



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Isadora Tormin Puga**

**OBTENÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS A  
PARTIR DA CASCA DO FRUTO DO JATOBÁ**  
*(Hymenaea courbaril)*

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Brasília – DF**

**1.º/2015**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Isadora Tormin Puga**

**OBTENÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS A  
PARTIR DA CASCA DO FRUTO DO JATOBÁ**  
*(Hymenaea courbaril)*

Trabalho de Conclusão de Curso em Química Tecnológica apresentada ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Química Tecnológica.

**Orientadora: Profa. Andressa Regina Vasques Mendonça**

**Co-orientador: Prof. Brenno Amaro da Silveira Neto**

**1.º/2015**

## *EPÍGRAFE*

"Os químicos são uma estranha classe de mortais, impelidos por um impulso quase insano a procurar seus prazeres em meio a fumaça e vapor, fuligem e chamas, venenos e pobreza, e, no entanto, entre todos esses males, tenho a impressão de viver tão agradavelmente que preferiria morrer a trocar de lugar com o rei da Pérsia."

Johann Joachim Becher

## *AGRADECIMENTOS*

Primeiramente a Deus, por me abençoar com saúde e sabedoria para percorrer todo o caminho até aqui.

Aos meus pais, Teresa Cristina e Alaor, e minha família, que são minha base e estrutura e que me incentivaram e me apoiaram durante toda a minha vida acadêmica.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo apoio, auxílio, encorajamento e compreensão durante toda a execução deste trabalho.

Ao meu cunhado, Gustavo, por toda ajuda, paciência e tempo dedicados a mim.

À minha querida orientadora Andressa Regina Vasques Mendonça, por todo o apoio, ajuda, confiança, determinação e empenho em um projeto completamente novo para nós duas.

Ao meu co-orientador, Brenno Amaro da Silveira Neto, por ter estado ao meu lado desde o princípio da minha jornada científica, sempre colaborando para o meu crescimento.

À toda a equipe do LaQuiMet, que me acompanha há muito tempo e sempre demonstraram solidariedade, gentileza e atenção.

Ao professor Fernando Fabríz Sodré e toda a equipe da Central Analítica, em especial ao Bruno Gastão, pela solicitude e auxílio na realização das análises e esclarecimento de dúvidas.

Aos professores Floriano Pastore Júnior e José Joaquin Linares León, por terem aceitado participar da banca do presente trabalho e pelo apoio concedido a mim.

## *SUMÁRIO*

Lista de tabelas.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Equações.....	ix
Simbologia e nomenclatura.....	x
1 Introdução .....	12
2 Revisão da literatura .....	14
2.1 Aproveitamento de resíduos agroindustriais.....	14
2.2 Aplicações dos produtos naturais .....	16
2.2.1 Técnicas para obtenção de produtos naturais a partir de cascas .....	17
2.3 Jatobá .....	19
3 Metodologia .....	21
3.1 Hidrodestilação .....	22
3.1.1 Extração líquido-líquido .....	23
3.1.2 Remoção do solvente .....	24
3.1.3 Coluna cromatográfica.....	25
3.2 Extração sólido-líquido.....	26
3.3 Análises por cromatografia gasosa .....	26
3.4 Proposta para comunidade do entorno e análise de viabilidade econômica .....	26
4 Resultados e discussão.....	28
4.1 Teor de umidade .....	28
4.1.1 Hidrodestilação .....	28
4.1.2 Extração sólido-líquido.....	30
4.1.3 Análises por cromatografia gasosa .....	33
4.2 Proposta para comunidade do entorno do DF.....	36
4.2.1 Estudo de viabilidade econômica .....	37
5 Conclusão.....	42
Referências.....	44

Anexos .....	51
Anexo 1: Memorial de cálculos .....	52
Teor de umidade .....	52
Rendimentos .....	53
Cálculo do custo da energia elétrica .....	54
Anexo 2: Cromatograma do produto da hidrodestilação (fração H1) .....	55

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Teor de umidade presente na amostra da casca do fruto do Jatobá in natura.....	28
<b>Tabela 2:</b> Rendimentos de óleo essencial obtidos através de hidrodestilação.....	29
<b>Tabela 3:</b> Componentes presentes em maior quantidade nas amostras analisadas, com destaque para compostos que apresentam mais de 90% de similaridade com a biblioteca disponível no CG-MS.....	34
<b>Tabela 4:</b> Dados técnicos da bomba hidráulica periférica adaptados do sítio eletrônico da empresa Intech Machine.....	38
<b>Tabela 5:</b> Investimento inicial para implantar o processo de extração do óleo essencial.....	39
<b>Tabela 6:</b> Análise financeira.....	40

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fluxograma metodológico.....	21
<b>Figura 2:</b> (A) Desenho esquemático de um sistema de hidrodestilação simples (B) sistema montado em laboratório para a hidrodestilação.....	23
<b>Figura 3:</b> (A) Esquema de extração líquido-líquido utilizando funil de decantação. (B) Extração líquido-líquido realizada em laboratório.....	24
<b>Figura 4:</b> Produto da hidrodestilação natural (A) e sob iluminação UV (B).....	29
<b>Figura 5:</b> Produto da hidrodestilação solubilizado em acetato de etila.....	29
<b>Figura 6:</b> Frações da hidrodestilação (H1-H6) e produto bruto da hidrodestilação (H), em iluminação natural e sob iluminação UV.....	30
<b>Figura 7:</b> Produto da extração sólido-líquido realizada com etanol após a filtração (A) e após a evaporação do solvente (B).....	31
<b>Figura 8:</b> Produto da extração sólido líquido solubilizado em acetato de etila.....	31
<b>Figura 9:</b> Frações da extração com Etanol (E1-E6), em iluminação natural e sob iluminação UV.....	32
<b>Figura 10:</b> Frações da extração com Etanol (E7-E11), em iluminação natural e sob iluminação UV.....	32
<b>Figura 11:</b> Hidrodestilador de cobre - The Essencial Oil Company.....	36



## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1:</b> Cálculo do teor de umidade.....	22
<b>Equação 2:</b> Cálculo de rendimento.....	25
<b>Equação 3:</b> Cálculo do custo de energia elétrica.....	27
<b>Equação 4:</b> Cálculo do montante final após aplicados os juros.....	27
<b>Equação 5:</b> Cálculo do lucro bruto.....	27

## **SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA**

R – Rendimento (%)

$M_f$  – Massa final de produto (g)

$M_i$  – Massa inicial de produto (g)

P – Custo (R\$)

C – Consumo do aparelho utilizado (kW/h)

T – Tarifa aplicada pela companhia elétrica (R\$/kWh)

t – Tempo que o aparelho permanece em uso (h)

M – Montante (R\$)

Cap – Capital (R\$)

## Resumo

O Jatobá (*Hymenaea Courbaril*) é uma árvore nativa do cerrado e que possui diversas aplicações para seus insumos, como madeira e frutos. A casca do fruto do Jatobá é atualmente considerada como lixo. A partir dos contextos de redução de resíduos e sustentabilidade, este trabalho teve como objetivo extrair produtos naturais utilizando a casca do fruto do Jatobá como matéria prima. Para isto, diversas técnicas de extração foram estudadas e foram empregadas a hidrodestilação e a extração sólido-líquido, ambas técnicas de baixo custo e simples execução. A hidrodestilação resultou em um rendimento de 0,1325% de óleo essencial extraído e a extração realizada com Etanol gerou um rendimento de 8,87% de produto bruto. Análises realizadas por GC-MS revelaram a presença de compostos encontrados em uma variedade de outros óleos essenciais e produtos de origem natural, embora ainda seja necessário desenvolver um método ideal para a análise dos produtos obtidos. Foi realizado também um estudo de viabilidade econômica para a implantação da hidrodestilação em uma comunidade do entorno do DF, mostrando que a extração e venda do produto obtido são viáveis economicamente, gerando uma fonte de renda extra para os moradores da comunidade.

**Palavras-chave:** Jatobá, hidrodestilação, extração sólido-líquido, produtos naturais.

# 1 INTRODUÇÃO

Providenciar um destino adequado para o lixo de origem tanto urbano quanto agrícola tem sido uma das maiores preocupações da sociedade em busca da sustentabilidade. A exploração agroindustrial traz benefícios e avanços para o desenvolvimento, entretanto, a quantidade de resíduos gerada é cada vez maior e não possui uma destinação propícia. É necessário reduzir a quantidade de lixo gerado e prover o tratamento adequado a cada tipo de lixo antes de descartá-lo no meio ambiente.

Resíduos agroindustriais são todos aqueles provenientes da prática agrícola ou industrial, como folhas, raízes, talos, cascas, bagaço, sementes, palhas, etc. Estes resíduos possuem grande potencial econômico e podem ser aproveitados para outras finalidades além daquelas para que são utilizados os produtos principais, ou seja, convertendo a biomassa que outrora seria chamada de lixo em matéria prima para geração de combustíveis, energia e insumos químicos<sup>1</sup>.

O jatobá é uma espécie recomendada para a recuperação de áreas degradadas e se torna apta para isto devido a sua grande procura pela fauna. Mas as aplicações mais comuns desta árvore vão além, sendo utilizada para arborização urbana, para extração da madeira, obtenção de corantes, uso na medicina e também para fins alimentícios, já que possui frutos ricos em nutrientes. A madeira do Jatobá também é considerada de boa qualidade para utilização como lenha e carvão vegetal devido a sua boa capacidade calorífica. Contudo, não há aplicações para a casca do fruto, porção esta que representa mais de 50% do peso total do fruto e que gera uma grande quantidade de resíduos. A grande quantidade de casca torna viável a pesquisa por melhores aplicações deste material, que pode ser utilizado como carvão, substrato de mudas ou como matéria prima para outras indústrias, tais como cosmética e farmacêutica.<sup>2, 3, 4</sup>

A extração de produtos naturais atualmente ocorre de diversas formas que devem ser estudadas cautelosamente para cada produto vegetal empregado. A seleção de um método de extração envolvendo matérias primas naturais deve levar em consideração o produto que se deseja obter ao final da extração, a finalidade prevista para cada um destes produtos, o custo

do processo, a possível interação de solventes e reagentes com os produtos para evitar a formação de impurezas, a simplicidade e celeridade do método e o rendimento que pode ser obtido se for favorável após uma análise de custo benefício.

Assim, combinando os ideais de preservação da biodiversidade por meio da redução de resíduos liberados no meio ambiente, com o avanço das descobertas tecnológicas e a crescente demanda por produtos de origem natural, este trabalho teve como meta realizar a extração de produtos naturais a partir da casca do fruto do Jatobá. E, para atingir este objetivo, técnicas de extração de baixo custo e fácil acesso foram utilizadas. A obtenção dos produtos naturais foi realizada por meio do processo de hidrodestilação, visando extrair componentes voláteis, mais apolares e o óleo essencial, e também por extração, utilizando solvente orgânico, visando obter dos compostos mais polares que não podem ser extraídos somente com a água.

O trabalho teve por objetivos específicos a verificação da existência de potencial econômico na casca do fruto do Jatobá, bem como apurar quais produtos poderiam ser extraídos a partir dela. Outro objetivo foi selecionar métodos de fácil acesso para que as extrações pudessem ser realizadas facilmente de acordo com a necessidade de quem se propuser a realizar o processo. Investigar as características e aplicações dos produtos obtidos também foram objetivos desta pesquisa.

Após pesquisa teórica realizada acerca do assunto abordado neste trabalho, procedeu-se com trabalho laboratorial, testando as técnicas de extração selecionadas e modificando metodologias visando encontrar os melhores parâmetros de processo.

