditivo para dar consistência a produtos como batons, máscaras de cílios, cremes hidratantes e produtos para cabelos. Na indústria farmacêutica é utilizada no revestimento de comprimidos e capsulas (AGROCERA, 2022; FREITAS *et. al.*, 2019).

Figura 4 – Cera Tipo I



Fonte: Autoria própria, 2024.

2.3.2 Cera Tipo III

O Tipo III (Figura 5) é comumente utilizada na indústria química, mais especificamente na indústria de polimentos e revestimentos industriais, como exemplos temos: polidores automotivos, ceras para pisos e móveis, impermeabilizante na indústria têxtil (capas de chuva, barracas e tecidos que necessitam ser resistentes a água), lubrificante e agente desmoldante (AGROCERA, 2022; FREITAS *et. al.*, 2019).

Figura 5 – Cera Tipo III



Fonte: Autoria própria, 2024.

2.3.3 Cera Tipo IV

Já o Tipo IV (Figura 6) tem uma gama de aplicações: produtos para tratamento e polimento de couro, revestimento de asfalto, na indústria de papel carbono, indústria de componentes eletrônicos (fabricação de chips e transistores), sendo um excelente isolante elétrico (AGROCERA, 2022; FREITAS *et al.*, 2019).

Figura 6 – Cera Tipo IV



Fonte: Autoria própria, 2024.

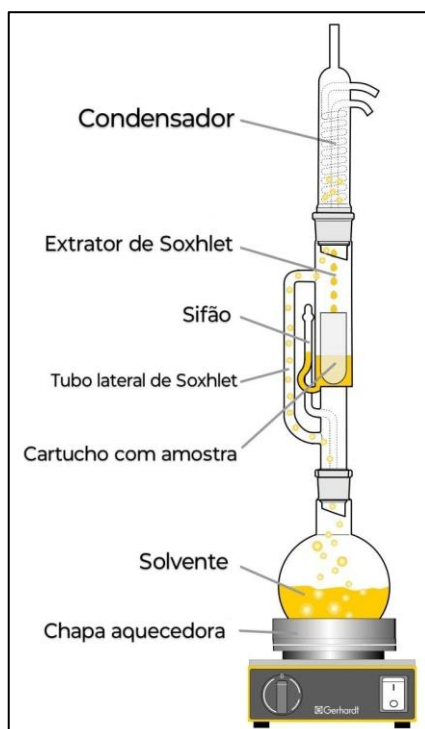
2.4 Extração Sólido-Líquido

A cera é extraída do pó através do processo de extração sólido-líquido. O processo consiste na remoção de uma fração solúvel de um material sólido por meio de um solvente líquido, resultando no transporte do soluto para o solvente, formando um extrato. Esse tipo de extração é de ampla importância na indústria química em geral, principalmente na indústria alimentícia, pois possibilita a remoção de componentes desejados de matérias-primas de origem natural (BARBOSA, 2018; COELHO FILHO, 2015).

Em escala de bancada, a extração sólido-líquido é realizada através de um extrator do tipo Soxhlet (Figura 7). O aparato é composto por um balão de fundo chato, um extrator de Soxhlet, um condensador e uma manta ou chapa aquecedora que é utilizada como fonte de calor. O solvente é armazenado no balão e à medida que aquece, ele evapora e sobe pelo tubo lateral de Soxhlet. Os vapores do solvente sobem até o condensador (onde são resfriados pela água corrente que circula através do condensador), condensam e gotejam de volta no estado líquido para dentro do extrator de Soxhlet (BARBOSA, 2018; COELHO FILHO, 2015).

Este solvente vai se acumulando e entrando em contato com a amostra (que pode estar dentro de um cartucho de celulose ou filtro poroso) dissolvendo os componentes solúveis presentes no sólido. O solvente vai enchendo o extrator e quando seu nível atinge o ponto mais alto do sifão, o solvente é arrastado de volta para o balão através do sifão, levando consigo os compostos dissolvidos (extrato). Este ciclo se repete até que o composto desejado seja completamente extraído da amostra.

Figura 7 – Aparato para extração sólido-líquido em escala de bancada



Fonte: Gerhardt, 2024.

3 PROCESSO PRODUTIVO DA CERA DE CARNAÚBA

O processo produtivo da cera de carnaúba inicia após a recepção da matéria-prima e consiste em duas etapas: extração e refinação. O pó cerífero é selecionado de acordo com o tipo de cera que será produzida e em seguida transportado para o misturador, onde será misturado com a casca de arroz. Esta aumenta a permeabilização favorecendo o processo de extração. A mistura segue para o extrator, onde sofrerá um aquecimento prévio com temperatura mínima de 80 °C por aproximadamente 1 hora. Em seguida o solvente é adicionado no extrator. Após alguns minutos inicia-se o processo de extração, onde a matéria-prima será “lavada” de 4 a 6 vezes, resultando em duas correntes: uma chamada de extrato (composta por cera, solvente e a

água proveniente da umidade da casca de arroz) e a outra chamada de refinado ou bagana (composta por casca de arroz e impurezas).