De posse dos rendimentos obtidos, foi realizado um *scale up* dos procedimentos de extração visando sua aplicação em escalas semi-artesanal e/ou industriais. Um pequeno projeto de extração foi sugerido para uma comunidade do entorno do DF, para que os moradores possam comercializar o extrato, gerando assim uma fonte de renda para a comunidade. Para realização deste projeto, foi realizada uma análise de custo, levando em consideração todos os custos de produção e valores prováveis de venda do extrato obtido.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Aproveitamento de resíduos agroindustriais

A preocupação com o meio ambiente é crescente em toda a sociedade e acaba por atingir diversos segmentos no mercado mundial. Este pensamento traz à tona a viabilização da criação de políticas de desenvolvimento industrial, de políticas de preservação ambiental, de novas leis, de regulamentos, de normas e da gestão agroindustrial que vem, não só para tentar diminuir a geração de resíduos de atividades industriais através da implantação de tecnologias limpas, mas para priorizar e instruir com relação ao gerenciamento destes resíduos, sejam eles agrícolas ou industriais. Muitas indústrias buscam hoje, com seus projetos de gestão, atingir a sustentabilidade, minimizando os impactos gerados por elas em seus ambientes.<sup>5, 6, 7</sup>

A diferença entre resíduos e lixo não é bem enfatizada, e estes dois conceitos acabam por se confundir. O lixo, usualmente confundido com resíduo sólido, é o que se deve ser descartado devido à sua completa falta de valor, necessitando de tratamento e disposição adequados. Já os resíduos, que podem ser sólidos, efluentes líquidos ou emissões gasosas, são aqueles que podem ser reaproveitados no processo produtivo como os próprios produtos ou como matéria prima para processos secundários. Os resíduos possuem alto valor agregado devido à presença de substâncias que possibilitam sua reutilização. Quando são reaproveitados em processos subsequentes, os resíduos são valorizados como matéria prima e passam a ser tratados subprodutos na cadeia de produção.<sup>5, 8, 9, 10</sup>

A geração de resíduos em processos agroindustriais é um fato agregado à cadeia produtiva e não pode ser evitado. Entretanto, medidas podem ser tomadas para minimizar esta produção e também para que estes resíduos possam ser aproveitados de maneiras mais adequadas. As características da matéria prima utilizada, o mercado exigente e a falta de informação acerca do destino correto dos resíduos são características que colaboram para o acúmulo e não aproveitamento destes. Ou seja, a falta de destino e tratamento adequados acaba por gerar perda de matéria prima que possa estar agregada aos resíduos descartados. O excesso de descarte também representa grande perda de energia e poluição ao meio ambiente, exigindo o emprego de tecnologias adequadas para minimizar estes efeitos.<sup>5, 6, 8, 10</sup>

Os resíduos sólidos de agroindústrias são aqueles provenientes de usinas sucroalcooleiras, matadouros e indústrias do processamento de carnes, frutas e hortaliças, indústria da celulose e papel, curtumes, etc. Dentre as atividades industriais que mais geram resíduos, encontra-se em destaque a indústria alimentícia, gerando resíduos tanto no grande desperdício de alimentos quanto no falta de aproveitamento integral destes, acarretando perda de valor econômico. Dentre os materiais descartados, estão grandes quantidades de cascas, sementes e outras partes que são removidas durante o tratamento das matérias primas para utilização, e, estes materiais, são fontes de proteínas, enzimas, óleos e outros constituintes que podem ser aproveitados em outros processos.<sup>5, 6, 8, 9, 11, 12</sup>

Aplicações mais conhecidas como reciclagem, compostagem e utilização para fertilização são importantes no gerenciamento e redução de resíduos, minimizando os impactos ao meio ambiente.<sup>5, 13, 14</sup>

Entretanto, ainda são conhecidas poucas alternativas para o aproveitamento de grande parte dos resíduos vegetais, e estes acabam sendo dispostos na natureza sem qualquer tipo de tratamento e utilizados, no máximo, como fertilizantes.<sup>6, 8, 13</sup>

Atualmente, existem numerosas pesquisas em andamento visando a reutilização de resíduos agroindustriais, procurando novas formas de transformá-los em produtos ou novas matérias primas com valor agregado. Um segmento bastante conhecido e que é alvo de muitos trabalhos, é a utilização de resíduos para fins de alimentação, tanto humana quanto animal.<sup>5, 7, 8, 9, 11, 13, 15</sup>

O aproveitamento de substratos para fins energéticos também é uma área em crescente desenvolvimento e que aumenta as iniciativas pela busca de novas fontes alternativas de combustíveis.<sup>1, 5, 6, 12, 16, 17</sup>

Outras aplicações também merecem destaque como a utilização de resíduos para a produção de bioinseticidas, substituição de silagem tradicional por silagem com resíduos e a utilização das cinzas da queima destes resíduos como aditivos minerais na produção de compósitos fibrosos e concreto leve.<sup>5, 18</sup>

A obtenção de produtos naturais secundários a partir destes resíduos é viável e é o objeto de estudo deste trabalho. Resíduos agroindustriais podem ser fonte de ácidos orgânicos, aminoácidos, compostos de aroma, compostos fenólicos, fitoesteróis, glicosídeos, monossacarídeos, ácidos graxos e metabólitos secundários como os óleos essenciais. É

necessário observar que para a obtenção de cada subprodutos é preciso encontrar a melhor técnica de extração a ser empregada.<sup>5, 6, 19</sup>

## **2.2 Aplicações dos produtos naturais**

As plantas produzem uma enorme variedade de produtos naturais com uma alta diversidade de estruturas. Estes produtos são geralmente chamados de metabólitos secundários em relação aos metabólitos primários, que são aqueles essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta. Os metabólitos secundários eram considerados, no passado, como produtos descartáveis, resíduos, sem função fisiológica para a planta. Entretanto, com a emergência do campo da química ecológica, aproximadamente 30 anos atrás, se tornou evidente que esses produtos têm um importante papel nas funções e interações das plantas e seus ambientes.<sup>20</sup>

Metabólitos secundários, com algumas exceções, ocorrem em quantidades que são menores do que 0,01% do peso da planta seca. A extração de 1 kg de material de planta seca, provavelmente gerará um rendimento de 100 mg de produto natural. Esses compostos podem ser instáveis e se apresentarem como parte de uma mistura complexa. O isolamento, a separação e a purificação destes produtos naturais requerem uma habilidade considerável.<sup>21</sup>

Muito além do conhecido, os produtos naturais têm diversas aplicações na sociedade, desempenhando papel de grande importância na cultura humana. Ao longo da história, foram utilizados como condimentos, pigmentos e farmacêuticos e, atualmente, o seu uso ganha destaque nos setores farmacêutico, cosmético, de agroindústria e na biorremediação.<sup>20, 22</sup>

Em seu trabalho, Enríquez (2001)<sup>22</sup> aponta os principais mercados consumidores de produtos naturais e suas aplicações:

- Setor Farmacêutico: é o maior potencial econômico da área e está ligado à descoberta de novas drogas provenientes diretamente da biodiversidade ou sintetizadas a partir de recursos biológicos e é altamente promissor.

- Agroindústria: a biotecnologia é aplicada diretamente sobre a produção de alimentos a fim de aumentar sua produtividade e qualidade, no controle da fixação de nitrogênio e no ramo de doenças e biopesticidas.

- Biorremediação: uso da biotecnologia para o combate da poluição da água, do ar e dos resíduos sólidos.



- Cosméticos: Óleos essenciais são matérias primas neste segmento desde a antiguidade, porém, as novas tecnologias vêm reduzindo o custo de produção deste tipo de produto. Os produtos mais citados em relação à potencialidade da região Amazônica do Brasil são óleos essenciais, alimentos, aromas, biopesticidas, bioprocessos, corantes, cosméticos, diagnósticos, enzimas, farmacêuticos, fermentação, melhoramento genético e vitaminas.

Um dos produtos obtidos a partir de fontes naturais são os corantes. Já os óleos essenciais são mais conhecidos e possuem diversas aplicações industriais. São muito utilizados devido a seus aromas diferenciados e adicionados a perfumes, cosméticos, sabonetes, desodorantes. Os óleos essenciais possuem propriedades farmacológicas conhecidas e são muito utilizados nesta indústria, puros ou como compostos de partida para outras substâncias, “como antibacterianos, analgésicos, sedativos, expectorantes, estimulantes e estomáquicos.”<sup>23</sup>

Os produtos naturais podem ser obtidos a partir do material biológico triturado por extração com solventes como éter, triclorometano, acetato de etila ou metanol. Vários solventes com polaridades crescentes podem ser utilizados. O material lipídico (composto por ceras, ácidos graxos, esteróis, carotenoides e terpenóides simples) pode ser extraído com solventes não polares como éter, entretanto, substâncias mais polares como os alcaloides e glicosídeos são extraídas com Etanol, Metanol aquoso ou até água quente.<sup>21</sup>

Devido a sua simplicidade extração, a exploração dos óleos essenciais pode ser feita em indústrias semi-artesanalais. Muitas vezes, a separação dos componentes da mistura extraída das plantas é feita por meio de destilação fracionada ou cromatografia e a identificação destes componentes é realizada com a aplicação de diferentes técnicas analíticas.<sup>23</sup>

Para a extração de produtos naturais, são utilizadas grandes quantidades de matéria prima (em escala comercial) e existem vários métodos conhecidos, a maioria deles aplicados para a obtenção de óleos essenciais. Os mais utilizados são Destilação a vapor, enfleurage, fluidos supercríticos, hidrodestilação, prensagem a frio, solventes e turbodestilação.<sup>21, 24, 25</sup>

### **2.2.1 Técnicas para obtenção de produtos naturais a partir de cascas**

Foi identificada na literatura uma diversidade de métodos para a extração de produtos naturais, caracterizando mais de uma maneira de se obter o mesmo extrato, de acordo com a necessidade e disponibilidade de recursos. Várias partes das plantas podem ser utilizadas para

a obtenção de diferentes produtos, sendo assim, foram pesquisadas as metodologias mais empregadas no processo de extração utilizando as cascas dos frutos.

Para extrações de produtos de cascas de laranja, Chen, et al. (2014)<sup>26</sup> utilizaram o método de hidrodestilação, logo após o preparo das amostras por meio de secagem e moagem. Aplicando método semelhante, Gómez, et al. (2013)<sup>27</sup> utilizou a casca de limão extraíndo seus componentes pelo processo de lavagem com água. O método de extração utilizando soluções ácidas de Etanol, Metanol e água, foi utilizado na obtenção de extratos das cascas de jaboticaba por Silva (2010)<sup>28</sup> e de frutas nativas da Colômbia por Contreras-Calderón, et al. (2011)<sup>29</sup>. Também foram realizados trabalhos utilizando éter na extração a partir de cascas de laranja-azeda por Siskos, et al. (2008)<sup>30</sup> e soluções de acetona e água por Fattouch, et al. (2008)<sup>31</sup> para a extração das cascas de peras, maçãs e marmelos. Já a casca da laranja calamondin foi trabalhada por Moshonas e Shaw (1996)<sup>32</sup> utilizando extração com hexano.

Duas técnicas utilizadas com frequência e que se assemelham bastante são a hidrodestilação e a destilação por arraste a vapor. Suas diferenças foram apontadas no trabalho de Oliveira (2012)<sup>33</sup>. No método da hidrodestilação o material a ser extraído fica em contato direto com a água, que é aquecida até o ponto de ebulição. Os vapores arrastam os compostos voláteis juntamente com a água e, quando entram em contato com o condensador, retornam à fase líquida e são coletados em um frasco receptor. Esta prática é comumente realizada em fogo direto e neste processo as misturas são destiladas em temperaturas inferiores aos seus pontos de ebulição originais. Uma variação da hidrodestilação é a coobação, que consiste em um método utilizando vidraria especial para que se possa recuperar o solvente (água) ao final da destilação. Este método é vastamente empregado quando o objetivo é a extração de óleos essenciais e a duração do processo varia de acordo com a espécie, quantidade de matéria prima a ser extraída e condições físicas do material.<sup>34, 35, 36, 37,</sup>

38

Já a destilação por arraste a vapor se caracteriza por ser uma operação unitária de grande simplicidade, e se baseia na diferença de volatilidade de cada componente presente no material estudado. Neste método, o material natural é colocado sobre uma superfície perfurada, localizada acima do recipiente onde a água é armazenada e sem que entrem em contato. A água é aquecida e, quando entra em ebulição, o vapor passa através da matéria prima arrastando consigo o óleo essencial. O vapor pode ser oriundo de outras fontes, como caldeiras e autoclaves. Durante este tipo de extração, ocorrem processos de transferência de

massa dos tipos sólido para líquido (quando os componentes voláteis saem da planta e se transferem para a água), líquido para gás (quando os componentes evaporam), gás para líquido (quando o vapor se condensa) e líquido para líquido (quando ocorre de a concentração do óleo ser grande suficiente para que este se separe da água no produto final). Existe também a possibilidade de realizar a destilação por arraste a vapor combinada com extração por solvente.<sup>23, 39, 40, 41; 42, 43</sup>

A extração sólido-líquido é uma operação unitária empregada em casos onde se deseja extrair um componente de uma fase sólida e, para isto, utiliza-se uma fase líquida. Ao se dissolver o soluto no solvente, é produzida uma solução onde haverá interação entre as fases e ocorrerá uma transferência de massa entre elas. Utilizando o método da extração sólido-líquido, a preparação de extratos pode ser feita de três maneiras: percolação (método de extração a frio), extrator de Soxhlet (método de extração a quente) ou ácido-base. Para a extração de compostos naturais, as técnicas que envolvem solventes orgânicos são frequentemente utilizadas. A extração via percolação é o processo que costuma ser utilizado pois apresenta menor risco de reações químicas e formação de produtos, causados pela ação combinada entre solventes e temperaturas elevadas como acontece no caso da extração de Soxhlet. Para uma única extração, a recomendação é de que se utilizem solventes polares como Metanol e Etanol; quando a extração ocorre mais de uma vez, três tipos de solventes são utilizados: apolar (Hexano ou éter de petróleo), de polaridade moderada ( $\text{CHCl}_3$  ou  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) e polar (MeOH ou EtOH). Entretanto, visando obedecer a normas internacionais que não aprovam o uso frequente de solventes clorados, a extração em uma única etapa é a mais recomendada. Evidencia-se aqui que, devido a grande diferença de polaridade e a outros fatores de interações moleculares, não há um solvente que possa extrair, de forma satisfatória, todos os compostos de uma determinada planta.<sup>44, 45</sup>

### **2.3 Jatobá**

O Jatobá pertence à família das leguminosas, que é muito variada e se espalha ao redor do planeta, preferindo áreas tropicais e subtropicais, e segue o padrão estrutural das plantas dessa família. O fruto do Jatobá se apresenta em forma de vagem, alongado e arredondado, medindo aproximadamente de 8 a 15 cm de comprimento e de 4 a 5 cm de largura. É grosso, coriáceo e sublenhoso, indeiscente e apresenta coloração castanha e de casca brilhante. Cada

fruto pode conter de três a seis sementes e a polpa é amarelada, seca e farinácea, comestível e doce.<sup>23, 46</sup>

O Jatobá é costumeiramente encontrado em terrenos secos e de baixa fertilidade química, argilas, em terra firme ou em planícies nos arredores de fontes de água. Por ser tão adaptável, esta espécie é encontrada em diversas regiões do Brasil e, principalmente no cerrado. Sua colheita se dá nos períodos de outubro e novembro, quando os frutos maduros se apresentam.<sup>3, 46, 47</sup>

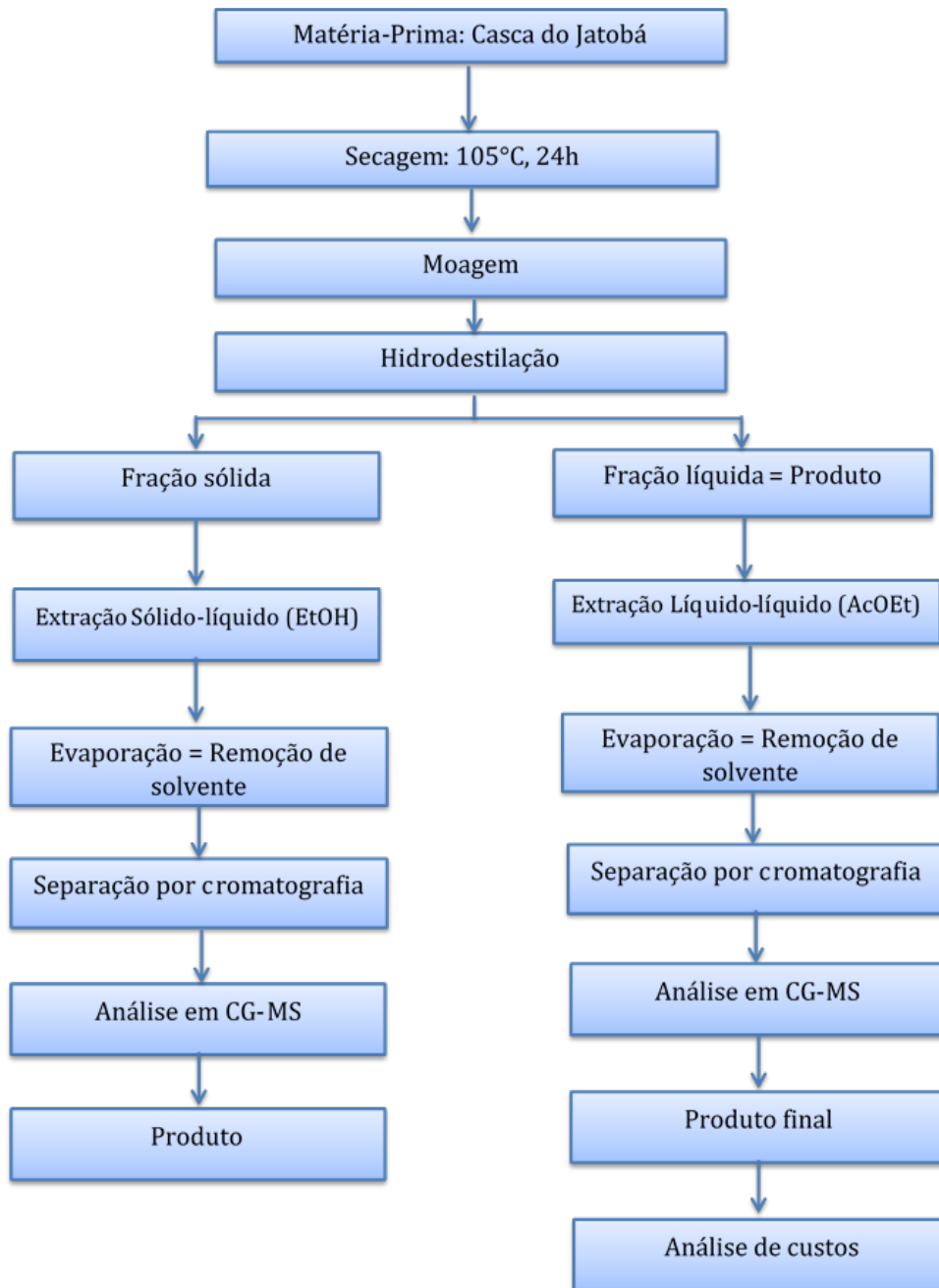
Os frutos do Jatobá são comestíveis e bastante apreciados pela população. A partir dos frutos, também é produzida uma farinha que tem sido muito aproveitada de diversas maneiras na culinária brasileira, como, por exemplo, na produção de *cookies* integrais. Sua madeira é valorizada nos ramos de construção civil, naval, carpintaria e marcenaria devido a propriedades como alta resistência física e boa conservação quando em contato com condições climáticas drásticas. Além da madeira, a resina e a casca do tronco também são alternativas exploráveis. O Jatobá é considerado uma árvore ornamental, própria para paisagismo urbano, e também considerada apta para reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.<sup>2, 3, 46, 48</sup>

O Jatobá também possui uma grande influência na medicina regional, sendo utilizado no tratamento de problemas renais, anemia, inflamações de garganta e outras enfermidades relacionadas ao sistema respiratório como bronquite e asma. Também na medicina local, o Jatobá é utilizado como anódino, antisséptico, expectorante, laxante, purgante, sedativo, estimulante e tônico. O chá da casca da árvore é recomendado em casos de diarreia, disenteria e cólicas intestinais.<sup>49, 50</sup>

Estas crenças e usos culturais do Jatobá, para fins medicinais, se devem a presença de diterpenos, sesquiterpenos, compostos fenólicos (como flavonoides) e oligossacarídeos. Já foi detectada, na casca da árvore, a presença de atividade inibidora da 5-lipoxigenase. Baseados na presença destes compostos, estudos científicos afirmam que o Jatobá apresenta potencial antioxidante, miorelaxante e anti-inflamatório, embasando a aplicação desta planta no uso da medicina caseira. Devido a presença de um componente chamado catequina, o Jatobá tem sido utilizado também na indústria cosmética, apresentando efeitos hidratantes e clareadores de pele. Porém, não foi encontrado nenhum estudo referente à casca do fruto do Jatobá e nenhuma pesquisa que trate da produção anual do mesmo.<sup>49, 50</sup>

### 3 METODOLOGIA

A parte experimental foi realizada seguindo o fluxograma metodológico apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Fluxograma metodológico.

As cascas foram fornecidas para o Campus Planaltina da UnB pela comunidade Monjolo (Assentamento Márcia Cordeiro Leite), localizada nos arredores de Brasília, em uma região compreendida pela RA-VI (Planaltina). A Universidade de Brasília realiza um projeto em conjunto com a comunidade a qual cedeu as cascas para a realização deste trabalho.

O preparo da amostra foi realizado em duas etapas. Primeiramente, aproximadamente 5 kg de casca do fruto do Jatobá foram reunidos e armazenados. Estas cascas foram submetidas a um processo de secagem, para que se pudesse determinar o teor de umidade presente na casca em sua forma natural, segundo método apresentado por Brasil (2009)<sup>51</sup>. Para isto, uma determinada quantidade de casca foi pesada em uma balança analítica, devidamente tarada, e colocada em estufa a 105 °C por um período de 24 h. Decorrido este tempo, a casca foi retirada da estufa e disposta em um dessecador. Foi, então, realizada uma segunda pesagem da amostra para fins de comparação com o peso inicial, realizando a determinação do teor de umidade presente na casca *in natura*, e os resultados foram expressos em forma de porcentagem. Para realizar o cálculo da porcentagem de água presente na amostra, utilizou-se a Equação 1.<sup>52</sup>

$$Umidade (\%) = \frac{Peso\ inicial - Peso\ final}{Peso\ inicial - tara\ da\ balança} \times 100 \quad (1)$$

Após este procedimento, realizou-se a trituração da casca. O objetivo desta etapa foi realizar a diminuição do tamanho das partículas da matéria prima para que a superfície de contato da casca com os solventes e, também, a sua solubilidade fossem aumentadas. Estas condições influenciam diretamente no tempo de reação necessário para a extração. Para a obtenção deste triturado, foi utilizado um moedor de café, da marca Arbel, com ajuste manual do tamanho do particulado obtido. Não foi considerada necessária uma especificidade no tamanho das partículas, visto que um padrão no tamanho dos sólidos não influencia diretamente no andamento dos processos ou nos resultados.<sup>34, 44, 45</sup>

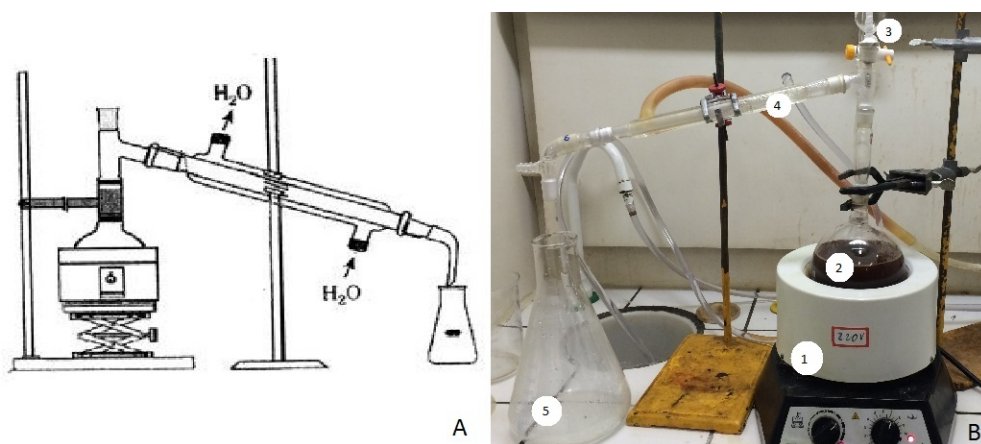
### 3.1 Hidrodestilação

Para a montagem do sistema de hidrodestilação foi utilizada uma manta de aquecimento e agitação, um bastão magnético (peixinho), um balão de 500 mL, um funil de adição, termômetro, condensador e um frasco coletor conforme apresentado na Figura 2.

Pesou-se 40 g da matéria prima já triturada e esta foi adicionada ao balão juntamente com 400 mL de água destilada e uma barra magnética. A proporção de água e sólido utilizada foi de 10:1 (solvente:sólido), baseada no trabalho descrito por Leitner et al.<sup>53</sup>. Devido ao grande volume de extrato remanescente do processo, uma segunda etapa de hidrodestilação também foi realizada, seguindo as mesmas proporções da etapa anterior, visando verificar a existência de mais produtos a serem extraídos. Assim, foi possível garantir a extração de todos os componentes da casca.

Após montado todo o sistema, a agitação foi acionada e a mistura foi aquecida até ponto de ebulição, que ocorreu a 97°C. Quando a fervura foi atingida a água iniciou o processo de evaporação, carregando consigo os componentes desejáveis na casca do Jatobá. O vapor, mais denso, subiu e entrou em contato com as paredes do condensador, já resfriadas por um fluxo constante de água. Enquanto passava pelo condensador, o vapor retornou a sua forma líquida e foi recolhido no frasco coletor posicionado ao final do sistema.

Ao longo do processo, o funil de adição foi utilizado para acrescentar mais água ao sistema ao passo que o volume interno diminuía, visto que o balão não suportaria todo o volume de líquido necessário para a realização da destilação nas proporções adotadas.