A corrente de extrato segue para uma coluna de destilação, onde solvente e água serão separados da cera líquida. O solvente e a água evaporam pela corrente de topo para o condensador e seguem em forma líquida para um separador, onde serão separados por diferença de massa específica. O solvente é completamente recuperado e a água segue para uma “piscina de resfriamento” onde será reutilizada no processo. A cera bruta que restou na corrente de fundo do destilador segue para o tanque de derretimento/cozimento.

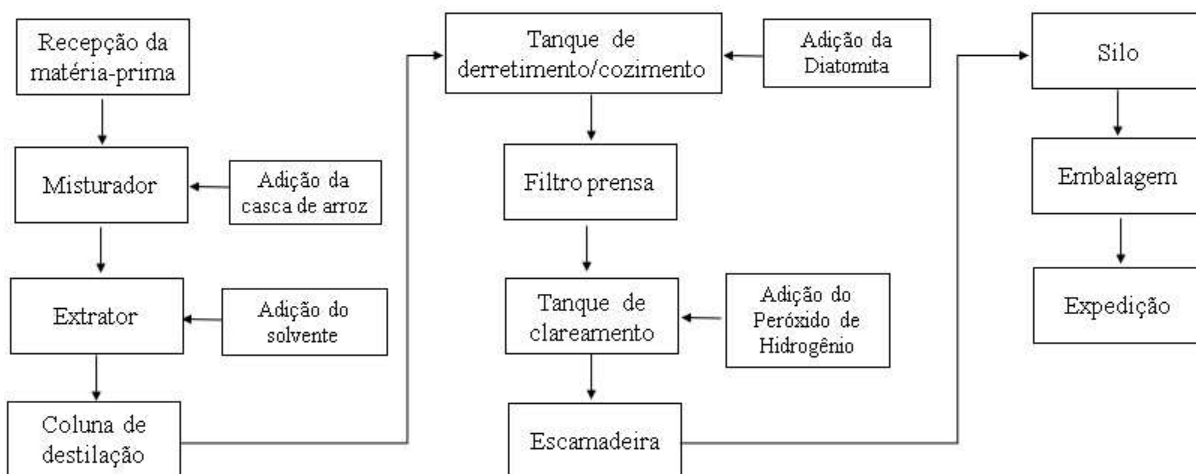
O tanque de derretimento/cozimento é mantido a uma temperatura controlada entre 110-120 °C. Nesta etapa é adicionado a Diatomita, adsorvente que facilita a filtração da cera. No interior do tanque existe uma peneira com a finalidade de remover as impurezas e sujidades mais grosseiras contidas na cera bruta.

Depois de processada, a cera líquida é bombeada para o filtro prensa, equipamento que possui em seu interior um papel filtro com porosidade de 60 milipore, responsável pela filtração. O equipamento é mantido a uma temperatura entre 100-110 °C e pressão de 2 a 4 bar. Neste filtro é retida cerca de 30% da cera juntamente com as impurezas, esse excedente é chamado de “barro de filtro” e é reutilizado no processo. Já a cera filtrada segue para o tanque de clareamento, para de ceras do tipo I e III (cera tipo IV não passa por clareamento).

No tanque de clareamento é adicionado peróxido de hidrogênio com concentração de 60%. A quantidade de peróxido adicionada nesta etapa varia de acordo com o tipo de cera que está sendo processada. Após o clareamento, a cera é aquecida até a retirada total do peróxido. Livre de peróxido, a cera segue para a escamadeira.

A escamadeira é composta por um cilindro com circulação de água em temperatura ambiente. Ao entrar em contato com o cilindro, a cera líquida é resfriada e solidificada. Ligada ao cilindro, formando um filme sobre o mesmo, a cera é raspada formando escamas. As escamas são transportadas para um silo, onde é estocada até iniciar o processo de enchimento das embalagens do produto final. Na Figura 8 temos o fluxograma que dispõe sobre cada etapa do processo.

Figura 8 – Fluxograma do processo produtivo da cera de carnaúba



Fonte: Autoria própria, 2024.

4 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade na indústria alimentícia é essencial para garantir a segurança, o cumprimento das normas regulamentadoras e a satisfação dos consumidores. Constitui um conjunto de procedimentos e práticas, que tem como objetivo monitorar e assegurar que os alimentos produzidos atendam os padrões de qualidade estabelecidos em todas as etapas da cadeia de produção, desde a matéria prima até o produto final. A qualidade é considerada de suma importância para as organizações, uma vez que estas buscam sempre por sucesso na competitividade do mercado (TOLEDO *et. al.*, 2000).