**Figura 2:** (A) Desenho esquemático de um sistema de hidrodestilação simples (B) sistema montado em laboratório para a hidrodestilação. 1- Manta de aquecimento e agitação; 2- Balão de 500 mL; 3- Funil de adição e termômetro; 4- Condensador; 5- Frasco coletor (Erlenmeyer).

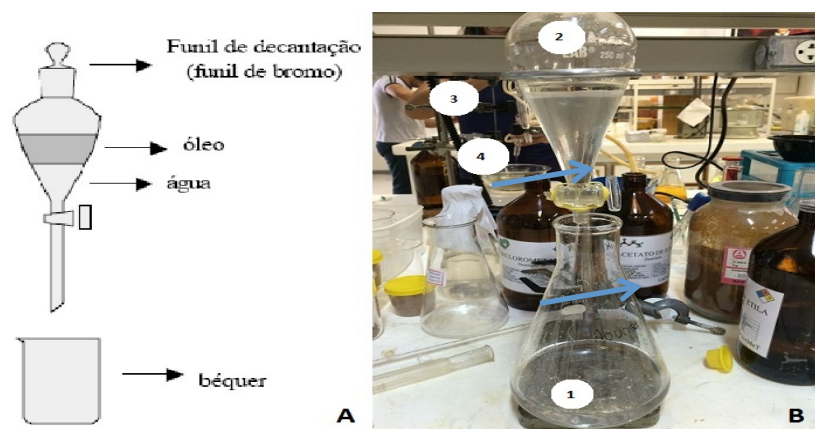
### 3.1.1 Extração líquido-líquido

Quando se realiza uma extração de produtos orgânicos utilizando a água como solvente principal ou único, é necessária a retirada desta água e incorporação do produto obtido em um solvente orgânico, que possa depois ser retirado para que ocorra a separação do

produto principal e isto foi feito através de uma extração líquido-líquido simples. Neste trabalho, um funil de decantação foi utilizado (Figura 3) e o solvente escolhido foi o acetato de etila.

O procedimento para a extração consistiu em adicionar o solvente à fase aquosa obtida na hidrodestilação, agitar a mistura e aguardar o equilíbrio e a separação das fases. A fase orgânica, que é a desejada, é mais densa e se posicionou acima da fase aquosa. Esta última foi retirada primeiramente, com a abertura da torneira, e após, descartada. A fase que contém o produto foi obtida em seguida. Para uma maior garantia da remoção do produto da fase aquosa, foram realizadas três lavagens com um total de 150 mL de solvente, ou seja, 50 mL em cada lavagem, seguindo o procedimento descrito.

Para eliminar qualquer resíduo de água que possa ter restado na fase orgânica, utilizou-se o sulfato de magnésio como agente secante. Após a adição do sulfato de magnésio na solução e absorção da água pelo mesmo, fez-se necessária a filtração desta mistura, para que o sólido fosse eliminado. A filtração foi realizada à vácuo em um kitassato com um funil de vidro e papel de filtro. Para garantir que nenhuma porção do produto seja perdida, foi realizada uma lavagem do frasco coletor e do filtro com acetato de etila.



**Figura 3:** (A) Esquema de extração líquido-líquido utilizando funil de decantação. (B) Extração líquido-líquido realizada em laboratório. 1- Frasco coletor (erlenmeyer); 2- Funil de decantação; 3- Fase orgânica; 4- Fase aquosa.

### 3.1.2 Remoção do solvente

Após a extração líquido-líquido, foi necessário remover da amostra o solvente orgânico utilizado, e esta remoção se deu através da evaporação em um rotaevaporador.



Para o cálculo do rendimento, o balão utilizado no aparelho foi pesado antes da adição da mistura e novamente foi pesado ao final do processo, obtendo-se, assim, a massa do produto. Para efetuar o cálculo utilizou-se a Equação 2, levando em consideração a relação peso/peso:

$$R = \frac{Mf}{Mi} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

$R$  = rendimento final (%)

$Mf$  = Massa final de produto (g)

$Mi$  = Massa inicial de matéria prima (g)

### 3.1.3 Coluna cromatográfica

Um produto natural é composto muitas vezes de dezenas ou até centenas de diferentes constituintes. Neste caso, é necessária a purificação da amostra, ou seja, a separação de seus componentes para que se possa obter cada componente isoladamente e analisá-los. Esta separação pode ser realizada de diversas maneiras, como através de destilação fracionada ou por métodos cromatográficos. O método da coluna cromatográfica é utilizado para analisar, identificar ou separar componentes de uma mistura e foi selecionado para este trabalho devido ao seu baixo custo, simplicidade de execução e celeridade do método.<sup>23; 34</sup>

A fase móvel da coluna cromatográfica foi escolhida de acordo com a polaridade, e no caso do presente trabalho, como a mistura inicial possuía um caráter mais apolar, escolheu-se a proporção de 5:1 de hexano:acetato de etila. A proporção do acetato de etila foi aumentada gradativamente, com o objetivo de se aumentar a polaridade da mistura.

O solvente foi então vertido, em fluxo contínuo e em quantidade suficiente para que ocorresse a separação entre os componentes na coluna e as amostras foram coletadas em tubos de ensaio e em quantidades similares em cada coleta. Os constituintes a serem separados foram eluídos separadamente de acordo com o seu grau de interação com as fases móvel e estacionária. Como os componentes recolhidos não apresentaram coloração então, a iluminação UV foi utilizada visando identificar a separação das manchas em um mesmo tubo de ensaio.<sup>54</sup>

Após este procedimento, realizou-se uma análise de cromatografia em camada delgada (TLC) com o conteúdo de cada tubo de ensaio. A TLC é realizada para que se possa verificar a presença de uma mesma espécie em vários tubos, para que seus conteúdos sejam reunidos, ou, ainda, a presença de mais de um componente em um mesmo tubo.

Para a realização da TLC, foi utilizada uma superfície de alumínio coberta com sílica gel como fase estacionária e, na fase móvel, uma mistura de hexano e acetato de etila na proporção de 1:1, seguindo o mesmo padrão da coluna cromatográfica.

### **3.2 Extração sólido-líquido**

Para a realização da extração, o solvente foi incorporado ao resíduo de casca, obedecendo a uma proporção de 3:1 (solvente : sólido). Adicionou-se 120 mL de etanol à casca e a mistura foi mantida em agitação constante por 24 horas e retirada após este período. A solução obtida foi submetida a processo de filtração com o auxílio de uma bomba de vácuo e a fase sólida foi, então, descartada. O líquido extraído passou pela evaporação do solvente para que se pudesse obter o produto seco.<sup>55</sup>

### **3.3 Análises por cromatografia gasosa**

Após realizadas as colunas cromatográficas dos produtos obtidos, cada fração obtida foi submetida à análise de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-MS) utilizando um cromatógrafo Shimadzu, modelo GCMS-QP2010 Plus, localizado na Central Analítica do Instituto de Química da Universidade de Brasília.

Tendo em vista que os produtos obtidos são desconhecidos devido à falta de trabalhos anteriores, foi selecionado um método utilizado em análises de substâncias luminescentes, sendo que foram observadas características luminescentes em ambos os produtos.

As amostras foram solubilizadas em quantidades iguais de acetato de etila e dispostas em frascos próprios para o aparelho.

### **3.4 Proposta para comunidade do entorno e análise de viabilidade econômica**

Pensando na comunidade que cedeu as cascas de Jatobá para estudos da Universidade, foi realizado um *scale-up* para que os moradores possam utilizar o que hoje são resíduos e

convertê-los em matéria prima para obtenção de produtos secundários. Foi proposto um processo de hidrodestilação em pequena escala e, com base na produção anual de Jatobá, foi realizada uma pesquisa dos hidrodestiladores disponíveis no mercado. Para a seleção do equipamento mais apropriado, levou-se em consideração a capacidade (em volume) de cada opção, o custo para compra, instalação e manutenção, o espaço físico ocupado pela aparelhagem, a forma de aquecimento utilizada e a facilidade de mobilidade, procurando adequar o instrumento aos propósitos da comunidade.

Para realizar a análise de viabilidade econômica, foram pesquisados os custos de todos os materiais necessários para a implantação do projeto. Isto é, pesquisou-se a melhor e mais econômica maneira que se poderia realizar os processos de secagem, extração, armazenagem e envase, garantindo um melhor custo benefício para o produto final. Além disso, também foi realizada pesquisa de prováveis valores de venda dos produtos no mercado, baseado na quantidade estimada de produção anual de produto. As análises e cálculos foram realizados com embasamento no livro de Martins (2003)<sup>56</sup>.

Para realizar os cálculos do custo de energia elétrica para o projeto, foi empregada a Equação 3, com base nos valores de consumo do aparelho escolhido e da tarifa da companhia elétrica local. Já para aplicar as taxas de inflação sobre os valores de despesas e receitas anuais, utilizou-se a Equação 4. Para efetuar os cálculos de lucros brutos com a venda do produto obtido, ou seja, sem contar com a dedução e impostos, a Equação 5 foi empregada.

$$P = \frac{C}{T} \times t \quad (3)$$

Onde:

P = Custo

C = Consumo do aparelho

T = Tarifa da companhia elétrica

t = tempo de uso do aparelho

$$M = Cap + (Cx0,06) \quad (4)$$

Onde:

M = Montante

Cap = Capital

$$Lucro = Receita - Custo \quad (5)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teor de umidade

Os resultados provenientes da secagem da amostra *in natura* da casca do Jatobá e do cálculo do teor de umidade utilizando a Equação 1 podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Teor de umidade presente na amostra da casca do fruto do Jatobá *in natura*.

Peso inicial (g)	Peso final (g)	Umidade (%)
5,09	4,60	9,49
5,00	4,52	9,59

A partir dos dados obtidos, foi possível concluir que a umidade média das cascas utilizadas para o presente estudo é de 9,54%. O teor de umidade da polpa também apresenta valores baixos, com registros que vão de 6,6% a 12,95%.<sup>2</sup>

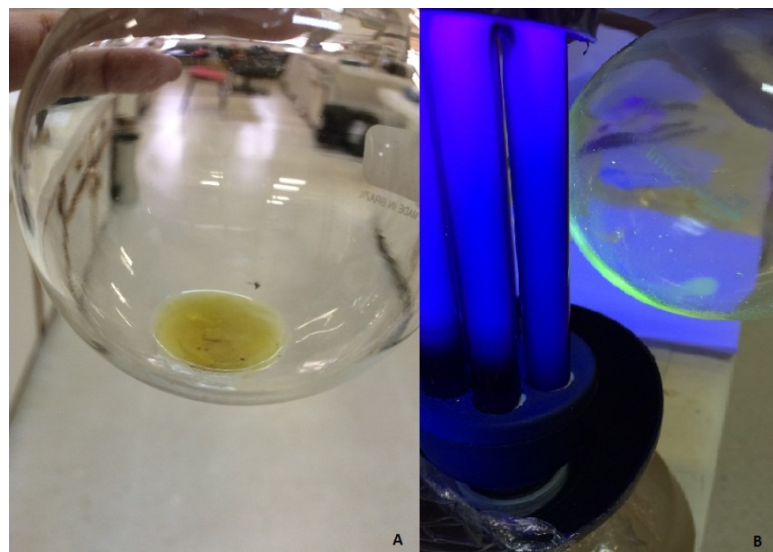
#### 4.1.1 Hidrodestilação

O produto obtido ao final da hidrodestilação apresentou características oleaginosas, cor amarela e apresentou propriedades luminescentes conforme se pode visualizar nas Figuras 4 e 5. A massa obtida de produto na primeira etapa foi de 0,037 g, gerando um rendimento de 0,0925 %. Na segunda etapa realizada, a massa obtida foi de 0,016 g, e o rendimento obtido foi de 0,04%, resultando em um rendimento final de 0,1325 % de óleo. Os rendimentos foram calculados com base na Equação 2, apresentada na metodologia.