O controle de qualidade da cera de carnaúba é realizado de acordo com métodos padronizados por institutos como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), AMERWAX (The American Wax Importers and Refiners Association), ASTM (American Society for Testing and Materials), FCC (Food Chemicals Codex), EP (European Pharmacopeial) ou USP (United States Pharmacopeia Convention).

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ESTÁGIO

As atividades desenvolvidas no estágio na empresa Agrocera foram referentes ao controle de qualidade da matéria-prima e do produto acabado. O controle de qualidade da matéria-prima é feito através da determinação de teor de cera no pó de carnaúba, utilizando o processo de extração sólido-líquido. Para o controle de qualidade do produto acabado (cera) foram realizadas análises físico-químicas que serão descritas e discutidas nos tópicos a seguir.

5.1 Controle de qualidade de matéria-prima

5.1.1 Teor de cera no pó de carnaúba

O procedimento consiste em preparar um cartucho de filtro de papel. O cartucho deve ser forrado e fechado com algodão, em seguida pesado numa balança analítica. Anota-se o peso do cartucho vazio (PCV). Em seguida tara a balança com o cartucho em cima do prato. Adiciona-se cerca de 8 g da amostra de pó cerífero no cartucho, pesa novamente e anota o peso do cartucho com a amostra (PCA). Prepara-se um aparato de extração sólido-líquido a nível de bancada (Figura 9). Num balão de fundo chato adiciona-se cerca de 250 mL de solvente, posiciona o cartucho com a amostra dentro do extrator, liga-se a chapa aquecedora e o sistema de água do condensador, assim inicia-se o processo de “lavagem” do pó cerífero.

Figura 9 – Aparato extração sólido-líquido



Fonte: Autoria própria, 2024.

Este processo de extração dura cerca de 4 h ou até a visualização de um solvente completamente transparente (isento de cera) no interior do extrator. Após essa identificação o cartucho é retirado do interior do extrator, descartado e inicia-se o processo de recuperação do solvente. O solvente é recuperado ao máximo, restando no balão uma mistura de cera e

resquícios de solvente. Essa mistura é transferida para uma cápsula de porcelana que foi pesada inicialmente vazia (PIC) e lavada a uma chapa aquecedora para a completa evaporação do solvente, garantindo que restará somente a cera pura na cápsula. Depois do solvente completamente evaporado a cápsula com a cera é retirada da chapa aquecedora, deixada em descanso até atingir a temperatura ambiente e em seguida pesada na balança novamente (PFC). O cálculo do teor de cera é realizado através da Equação 1.

$$\% CERA = \frac{(PFC - PIC) * 100}{PCA} \quad (1)$$

Sendo:

PFC: massa final do cadinho (g);

PIC: massa inicial do cadinho vazio (g);

PCA: massa do cartucho com amostra (g).

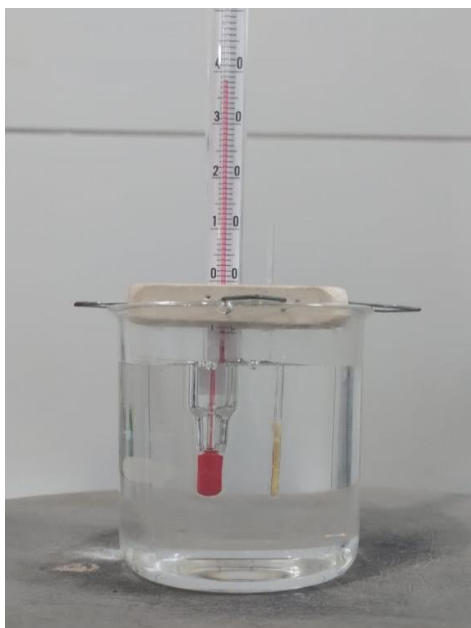
O rendimento padrão para pó olho é cerca de 80% e para o pó palha é 60%. Esse rendimento é o que determina a qualidade do pó e seu preço, então, quanto maior o rendimento, maior o preço pago pela matéria-prima.

5.2 Controle de qualidade de produto acabado

5.2.1 Faixa de fusão com banho de óleo

Uma quantidade de amostra de cera é fundida em um béquer e nela é inserido um tubo capilar, aberto em ambas as extremidades, de modo a formar uma coluna de 2 cm de cera no interior do capilar. O capilar é retirado do béquer e deixado em temperatura ambiente para a cera em seu interior solidificar. Após resfriamento, o capilar é acoplado em um termômetro de modo que suas extremidades inferiores fiquem na mesma altura. A dupla é inserida num béquer contendo glicerina, ficando suspenso, numa distância de 1 cm do fundo do béquer (Figura 10). Este conjunto é colocado numa chapa aquecedora.

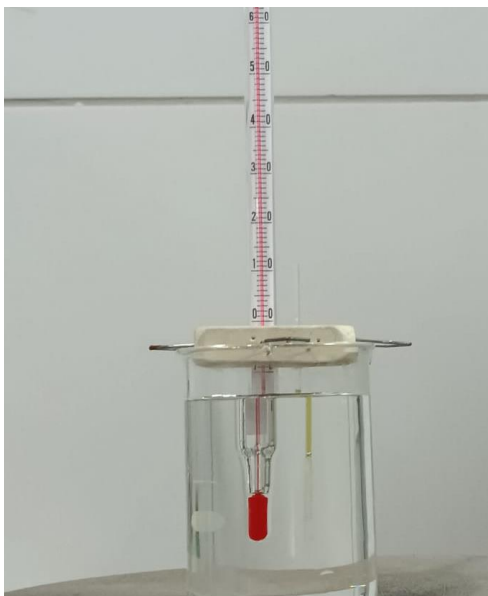
Figura 10 – Início do banho de óleo



Fonte: Autoria própria, 2024.

O aquecimento deve ser realizado até que seja observado a formação de pequenas bolhas de ar dentro capilar, fazendo com que a cera em seu interior derreta e suba através do mesmo (Figura 11). A temperatura observada neste momento é considerada como ponto de fusão.

Figura 11 – Banho de óleo finalizado



Fonte: Autoria própria, 2024.

O ponto de fusão é na verdade uma faixa de temperatura, onde a temperatura inicial é aquela onde o primeiro cristal começa a fundir e a final é quando o último cristal desaparece, ficando a substância totalmente líquida.

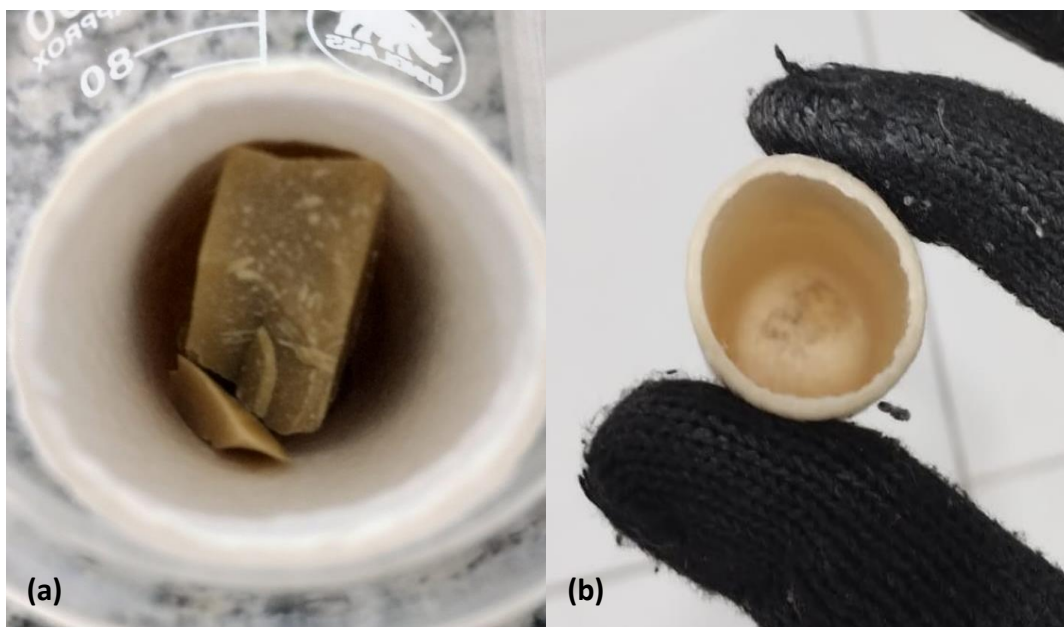
Sabendo que um sólido impuro funde a uma faixa de temperatura menor e mais ampla que o mesmo composto puro, esta análise é de suma importância, uma vez que pode identificar uma substância e sua pureza. A faixa de fusão das ceras é de 80 a 86 °C.

5.2.2 Impurezas insolúveis

Inicialmente, o cartucho de celulose utilizado na análise deve ser “lavado” com solvente num extrator de Soxhlet e retirado após o primeiro ciclo. O cartucho é então colocado em um vidro de relógio e levado à estufa (105 °C) por aproximadamente 1 hora. Após esse tempo, o cartucho é colocado no dessecador por 30 minutos. Ao retirar do dessecador deve-se pesar o cartucho em uma balança analítica (precisão de 0,0001 g) até que sua massa permaneça constante. Essa massa inicial do cartucho deve ser anotada (PIC). O cartucho é reservado e mantido no dessecador.