Comparando os resultados obtidos aos rendimentos registrados de extração de óleos de outras espécies vegetais como, por exemplo, óleos de lavanda, manjerição e alecrim, verifica-se uma discreta queda de rendimento em relação à casca do fruto do Jatobá. Entretanto, quando comparado ao rendimento de óleos como o de patchouli e de eucalipto, a queda nos valores de rendimento é significativa. Estes dados podem ser visualizados na Tabela 2. Contudo, é necessário evidenciar que a casca é extremamente rígida e seca, o que é um indicativo de pouca presença de materiais oleoso em sua composição.<sup>35, 38, 57</sup>

**Tabela 2:** Rendimentos de óleo essencial obtidos através de hidrodestilação.

Matéria prima	Rendimento (%)
Casca do fruto do Jatobá	0,1325
Patchouli	4,6
Eucalipto	6,7
Lavanda	0,32
Manjeriçao	0,38
Alecrim	0,51



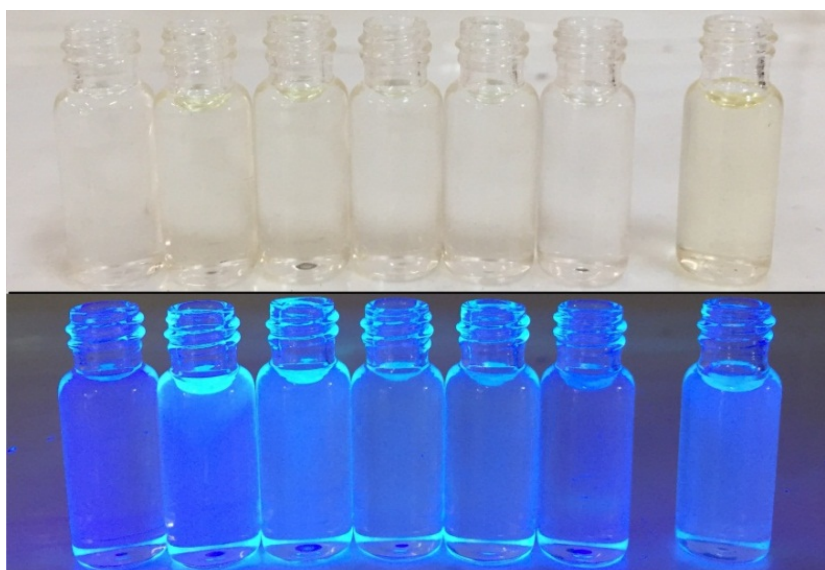
**Figura 4:** Produto da hidrodestilação natural (A) e sob iluminação UV (B).



**Figura 5:** Produto da hidrodestilação solubilizado em acetato de etila.

Após a realização da separação em coluna cromatográfica, foram identificadas, através da TLC, e isoladas seis diferentes frações (H1-H6) do produto obtido através da hidrodestilação. Todas as frações apresentaram características luminescentes (Figura 6).

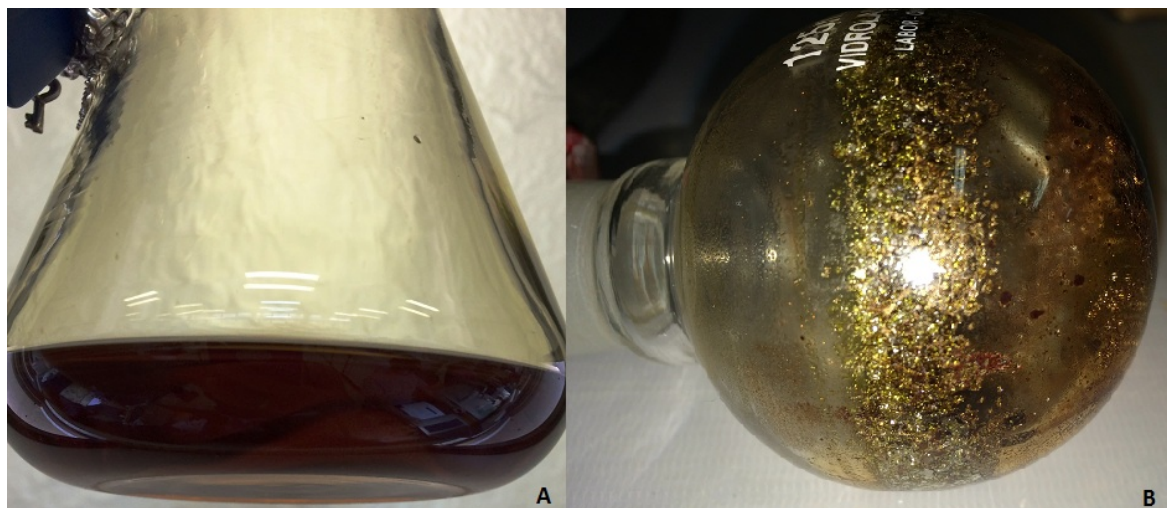
A luminescência é um processo de liberação de energia em forma de fótons. A forma varia de acordo com os diferentes tipos de excitação, o que se reflete na nomenclatura que pode ser foto-, eletro-, químio-, termo-, sono- ou triboluminescência. Na prática, a maior parte das excitações ocorre através de raios-x, raios catódicos e emissão ultravioleta. Materiais com propriedades luminescentes possuem diversas aplicações no cotidiano e em pesquisas científicas tais como fósforos de lâmpadas, radiologia médica, cintiladores, tubos de raios catódicos, lasers, guias de onda, desenvolvimento de telas planas, marcadores biológicos, sinalização, marcadores ópticos em cédulas e documentos etc.<sup>58, 59, 60, 61</sup>



**Figura 6:** Frações da hidrodestilação (H1-H6) e produto bruto da hidrodestilação (H), em iluminação natural e sob iluminação UV.

#### **4.1.2 Extração sólido-líquido**

Ao final da extração efetuada com etanol, obteve-se uma solução castanho-avermelhada e, após evaporação do solvente, o produto obtido foi um sólido levemente oleaginoso, de cor amarronzada e traços esverdeados (Figuras 7 e 8). O rendimento de extrato alcoólico obtido, para os 40 g iniciais de matéria prima vegetal, foi de 8,87%. Mesmo levando em consideração que o produto obtido é uma mistura complexa de inúmeros componentes, sabendo que o material já havia passado previamente por diferente processo de extração, pode-se considerar o rendimento muito satisfatório.

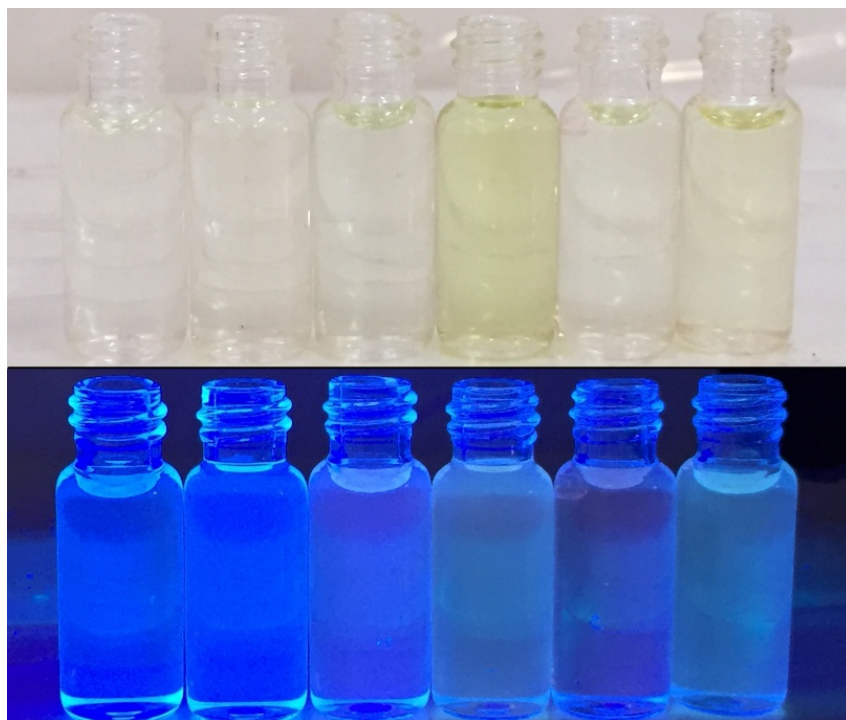


**Figura 7:** Produto da extração sólido-líquido realizada com etanol após a filtragem (A) e após a evaporação do solvente (B).

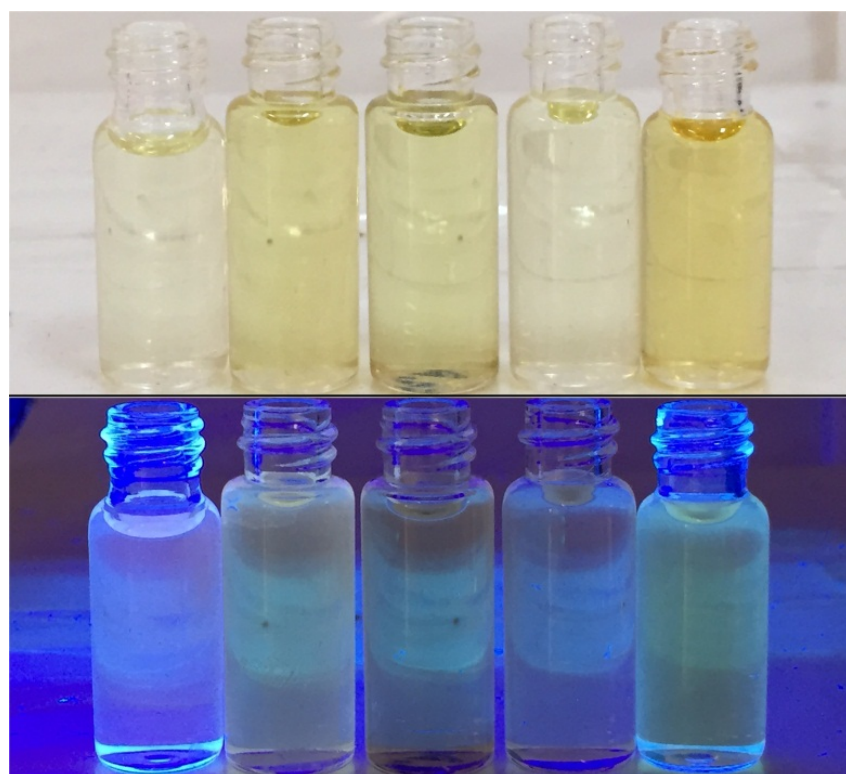


**Figura 8:** Produto da extração sólido líquido solubilizado em acetato de etila.

A coluna cromatográfica da porção alcoólica, seguida da realização da TLC, resultou em onze diferentes frações (E1-E11) a partir do produto inicial da extração. Dentre estes onze produtos, oito apresentaram características luminescentes (exceto frações E8, E9 e E10) e a maioria também apresentou cor, indicando a provável presença de moléculas corantes (Figuras 9 e 10).



**Figura 9:** Frações da extração com Etanol (E1-E6), em iluminação natural e sob iluminação UV.



**Figura 10:** Frações da extração com Etanol (E7-E11), em iluminação natural e sob iluminação UV.



### 4.1.3 Análises por cromatografia gasosa

Visto que as operações foram realizadas para fim de rendimento, as análises individuais dos compostos não ocorreram de forma quantitativa. Isto fez com que não houvesse uma concentração padrão para todas as amostras, causando uma falta de precisão nos resultados. Outro fator contribuiu para isto, que foi o método escolhido. Tendo em conta que os compostos a serem analisados eram desconhecidos, propriedades essenciais, como o ponto de ebulição dos componentes, também eram incógnitas. Logo, após análise dos cromatogramas, concluiu-se que a rampa de temperatura estava errada. Pelo fato de a temperatura ter sido aumentada em uma velocidade muito grande, provavelmente alguns compostos que deveriam ter se separado acabaram por gerar um só pico nos resultados, gerando uma incerteza na análise dos dados. Esta incerteza é exposta quando se realiza a comparação das fragmentações de massas com a biblioteca disponível no equipamento. Com relação a cada cromatograma, foi realizado um cálculo, pelo *software* do equipamento, da área equivalente a fim de que se pudesse determinar a proporção de cada componente identificado no total da mistura.

O anexo 2 deste trabalho apresenta um exemplo de cromatogramas obtido com a análise em CG-MS, que visa exemplificar e representar os demais cromatogramas obtidos durante a pesquisa. Através dos cálculos e integração da área dos picos, foi possível obter os valores, em porcentagem, da proporção de cada componente na amostra, como é mostrado no anexo, abaixo do cromatogramas. Na Tabela 3 estão expressos os dados dos compostos majoritários em cada amostra analisada, baseados na área que cada pico representa em seu cromatogramas.

**Tabela 3:** Componentes presentes em maior quantidade nas amostras analisadas, com destaque para compostos que apresentam mais de 90% de similaridade com a biblioteca disponível no CG-MS.