Uma amostra de cera é colocada em uma cápsula de porcelana e levada à chapa aquecedora. Após derreter, a cera é colocada na estufa por 30 minutos, para perder umidade. Depois desse tempo, a cera é deixada em temperatura ambiente para perder calor e ficar no seu estado sólido. Uma amostra de 8 g desta cera (PA) é colocada no cartucho de celulose que foi previamente lavado e pesado (Figura 12a), e em seguida tampado com algodão. O cartucho com a amostra é colocado no aparato com extrator de Soxhlet (Ver Figura 7) e o processo de lavagem só é finalizado quando não é mais observado material graxo no interior do cartucho, restando somente as possíveis impurezas pertencentes a cera (Figura 12b).

Figura 12 – Teste de impurezas insolúveis



Fonte: Autoria própria, 2024.

Depois que o processo é finalizado, o cartucho é retirado do extrator, colocado em um vidro de relógio, levado a estufa (105 °C) por 1 hora e em seguida é colocado no dessecador por 1 hora também. Após esse tempo o cartucho é pesado até sua massa permanecer constante. Essa massa é a final e deve ser anotada (PFC). O cálculo do teor de impurezas é realizado através da Equação 2.

$$\% \text{ Impurezas} = \frac{(PFC - PIC) * 100}{PA} \quad (2)$$

Onde:

PFC: é a massa final do cartucho com as impurezas (g);

PIC: é a massa inicial do cartucho (g);

PA: é a massa da amostra de cera (g).

A determinação do teor de impurezas se trata de calcular a quantidade de sujidades, minerais e todo material insolúvel em solvente orgânico. A quantidade máxima de teor de impurezas permitido nas ceras é de 0,20%. Para valores acima deste, a cera é reprovada pelo setor de qualidade e encaminhada para reprocesso.

5.2.3 Índice de Peróxidos

Inicialmente prepara-se uma mistura de ácido acético e clorofórmio em uma proporção de 3:2. A mistura deve ser reservada. Em seguida prepara-se uma solução de iodeto de potássio saturada, dissolvendo 14,4 g de iodeto de potássio em 10 mL de água destilada. Esta solução também deve ser reservada. Prepara-se uma solução indicadora de amido a 5%. Pesa-se 5 g de uma amostra de cera (PA) em um erlenmeyer de 250 mL e em seguida adiciona 30 mL da solução ácido acético/clorofórmio preparada anteriormente. Posiciona o erlenmeyer em uma chapa aquecedora, mantendo agitação até a completa solubilização.

Após a solubilização, retira o erlenmeyer da chapa aquecedora, adiciona 0,5 mL da solução de iodeto de potássio saturada e mantém sob agitação por 1 minuto. Após esse tempo, adiciona-se 30 mL de água destilada e 5 mL da solução de amido 5% e agitar novamente. A solução desenvolverá uma coloração azul escura (Figura 13a).

Em seguida deve-se titular a mistura do erlenmeyer com tiosulfato de sódio 0,01 N, adicionando o titulante com agitação contínua, até que a coloração azul desapareça totalmente (Figura 13b). A determinação do índice de peróxidos é feita através da equação 3.

$$POZ = \frac{(V - 0,1) * N * 1000 \text{ g}}{PA} \quad (3)$$

Onde:

POZ: é o índice de peróxidos em mEq[O]/1Kg de cera;

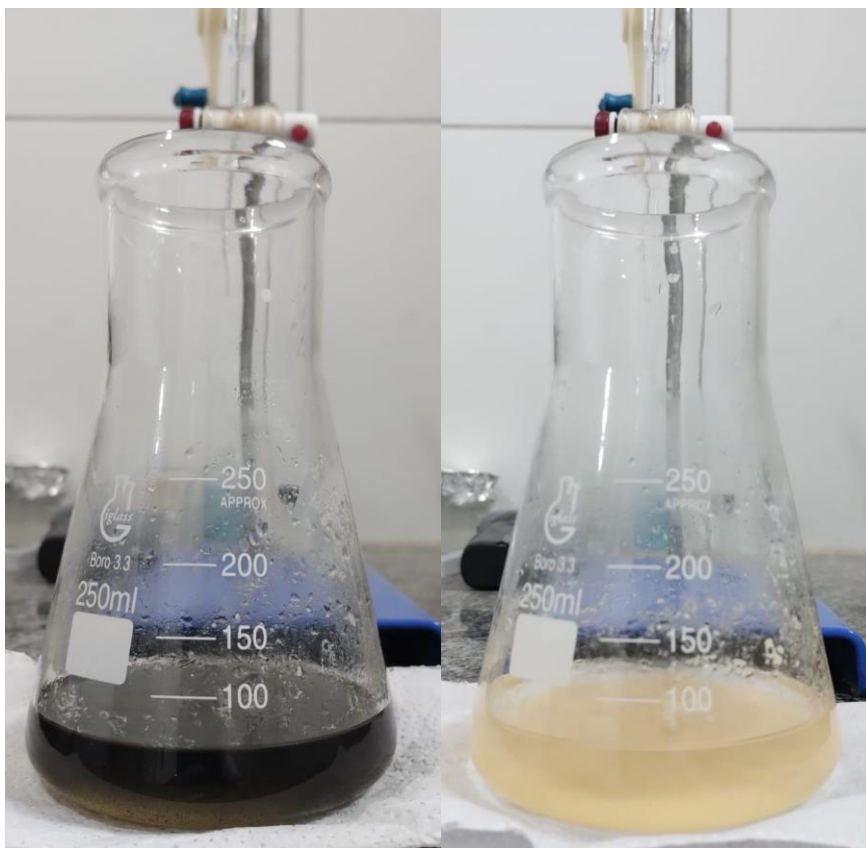
V: é o volume gasto de tiosulfato de sódio em mL;

N: é a normalidade da solução de tiosulfato de sódio;

PA: é a massa da amostra em g.

O índice de peróxidos determina a quantidade de peróxido de hidrogênio presentes na substância. É expresso em miliequivalentes de oxigênio ativo por 1000 g da substância analisada. Na literatura não são especificados valores para a cera de carnaúba, mas a Agrocera desenvolveu uma especificação que determina que o índice de peróxidos deve ser ≤ 20 mEq.

Figura 13 – Determinação de peróxidos em amostra de cera



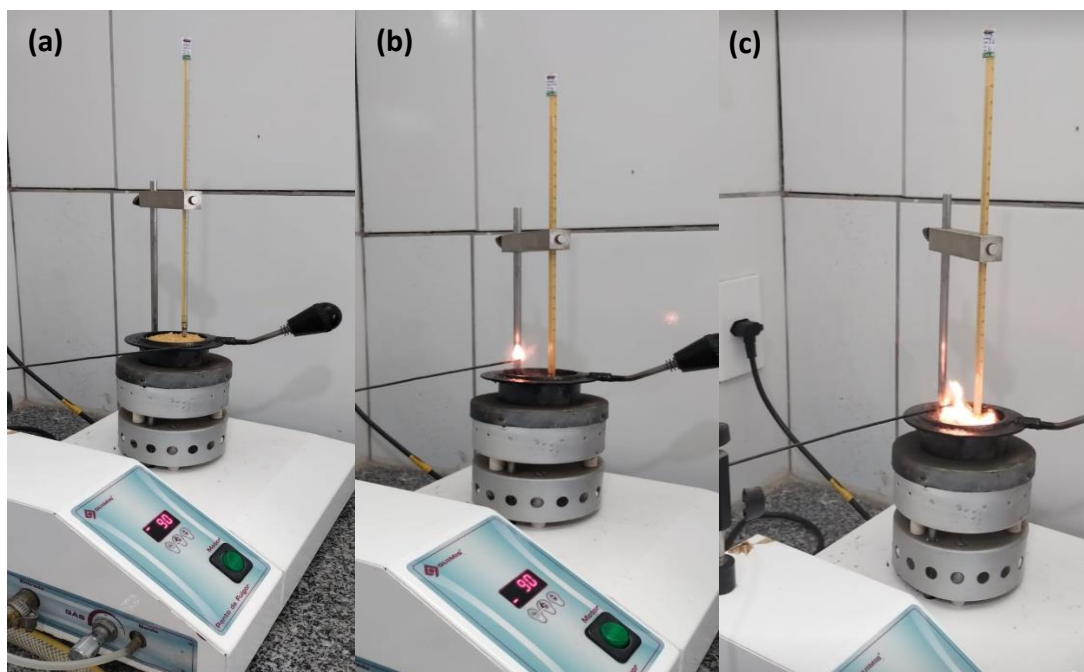
Fonte: Autoria própria, 2024.

5.2.4 Ponto de fulgor

Neste teste é utilizado um aparelho de Cleveland. Certifica-se que todas as partes do aparelho estejam limpas, secas e o aparelho deve ficar em local onde não tenha luz forte e nem corrente de ar.

A cuba do aparelho é preenchida com a amostra de cera até marcação limite da cuba (Figura 14a). Após a cera fundir, coloca-se um termômetro em posição vertical, com a extremidade do bulbo a 6 mm do ponto da cuba oposto à chama piloto do aparelho. A chama é acendida e regulada para aproximadamente 3 a 5 cm de diâmetro. Quando a amostra chega aos 270 °C a chama piloto é acionada, passando pelo centro da cuba em movimento circular horizontal. O centro da chama move-se da borda externa para o centro da cuba (Figura 14b).

O tempo de passagem da chama sobre a cuba deve ser o suficiente para visualizar o lampejo sobre a superfície da amostra. Quando este lampejo aparecer em qualquer ponto da superfície da amostra, deve-se anotar a temperatura mostrada no termômetro (Figura 14c). Esta temperatura é o ponto de fulgor.