Componentes Majoritários					
Fração	Pico	Tempo de Retenção	Compatibilidade (%)	Nome	Área (%)
H	3	7,614	94	(-)-Spathulenol (C15H24O)	8,97
H1	22	12,643	96	Hexacosane (C26H54)	13,74
H2	6	7,58	94	(-)-Spathulenol (C15H24O)	14,69
H3	4	8,065	86	Caryophyllene oxide (C15H24O)	12,24
H4	11	9,159	83	Caryophyllene oxide (C15H24O)	10,19
H5	5	9,174	81	4,11,11-Trimethyl-8-methylenebicyclo[7.2.0]undecane-4,5-diol (C15H26O2)	23,39
H6	23	12,624	96	Heneicosane (C21H44)	14,99
E1	5	6,586	90	Octadecane, 1-chloro (C18H3Cl)	10,44
E2	6	7,583	95	Caryophyllene oxide (C15H24O)	13,44
E3	29	14,438	85	Humulane-1,6-dien-3-ol (C15H26O)	32,95
E4	20	10,372	93	L-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate (C38H68O8)	12,62
E5	18	9,791	84	3-Isopropyl-6,7-dimethyltricyclo[4.4.0.0(2,8)]decane-9,10-diol (C15H26O2)	13,66
E6	17	9,929	82	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7-trimethyl (C15H24)	13,22
E7	10	8,815	80	9,10-dimethyltricyclo[4.2.1.1(2,5)]decane-9,10-diol (C12H20O2)	11,02
E8	22	11,27	78	Ledenoxide - (I) (C15H24O)	21,93
E9	13	9,404	80	Tricyclo[20.8.0.0(7,16)]triacontane, 1(22),7(16)-diepoxy- (C30H52O2)	13,94
E10	17	10,249	74	3-Isopropoxy-1,1,1,7,7,7-hexamethyl-3,5,5-tris(trimethylsiloxy)tetrasiloxane (C18H52O7Si7)	7,43
E11	1	4,016	85	1,2-Benzenediol CAS (C6H6O2)	16

Em seu trabalho, Souza e Alves (2014)<sup>62</sup> realizaram a extração e análise em CG-MS do óleo essencial de Jatobá a partir de suas folhas, flores e resina. Uma grande variedade de

compostos foi identificada em cada um dos três óleos obtidos, mostrando que a composição varia consideravelmente quando se varia a porção do vegetal que é analisada.

O componente L-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate ( $C_{38}H_{68}O_8$ ) já foi identificado na composição do óleo de *Ocimum gratissimum*, mas não existem grandes informações a respeito de sua atividade, visto que é um componente minoritário na amostra.<sup>63</sup>

Uma grande variedade de hidrocarbonetos está presente nas composições estudadas. Dentre eles estão octadecano, nonadecano, tetracosano, hentriacontano, tetratetracontano, eicosano, tetradecano, tetratricontano e pentacosano todos com mais de 90% de similaridade de fragmentação mássica. Como composição majoritária se destacam o hexacosano ( $C_{26}H_{54}$ ) e o heneicosano ( $C_{21}H_{44}$ ), sendo que este último possui dados de pesquisa para utilização em cosméticos na área de perfumaria e tem ocorrência natural registrada em diversos óleos essenciais. Uma análise posterior é necessária, visto que muitos sinais de hidrocarbonetos registrado podem ser resultado de impurezas da coluna utilizada para as análises.<sup>64</sup>

Dentre os compostos que se apresentam em maior quantidade nas amostras, dois merecem maior destaque. O (-)-Espatuleno ( $C_{15}H_{24}O$ ), por ser o componente majoritário na composição do óleo essencial de Jatobá extraído conforme apresentado pela tabela 2, e está presente em várias das frações analisadas. Tem ocorrência natural em múltiplos vegetais, mas seu uso não é recomendado na fabricação de fragrâncias ou como flavorizante.<sup>64</sup>

O Óxido de Cariofileno ( $C_{15}H_{24}O$ ) é o composto mais encontrado, estando presente em todas as frações analisadas. Apesar de não haver 100% de similaridade com os dados da biblioteca, é possível perceber que a fragmentação deste composto ocorre em vários tempos de retenção e pesquisas comprovam que este é um componente presente em muitos óleos essenciais. Estudos apresentam dados acerca de sua utilização no ramo cosmético, como agente perfumante, visto que apresenta um odor característico com notas amadeiradas, odor também presente nas amostras do óleo extraído em laboratório.<sup>64</sup>

É possível verificar uma semelhança entre a composição do óleo extraído a partir da flor com o os produtos de análise deste trabalho. Identificados pelo CG-MS, há a provável presença de cariofileno, humuleno, cadineno, epiglobulol, humulano-1,6-dien-3-ol, viridiforol, espatuleno, cadinol, ácido hexadecanóico e heneicosano, todos componentes comprovados do óleo da flor de Jatobá e alguns presentes no óleo extraído da folha. Além destes, também foram encontrados indícios da presença de ácido octadecanóico, presente no óleo da resina da árvore.<sup>62</sup>

## 4.2 Proposta para comunidade do entorno do DF

A proposta de hidrodestilador para comunidade é de um equipamento encontrado para venda no sítio eletrônico da *The Essencial Oil Company* (Figura 11), empresa americana com sede no estado do Oregon. Este equipamento é ideal para a proposta por não ocupar um grande espaço, por ser fácil de manusear, e por poder utilizar como fonte de aquecimento fogo proveniente de gás, lenha ou outro material disponível pela comunidade. O destilador proposto também é versátil, pois pode realizar processos de hidrodestilação (sem a coluna) e de destilação por arraste a vapor (com a coluna acoplada).



**Figura 11:** Hidrodestilador de cobre - The Essencial Oil Company.

Esta aparelhagem está disponível em cinco diferentes tamanhos: 3, 5, 10, 20 e 40 litros de capacidade de água no reservatório. O tamanho de 20 litros é indicado para a comunidade, pois é possível realizar uma extração de boa quantidade de material por batelada e sendo também de um tamanho razoável, que permite a fácil movimentação deste quando necessário.

#### 4.2.1 Estudo de viabilidade econômica

Sabendo que cada árvore de Jatobá produz uma média de 50 kg de frutos por safra, foi estimada uma produção anual de 1000 kg de frutos de Jatobá, a partir de 20 árvores disponíveis para colheita. De acordo com estudos relacionados à morfologia dos frutos, o peso da casca equivale a 66,26 % do peso total. Deste modo, a comunidade teria à disposição aproximadamente 662 kg de cascas de frutos de Jatobá para utilizar no processo de extração proposto.<sup>4, 65</sup>

Seguindo o modelo apresentado, em um equipamento com capacidade para 20 L, poderia ser realizada a extração a partir de 900 a 1000 g de matéria vegetal por batelada, visto que a proporção proposta é de 1:20, sólido/solvente. É indicada a utilização de 900 g de casca triturada e 18 litros de água, para que exista uma margem de segurança no volume total dentro do recipiente, evitando que a fervura da mistura faça com que líquido seja transferido para o frasco coletor, através do condensador.

A proposta deste trabalho é que, durante os meses em que não haja colheita ou processamento dos frutos do Jatobá, os moradores da comunidade realizem a extração do óleo. Considerando que cada batelada de extração requeira 8 horas de serviço e a partir dos dados de produção diária por hidroddestilador, foi vista a necessidade de aquisição de 3 conjuntos completos de hidroddestilador. Isto porque para que o total de cascas obtidas passe pelo processo de extração, serão necessárias 736 bateladas, o que excederia o tempo disponível dos trabalhadores. Com a realização de 3 extrações simultâneas, todo o processo pode ser realizado em 246 dias de trabalho.

Para os cálculos de custo, foram contabilizados os valores de matéria prima, que no caso apresentado seriam nulos, visto que a comunidade já possui as cascas e a água pode ser proveniente de fontes naturais. A secagem das cascas pode ser realizada ao natural, pelo sol, e para isto sugeriu-se a compra de um rolo de lona plástica com medida de 200 m<sup>2</sup>, pelo valor de R\$ 70,65. O hidroddestilador sugerido foi o disponível no site da *The Essencial Oil Company* e seu valor unitário foi calculado com base no valor do dólar americano atual. Para a armazenagem das cascas, sugeriu-se a utilização de caixas de papelão com capacidade de 72L, e, estimando-se que cada caixa comporte aproximadamente 5 kg de casca, foi feito o cálculo para 130 caixas, vendidas por R\$ 39,00 o pacote com 10 unidades. Para armazenar o óleo produzido em bateladas, sugeriu-se a aquisição de bombonas plásticas em polietileno de

20L, precisando-se de 5 unidades de R\$ 34,50 cada para que se possa armazenar todo o volume produzido em um ano. Para o envasamento do produto extraído foi sugerida a utilização de frascos de vidro de 10 mL, necessitando a compra de 9431 frascos para comportar a produção de um ano. Assim, sugeriu-se a compra de 943 pacotes ao preço de R\$ 5,90 cada, contendo 10 unidades. Assumiu-se também que o treinamento dos trabalhadores e a instalação dos equipamentos seriam realizados por pessoal qualificado da Universidade de Brasília.

Também foi considerada uma bomba hidráulica periférica, para trazer a água de sua fonte originária e fazê-la circular pelo condensador. Uma sugestão é a Bomba Periférica BP1000, da marca Intech Machine. Esta bomba possui turbina de aço inoxidável e é considerada ideal para transferência de água limpa, conta com 1 HP de potência e uma vazão de 50 L/min. Os valores variam consideravelmente de acordo com marcas e lojas, então estimado o preço médio de mercado de R\$ 250,00. A Tabela 4 apresenta dos dados técnicos da bomba.<sup>66</sup> Neste caso, os 3 condensadores dos hidrodestiladores seriam interligados, necessitando de um fluxo único de água. Considerando as 8 horas de duração de cada batelada, o consumo médio da bomba de 0,75 kW/h e a tarifa praticada pela companhia elétrica do DF <sup>67</sup>, foi estimado, utilizando a Equação 3 um gasto de R\$ 4.519,29 com energia elétrica por produção anual.

**Tabela 4:** Dados técnicos da bomba hidráulica periférica adaptados do sítio eletrônico da empresa Intech Machine

Dados técnicos	
Potência	1 HP
Voltagem	127V ou 220V
Vazão	50 L /min.
Sucção máxima	8 m
Altura manométrica máxima	45 m
Consumo	0,75 kW/h
Recalque de Sucção	1" x 1"
Frequência	60 Hz
Rotação (RPM)	3450 rpm
Temperatura máx. água	40°C
Peso aproximado	8 kg

A Tabela 5 apresenta os valores de custo para o investimento inicial necessário para implantação do projeto. De todos os custos apresentados, os únicos custos variáveis, ou seja, que precisariam ser recalculados a todo ano, seriam o custo dos frascos de vidro para envase, que são vendidos juntamente com o produto final e o custo da energia elétrica.

**Tabela 5:** Investimento inicial para implantar o processo de extração do óleo essencial.

Investimento Inicial	
Hidrodestilador	R\$ 5.283,90
Bomba Hidráulica elétrica	R\$ 250,00
Caixa de papelão	R\$ 507,00
Lona	R\$ 70,75
Bombona plástica 20 L	R\$ 172,50
Frascos (anual) 943 pacotes	R\$ 5.563,70
<b>Total</b>	<b>R\$ 11.847,85</b>

Levando em conta o rendimento de óleo essencial obtido através da hidrodestilação de 0,13 %, a safra anual geraria um total de 87,71 kg de produto. Considerando uma densidade média de óleos essenciais encontrados no trabalho de Probst (2012)<sup>68</sup>, estimou-se que a densidade do óleo de jatobá, para efeitos de cálculos, seja de 0,93 g/mL, totalizando 94,31 litros de óleo essencial ao final da produção.

Também foi realizada uma média do valor atualizado dos óleos da marca Bioessência disponíveis no mercado para que se pudesse estimar o valor comercial do óleo de Jatobá. Assim, foi considerado o valor de venda unitário de R\$ 25,00 para frascos de 10 mL.

Após realização da análise de custos, consideraram-se as taxas de inflação tanto para o valor de aquisição dos frascos de vidro quanto para o valor final de venda, ou seja, investimento inicial e custos anuais de produção, utilizando-se a Equação 4.

Deste modo, efetuados os cálculos de lucro bruto (sem dedução de impostos) através da Equação 5, concluiu-se que o *pay back* (taxa de retorno do investimento inicial) ocorreria na primeira venda, da produção do primeiro ano conforme dados apresentados na Tabela 6.

Premissas:

- Considerando que a comunidade será capaz de vender o total de insumos produzidos.
- Considerando o valor unitário de R\$ 25,00 por frasco.
- Considerando que a taxa inflacionária é de 6% ao ano.
- Considerando o valor do dólar comercial como R\$ 3,09.
- Considerando que a mão de obra para realizar os novos processos, será o mesmo pessoal que, hoje, realiza a colheita e tratamento dos frutos.
- Considerando a disponibilidade de energia elétrica local, tarifada pela Companhia Elétrica de Brasília (CEB).
- Considerando 8 horas por dia de processamento dos materiais.
- Considerando que o treinamento do pessoal e instalação da infraestrutura necessária para a extração sejam realizados por uma comissão técnica da própria UnB, com quem a comunidade tem parceria.