Figura 14 – Determinação do ponto de fulgor

Fonte: Autoria própria, 2024.

O teste de fulgor é usado para determinar a temperatura mínima na qual uma substância líquida emite vapores suficientes para formar uma mistura inflamável no ar, inflamando caso exposta a uma fonte de ignição. Este teste é importante para a segurança no manuseio, transporte e armazenamento de substâncias, ajudando a identificar riscos de incêndios. As ceras de carnaúba possuem ponto de fulgor mínimo de 310 °C, indicando que possuem baixa inflamabilidade e segura para uso em aplicações que envolvam calor ou altas temperaturas.

5.2.5 Teor de cinzas

Inicialmente seca-se um cadinho de porcelana no forno mufla a 600 °C por 1 h e em seguida leva o mesmo para o dessecador por 1 h. Após este tempo o cadinho é pesado e sua massa inicial é anotada (PIC). Com o cadinho em cima da balança, a mesma é zerada. Coloca-se cerca de 2 g da amostra de cera no cadinho (Figura 15a) e anota a massa da amostra (PA). O cadinho com a amostra é levado para o forno mufla a 600 °C por 2 h. Após este período é retirado e levado para o dessecador por 1 h. Em seguida pesa-se o cadinho com a amostra novamente (Figura 15b) e anota-se a massa final (PFC). A determinação do teor de cinzas é feita através da Equação 4.

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{(PFC - PIC) * 100}{PA} \quad (4)$$

Onde:

PFC: é a massa final do cadinho com as cinzas (g);

PIC: é a massa inicial do cadinho (g);

PA: é a massa da amostra utilizada (g).

O teste de cinzas serve para medir a quantidade de substância residual não volatilizada de uma amostra. Nas ceras o teor máximo de cinzas é de 0,25%.

Figura 15 – Cadinho com amostra de cera antes e depois do teste



Fonte: Autoria própria, 2024.

5.2.6 Teor de materiais voláteis

Seca-se um cadinho de porcelana na estufa a 175 °C por 1 h e em seguida leva o mesmo para o dessecador por 1 h. Após este tempo o cadinho é pesado e sua massa inicial é anotada (PIC). Com o cadinho em cima da balança, a mesma é zerada. Coloca-se cerca de 5 g da amostra de cera no cadinho (Figura 16a) e anota a massa da amostra (PA). O cadinho com a amostra é levado para a estufa a 175 °C por 4 h. Após este período é retirado e levado para o dessecador por 1 h. Em seguida pesa-se o cadinho com a amostra novamente (Figura 16b) e anota-se a massa final (PFC). A determinação do teor de materiais voláteis é feita através da Equação 5.

$$\% \text{ Materiais voláteis} = \frac{(PA - P2) * 100}{PA} \quad (5)$$

Onde:

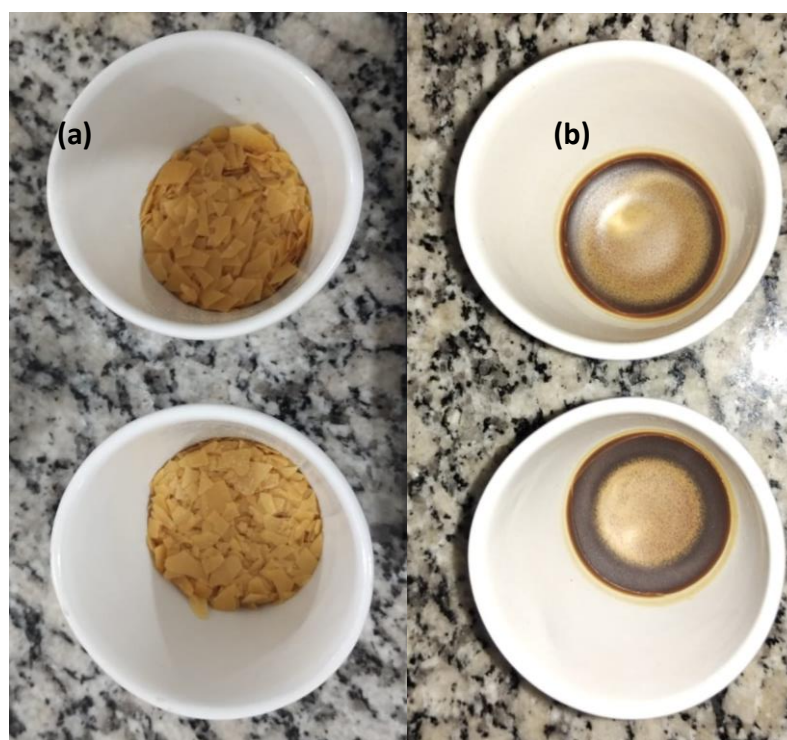
PA: é o peso da amostra de cera utilizada (g);

P2: PFC – PIC (g);

PFC: é a massa final do cadinho com a amostra ao final (g).

O teste de materiais voláteis serve para medir a quantidade de substâncias que podem evaporar ou se decompor quando a cera é aquecida a uma determinada temperatura. Quanto menor o teor de materiais voláteis, mais estável e de melhor qualidade é a cera. Para ceras do tipo I, o teor máximo de matérias voláteis é de 0,6% e para ceras tipo III e IV é de 1%.

Figura 16 – Cera antes e depois do teste de teor de materias voláteis



Fonte: Autoria própria, 2024.

5.2.7 Teor de umidade

Um cadinho de porcelana é secado na estufa a 105 °C por 1 h e em seguida leva o mesmo para o dessecador por 1 h. Após este tempo o cadinho é pesado e sua massa inicial é anotada (PIC). Com o cadinho em cima da balança, a mesma é zerada. Coloca-se cerca de 5 g da amostra de cera no cadinho e anota a massa da amostra (PA). O cadinho com a amostra é levado para a

estufa a 105 °C por 4 h. Após este período é retirado e levado para o dessecador por 1 h. Em seguida pesa-se o cadinho com a amostra novamente e anota-se a massa final (PFC). A determinação do teor de umidade é feita através da Equação 8 (ver tópico 5.2.6).

A determinação do teor de umidade na cera tem o objetivo de medir a quantidade de água presente na cera. Embora a cera seja hidrofóbica, pequenas quantidades de água podem estar presentes devido ao processo de produção e armazenamento ou manipulação. Este teste é importante no controle de qualidade da cera, uma vez que a presença de umidade nesta pode afetar sua qualidade e desempenho. O teor de umidade máximo para ceras do tipo I é de 0,5% e para ceras tipo III e IV é de 1%.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises de matéria-prima e produto acabado realizadas durante o estágio, foi possível avaliar os parâmetros de qualidade da cera de carnaúba e identificar se as ceras produzidas na Agrocera estavam dentro das especificações exigidas pelos órgãos regulamentadores. Esse monitoramento demonstrou a conformidade do produto com as especificações regulamentares, essenciais para assegurar a eficiência operacional, a sustentabilidade e a credibilidade da marca. As análises tem o objetivo de garantir a qualidade e padronização do produto, proporcionando aos consumidores um produto de alta qualidade e isento de fraudes.

O estágio na Agrocera permitiu relacionar a teoria vista na universidade com a prática industrial. Processos estudados em escala de bancada, como a extração sólido-líquido, puderam ser observados em uma dimensão industrial, enriquecendo a compreensão sobre a aplicação prática dos conceitos. Foi possível também ter uma visão mais clara sobre o funcionamento de uma indústria, a importância do controle de qualidade e o quanto o ambiente empresarial é importante para o desenvolvimento de habilidades essenciais para um profissional como, por exemplo, o trabalho em equipe, a capacidade de resolver problemas e tomar decisões rápidas e eficazes.

7 REFERÊNCIAS

AGROCERA. Hazard Analysis Critical Control Point. Processing of Carnauba Wax. 2022.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. Cadeia Produtiva da Carnaúba – Manual de boas práticas. 2019. Disponível em: <https://issuu.com/acaatinga/docs/manual_cadeia_produtiva_da_carnauba> Acesso em: 16 out. 2024.

BARBOSA, A. S. M. Estudo do processo de produção de cera vegetal do tipo I na indústria Agrocera – Russas/CE. 2018. 24 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Química, 2018.

COELHO FILHO, A. C. A. Extração sólido-líquido a quente de lipídios de alimentos industrializados. 2015. 30 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas – Campus de Poços de Caldas, MG, 2015.

D’ALVA, O. A. O extrativismo da carnaúba no Ceará. 2004. 193 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2004.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al.*. Utilidades e a importância econômica da Copernicia prunifera para o Rio Grande do Norte: uma espécie em extinção. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), p. 5065-5088. 2021.

FREITAS, C. A. S. *et. al.* Carnauba Wax uses in food – A review. *Food Chemistry*, 291 (2019), p. 38-48.

GERHARDT ANALYTICAL SYSTEMS. Métodos de extracción em el análisis de grasa, 2024. Disponível em: <<https://www.gerhardt.de/es/know-how/metodos-analiticos/metodos-de-extraccion-en-el-analisis-de-grasas/>> Acesso em: 16 out. 2024.

PINHEIRO, D. M. L. Estudo do processo de produção de cera vegetal do tipo IV na indústria Agrocera – Russas/CE. 2018. 31 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Química, 2018.

PINHO, M. P. Avaliação do controle de qualidade da cera de carnaúba. 2021. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de química, Fortaleza, 2021.

TOLEDO, J. C. *et. al.* Qualidade na indústria agroalimentar: situação atual e perspectivas. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo. v. 40, n. 2, p. 90-101, abr/jun. 2000.