**Tabela 6:** Análise financeira.

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
<b>Receita vendas</b> Frascos 8.126 unidades	R\$ -	R\$ 203.150,00	R\$ 215.339,00	R\$ 228.259,34	R\$ 241.954,90
<b>Investimento</b>	R\$ 6.284,15	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
<b>Custo Variável</b> Pacotes de frasco (813)	R\$ 5.563,70	R\$ -	R\$ 5.897,52	R\$ 6.251,37	R\$ 6.626,46
<b>Custo Fixo</b> Energia elétrica		R\$ 4.519,29	R\$ 4.790,45	R\$ 5.077,87	R\$ 5.382,55
<b>Total</b>	<b>R\$ 11.847,85</b>	<b>R\$ 186.782,86</b>	<b>R\$ 204.651,03</b>	<b>R\$ 216.930,10</b>	<b>R\$ 229.945,89</b>

O projeto mostra-se economicamente favorável e sua aplicação viável, verificando que o custo inicial de implantação é muito baixo comparado ao provável lucro anual, sendo que o lucro bruto representa aproximadamente 12 vezes o valor do investimento inicial.

É importante ressaltar que este é um cálculo otimista acerca da previsão de vendas do produto. Os valores de mercado podem variar drasticamente e também não se sabe por



quantas etapas de venda o produto poderá passar, trazendo assim um risco quanto ao valor de venda. De todo modo, os lucros obtidos ainda se mostram extremamente favoráveis.

Outro risco apontado é que se deve vender a ideia aos moradores da comunidade. Como se trata de um projeto e de um produto inteiramente novos, muitos deles podem se sentir desinteressado ou até amedrontados com a ideia de realizar um investimento que, a princípio, pode parecer muito alto. É necessário realizar um trabalho com os moradores, explicitando as vantagens do processo e como este poderá ser de grande utilidade para o beneficiamento da comunidade como um todo.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo forneceu informações sobre a possibilidade do uso da casca do fruto do Jatobá como subsídio para a extração de produtos naturais, transformando o que, antes, era considerado um resíduo em fonte de matéria prima para a obtenção de diversos produtos. A grande quantidade de casca presente no fruto torna viável a sua aplicação para os fins propostos, visto que, além de diminuir consideravelmente a quantidade de lixo proveniente da colheita do Jatobá, ainda se torna uma possível fonte de renda para os produtores.

A extração se mostrou possível através de métodos vastamente utilizados e conhecidos, que possuem um baixo custo de aplicação e de mão de obra, são simples em sua execução e também de fácil acesso. É possível realizar a extração do óleo em indústrias semi-artesaniais, com poucos custos adicionais e com bom retorno econômico. Para estas, é recomendado somente o processo de hidrodestilação, já que a extração com solvente gera resíduos orgânicos que necessitam de disposição especial após o fim do processo.

De acordo com a análise de investimentos realizada, pode-se concluir que o retorno financeiro é satisfatório e que pode gerar uma receita extra para investimento na manutenção e desenvolvimento dos processos produtivos e da própria comunidade além de produzir receita suficiente para cobrir os seus gastos de produção.

Os procedimentos considerados mais complexos para execução artesanal podem ser executados diretamente nas indústrias que irão promover o beneficiamento dos produtos, através da separação e purificação das amostras. A extração com solventes orgânicos também é viável para aplicação industrial, uma vez que apresenta um baixo custo de execução e alto rendimento.

A despeito do baixo rendimento obtido na extração do óleo essencial da casca do Jatobá, esta se mostrou possível através de um método conhecido para este propósito, a hidrodestilação. A metodologia utilizada para determinar as proporções de material envolvidas não se mostrou eficiente para o Jatobá, visto que quando uma segunda hidrodestilação foi realizada, obteve-se 30,19% do rendimento total de óleo extraído, provando a necessidade de uma maior quantidade de solvente e tempo de destilação.

A extração com solvente orgânico apresentou um bom rendimento e uma grande quantidade de componentes com potencial econômico e industrial. Todavia, variáveis como tempo de extração, temperatura e outras condições externas ainda devem ser analisadas para obtenção de máximo rendimento. O método de análise também deve ser estudado e melhorado visando uma melhor separação dos componentes para que possa haver uma caracterização definitiva dos produtos obtidos com a extração, e, por conseguinte, indicar suas possíveis aplicações industriais.

Os índices de similaridade encontrados comparando-se as amostras com a biblioteca do espectrômetro de massas se aproximam de 100%, o que não é suficiente para que se possa confirmar a presença de nenhum composto na composição dos produtos obtidos. Entretanto, indícios como a provável presença dos compostos em múltiplas frações, as várias fragmentações apresentadas e registros na literatura de que alguns destes componentes estão frequentemente presentes na composição de óleos essenciais, levam a crer que os compostos encontrados são de fato os constituintes das misturas analisadas.

Com base nos resultados obtidos, a extração de produtos naturais a partir da casca do fruto do Jatobá mostrou-se viável, gerando diversos produtos com provável potencial econômico e, também, ocasionando uma diminuição considerável na quantidade de resíduos produzidos a partir da exploração do fruto do Jatobá.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> GLAUCIA ELIZA GAMA VIEIRA, A. P., LUIZ FERNANDO P. GALLO, AYMARA GRACIELLY NOGUEIRA COLEN, LUANA FAGUNDES TEIXEIRA, CARLOS EDUARDO ABRANCHES CAMPOS, GEZER LAMOUNIER DE AGUIAR JUNIOR, RUTHE CARDOSO DA SILVA. **Aplicação de processo termoquímico como aproveitamento de resíduo agroindustrial de babaçu.** Congresso Brasileiro de Engenharia Química 2014.
- <sup>2</sup> COHEN, K. D. O. **Jatobá-do-cerrado: composição nutricional e beneficiamento dos frutos.** Planaltina, DF: EMBRAPA: 26 p. 2010.
- <sup>3</sup> CARVALHO, P. E. R. **Jatobá-do-Cerrado Hymenaea stigonocarpa.** Colombo, PR: EMBRAPA: 8 p. 2007.
- <sup>4</sup> MARIANA BARROS ALMEIDA, W. C. O. S., ERBS CINTRA SOUZA GOMES, FLAVIA CARTAXO, RAMALHO VILLAR. Descrição morfológica do fruto e semente do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Semiárido De Visu**, v. 1, n. 2, p. 9, 2011.
- <sup>5</sup> PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. D. O. Utilização de Resíduos Agro-Industriais em Processos Biotecnológicos como Perspectiva de Redução do Impacto Ambiental. **2007**, v. 2, n. 1, p. 10, 2007-03-15 2007. ISSN 0718-2724. Disponível em: < <http://jotmi.org/index.php/GT/article/view/art41/395> >.
- <sup>6</sup> RENATA SAMULAK, J. V. M. B., LUIZ ALBERTO PILATTI, JOÃO LUIZ KOVALESKI. **Biodigestor Como Opção para Tratamento de Resíduos Agroindustriais.** EPEGE 2010.
- <sup>7</sup> COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 30, p. 582-588, 2010. ISSN 0101-2061. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000300003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000300003&nrm=iso) >.
- <sup>8</sup> SANTOS, C. X. D. **Caracterização Físico-Química e Análise da Composição Química da Semente de Goiaba Oriunda de Resíduos Agroindustriais.** 2011. (Mestre). UESB, Itapetinga/BA.
- <sup>9</sup> RENNIO F. SENNA, M. L. N. Utilização de resíduos agroindustriais no processamento de rações para carcinicultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 7, n. 2, p. 9, 2006.

- 10 SAVASTANO JUNIOR, H.; PIMENTEL, L. L. Viabilidade do aproveitamento de resíduos de fibras vegetais para fins de obtenção de material de construção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 103-110, 2000. ISSN 1415-4366. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662000000100019&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662000000100019&nrm=iso)>.
- 11 RORIZ, R. F. C. **Aproveitamento dos Resíduos Alimentícios Obtidos das Centrais de Abastecimento do Estado de Goiás S/A para Alimentação Humana**. 2012. 162 (Mestre). Universidade Federal de Goiás
- 12 MARIA ALICE ZARUR COELHO, S. G. F. L., MORSYLEIDE DE FREITAS ROSA, ANGELA APARECIDA LEMOS FURTADO. Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais: Produção de Enzimas a Partir da Casca de Coco Verde. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 10, 2011.
- 13 MIGUEL, A. C. A. et al. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 28, p. 733-737, 2008. ISSN 0101-2061. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612008000300033&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300033&nrm=iso)>.
- 14 MARLA, L. C. C. **Proposta para destino adequado de resíduos provenientes de agroindústria familiar no município de Mesquita/RJ**. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental 2013.
- 15 ALMEIDA, J. C. S. **Resíduos agroindustriais de frutas na alimentação de ovinos de corte**. 2013. (Magister Scientiae). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina/MG.
- 16 RACHEL DE MOURA NUNES, E. A. G., JUAN CARLOS VALDES SERRA, ÁLVARO ALVES MARTINS. Resíduos agroindustriais: potencial de produção de etanol de segunda geração no Brasil. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 16, 2013.
- 17 ALEXANDRINO, A. M. et al. Aproveitamento do resíduo de laranja para a produção de enzimas lignocelulolíticas por *Pleurotus ostreatus* (Jack:Fr). **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 27, p. 364-368, 2007. ISSN 0101-2061. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612007000200026&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612007000200026&nrm=iso)>.
- 18 KAWABATA, C. Y. **Aproveitamento de cinzas da queima de resíduos agroindustriais na produção de compósitos fibrosos e concreto leve para a construção rural**. 2008. (Doutor). USP, Pirassununga/SP.
- 19 ROSSO, S. R. **Aproveitamento do Resíduo da Agroindústria da Banana: Caracterização Química e Levantamento de Parâmetros Termodinâmicos**. 2009. (Mestre). UFSC, Florianópolis/SC.

- 20 ANNE E. OSBOURN, V. L. **Plant-derived natural products**. New York: Springer Science+Business Media, 2009.
- 21 HANSON, J. R. **Natural Products the secondary metabolites**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2003. 147 ISBN 0-85404-490-6.
- 22 ENRÍQUEZ, G. V. **A trajetoria de tecnologia dos produtos naturais biotecnológicos derivados na Amazônia**. Belém: 2001. 168 ISBN 85-88307-01-3.
- 23 AFRÂNIO ARAGÃO CRAVEIRO, E. A. **Óleos Essenciais de Plantas do Nordeste**. Fortaleza: 1981. 210
- 24 AZAMBUJA, W. Métodos de extração de óleos essenciais. 2012. Disponível em: < <http://www.oleosessenciais.org/metodos-de-extracao-de-oleos-essenciais/> >.
- 25 ZHANG, X. et al. Extraction of essential oil from discarded tobacco leaves by solvent extraction and steam distillation, and identification of its chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 39, n. 0, p. 162-169, 9// 2012. ISSN 0926-6690. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669012001082> >.
- 26 CHEN, Y. et al. Effect of Second Cooling on the Chemical Components of Essential Oils from Orange Peel (*Citrus sinensis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 35, p. 8786-8790, 2014/09/03 2014. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1021/jf501079r> >.
- 27 GÓMEZ, B. et al. Pectic Oligosacharides from Lemon Peel Wastes: Production, Purification, and Chemical Characterization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 42, p. 10043-10053, 2013/10/23 2013. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1021/jf402559p> >.
- 28 SILVA, G. J. F. **FORMULAÇÃO E ESTABILIDADE DE CORANTES DE ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DAS CASCAS DE JABUTICABA (MYRCIARIA ssp.)**. 2010. Disponível em: < <https://doaj.org/article/8b174c1d3fd64655a3f60d0bc929f794> >.
- 29 CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2047-2053, 8// 2011. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910004357> >.
- 30 SISKOS, E. P.; MAZOMENOS, B. E.; KONSTANTOPOULOU, M. A. Isolation and Identification of Insecticidal Components from *Citrus aurantium* Fruit Peel Extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 14, p. 5577-5581, 2008/07/01 2008. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1021/jf800446t> >.

- 31 FATTOUCH, S. et al. Comparative Analysis of Polyphenolic Profiles and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Tunisian Pome Fruit Pulp and Peel Aqueous Acetone Extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 3, p. 1084-1090, 2008/02/01 2008. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1021/jf072409e> >.
- 32 MOSHONAS, M. G.; SHAW, P. E. Volatile Components of Calamondin Peel Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 4, p. 1105-1107, 1996/01/01 1996. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1021/jf950429n> >.
- 33 WALKIA POLLIANA DE OLIVEIRA, M. E. A. O. D. S. **Comparação dos métodos de extração de óleo essencial de arraste a vapor e hidrodestilação utilizando casca de manga nos estados de desidratação e in natura**. CONNEPI. Palmas: 7 p. 2012.
- 34 LÊNIO JOSÉ GUERREIRO DE FARIA, C. M. L. D. C. **Tópicos especiais em tecnologia de produtos naturais**. Belém: 1998.
- 35 FRANCO, J. et al. Composição química e atividade antimicrobiana in vitro do óleo essencial de Eucalyptus cinerea F. Mull. ex Benth., Myrtaceae, extraído em diferentes intervalos de tempo. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, p. 191-194, 2005. ISSN 0102-695X. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-695X2005000300004&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2005000300004&nrm=iso) >.
- 36 OLIVEIRA, A. R. D. et al. Determinação do tempo de hidrodestilação e do horário de colheita no óleo essencial de menta. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 155-159, 2012. ISSN 0102-0536. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362012000100026&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362012000100026&nrm=iso) >.
- 37 RIVA, D. et al. Estudo da adaptação da espécie Piper hispidinervum C. DC. (pimenta longa) à região do Vale do Itajaí - SC, através da composição química do óleo essencial obtido por hidrodestilação por micro-ondas e convencional. **Acta Amazonica**, v. 41, p. 297-302, 2011. ISSN 0044-5967. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672011000200016&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672011000200016&nrm=iso) >.
- 38 COSTA, G. A.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; DESCHAMPS, C. Rendimento e composição do óleo essencial de patchouli (Pogostemon cablin) conforme o tempo de extração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 319-324, 2013. ISSN 1516-0572. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-05722013000300002&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000300002&nrm=iso) >.
- 39 OLIVEIRA, V. B. et al. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 170-179, 8// 2012.

- ISSN 0963-9969. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996912001123>>.
- 40 PENG, F. et al. Comparison of different extraction methods: steam distillation, simultaneous distillation and extraction and headspace co-distillation, used for the analysis of the volatile components in aged flue-cured tobacco leaves. **Journal of Chromatography A**, v. 1040, n. 1, p. 1-17, 6/18/ 2004. ISSN 0021-9673. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967304005278>>.
- 41 KHAJEH, M.; YAMINI, Y.; SHARIATI, S. Comparison of essential oils compositions of *Nepeta persica* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation methods. **Food and Bioproducts Processing**, v. 88, n. 2-3, p. 227-232, 6// 2010. ISSN 0960-3085. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308508001065>>. Acesso em: 2010/9//.
- 42 ZHANG, L.-G. et al. Rectification extraction of Chinese herbs' volatile oils and comparison with conventional steam distillation. **Separation and Purification Technology**, v. 77, n. 2, p. 261-268, 2/20/ 2011. ISSN 1383-5866. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586610005101>>.
- 43 SARTOR, R. B. **Modelagem, Simulação, e Otimização de uma unidade Industrial de Extração de Óleos Essenciais por Arraste a Vapor**. 2009. (Mestre). Porto Alegre.
- 44 MACIEL, M. A. M. et al. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, p. 429-438, 2002. ISSN 0100-4042. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422002000300016&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000300016&nrm=iso)>.
- 45 DENISE ANDREO, N. J. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 18, 2006. ISSN 19839774.
- 46 OTTO ANDERSEN, V. U. A. **As frutas silvestres brasileiras**. Rio de Janeiro: 1988. 203 ISBN 85-250-0517-7.
- 47 DIAS, L. S.; LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Physicochemical and bioactive properties of *Hymenaea courbaril* L. pulp and seed lipid fraction. **Industrial Crops and Products**, v. 49, n. 0, p. 610-618, 8// 2013. ISSN 0926-6690. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666901300294X>>.
- 48 CHANG, Y. K. et al. Development of extruded snacks using jatoba (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 78, n. 1, p. 59-66, Sep 1998. ISSN 0022-5142. Disponível em: <  
<Go to ISI>://WOS:000075866700008 >.



- 49 VEGGI, P. C. et al. Obtaining phenolic compounds from jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) bark by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 89, n. 0, p. 68-77, 5// 2014. ISSN 0896-8446. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844614000552>>.
- 50 BEZERRA, G. P. et al. Phytochemical study guided by the myorelaxant activity of the crude extract, fractions and constituent from stem bark of *Hymenaea courbaril* L. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 149, n. 1, p. 62-69, 8/26/ 2013. ISSN 0378-8741. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874113004030>>.
- 51 BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS: 339 p. 2009.
- 52 LAIS GONÇALVES DA COSTA, A. G. D. S., DANIELE RODRIGUES GOMES. Morfologia de frutos, sementes e plântulas, e anatomia das sementes de sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 4, p. 8, 2014.
- 53 LEITNER, P. et al. Production of a concentrated natural dye from Canadian Goldenrod (*Solidago canadensis*) extracts. **Dyes and Pigments**, v. 93, n. 1-3, p. 1416-1421, 4// 2012. ISSN 0143-7208. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720811002889>>. Acesso em: 2012/6//.
- 54 SOUTO, A. A. Cromatografia em coluna. Disponível em: <  
[http://www.pucrs.br/quimica/professores/arigony/cromatografia\\_FINAL/COLUNA.htm](http://www.pucrs.br/quimica/professores/arigony/cromatografia_FINAL/COLUNA.htm)>. Acesso em: 26/05/2015.
- 55 RODRIGUES, C. E. D. C. **Utilização de solvente biorenovável nos processos de extração de óleos vegetais**. 2011. 171 (Livre Docência). Universidade de São Paulo, Pirassununga - SP.
- 56 MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. São Paulo: 2003.
- 57 CASSEL, E. et al. Steam distillation modeling for essential oil extraction process. **Industrial Crops and Products**, v. 29, n. 1, p. 171-176, 1// 2009. ISSN 0926-6690. Disponível em: <  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669008000861>>.
- 58 CLAUS FELDMANN, T. J., CEES RONDA, PETER SCHMIDT. Inorganic Luminescent Materials: 100 Years of Research and Application. **Advanced Functional Materials**, v. 13, n. 7, p. 7, 2003.
- 59 NETO, B. A. D. S. **Síntese de novas moléculas fotoluminescentes com conjugações pi-estendidas com potencial para aplicação em sistemas OLEDs**. 2006. (Doutor). UFRGS, Porto Alegre.

- 60 NIYAMA, E. et al. Filmes delgados luminescentes obtidos a partir de hidroxicarbonatos de ítrio ativados por európio ou térbio. **Química Nova**, v. 27, p. 183-187, 2004. ISSN 0100-4042. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422004000200002&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000200002&nrm=iso) >.
- 61 NAOE, A. Pequenos notáveis, nanomateriais luminescentes têm aplicação ampliada. 2014. Disponível em: < <http://www5.usp.br/42218/pequenos-notaveis-nanomateriais-luminescentes-tem-aplicacao-ampliada/> >. Acesso em: 28/06/2015.
- 62 ANDRIELY SILVA DE SOUZA, B. S. D. F., BLYENY HATALITA PEREIRA ALVES. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PARTES DA PLANTA *Hymenaea stigonocarpa* (JATOBÁ) CULTIVADA NO CERRADO DA CIDADE DE ITUMBIARA – GOIÁS. **Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica**, v. 7, p. 4, 2014.
- 63 TAMILSELVAN PRATHEEBA, C. R., DEVARAJAN NATARAJAN. Larvicidal, pupicidal and adulticidal potential of *Ocimum gratissimum* plant leaf extracts against filariasis inducing vector. **International Journal of Mosquito Research**, v. 2, n. 2, p. 8, 2015.
- 64 COMPANY, T. G. S. The Good Scents Company Information System. Disponível em: < <http://www.thegoodscentscompany.com/> >. Acesso em: 27/06/2015.
- 65 BRASIL, S. F. Jatobá. 2011. Disponível em: < <http://www.slowfoodbrasil.com/arca-do-gosto/produtos-do-brasil/441-jatoba> >. Acesso em: 20/06/2015.
- 66 MACHINE, I. Bomba Periférica BP1000. Disponível em: < <http://intechmachine.com.br/Produto.aspx?id=35> >. Acesso em: 28/06/2015.
- 67 ANEEL. Tarifas residenciais de consumo elétrico. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493> >. Acesso em: 28/06/2015.
- 68 PROBST, I. D. S. **Atividade antibacteriana de óleos essenciais e avaliação de potencial sinérgico**. 2012. 112 (Mestre). UNESP, Botucato/SP.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Memorial de cálculos

### Teor de umidade

	Secagem 1	Secagem 2
Peso inicial	46,1667g	41,1219g
Peso final	45,6838g	40,6426g
Peso do cadinho	41,0788g	36,1213g

Cálculo do teor de umidade 1:

$$\begin{aligned} \text{Umidade (\%)} &= \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial} - \text{tara da balança}} \times 100 \\ &= \frac{46,1667\text{g} - 45,6838\text{g}}{46,1667\text{g} - 41,0788\text{g}} \times 100 \\ &= 0,094911 \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Umidade (\%)} = 9,4911\%$$

Cálculo do teor de umidade 2:

$$\begin{aligned} \text{Umidade (\%)} &= \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial} - \text{tara da balança}} \times 100 \\ &= \frac{41,1219\text{g} - 40,6426\text{g}}{41,1219\text{g} - 36,1213\text{g}} \times 100 \\ &= 0,095848 \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Umidade (\%)} = 9,5848\%$$

Teor de umidade médio:

$$\frac{9,4911\% + 9,5848\%}{2} = 9,53795\%$$

## Rendimentos

	Hidrodestilação 1	Hidrodestilação 2	Etanol
Peso inicial do balão	56,394g	65,157g	107,014g
Peso final do balão	56,431g	65,173g	110,563g
Massa de produto	0,037g	0,016g	3,549g
Massa inicial de casca	40,000g	40,000g	40,000g

Cálculo do rendimento da hidrodestilação 1:

$$\begin{aligned} R &= \frac{Mf}{Mi} \times 100 \\ &= \frac{0,037\text{g}}{40,000\text{g}} \times 100 \\ &= 0,000925 \times 100 \\ R &= 0,0925\% \end{aligned}$$

Cálculo do rendimento da hidrodestilação 2:

$$\begin{aligned} R &= \frac{Mf}{Mi} \times 100 \\ &= \frac{0,016\text{g}}{40,000\text{g}} \times 100 \\ &= 0,0004 \times 100 \\ R &= 0,04\% \end{aligned}$$

Cálculo do rendimento da extração com Etanol:

$$\begin{aligned} R &= \frac{Mf}{Mi} \times 100 \\ &= \frac{3,549\text{g}}{40,000\text{g}} \times 100 \\ &= 0,088725 \times 100 \\ R &= 8,8725\% \end{aligned}$$

### **Cálculo do custo da energia elétrica**

Consumo da bomba d'água: 0,75 kW/h

Tempo de uso da bomba por dia de extração: 8h

Consumo da bomba d'água por dia de extração : 6kWh

Tempo necessário para extração do material: 246 dias

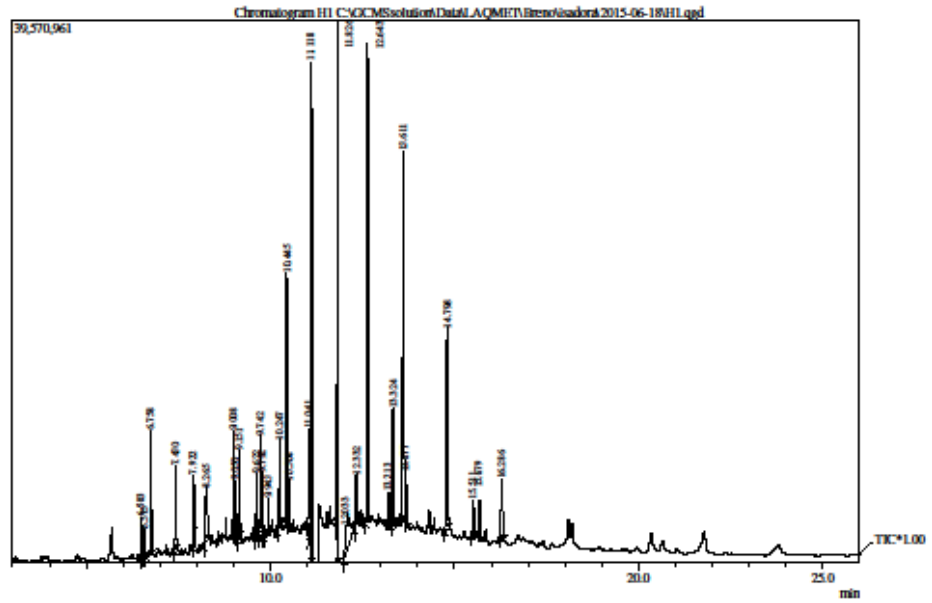
Tarifa da CEB para residências de baixa renda com consumo mensal variando de 100 kWh até 220kWh: 0,32660 R\$/kWh

$$P = \frac{C}{T} \times t$$

$$P = \frac{0,75 \text{ kW/h}}{0,3266 \text{ R\$/kWh}} \times 1968h$$

$$P = \text{R\$ } 4519,26$$

## Anexo 2: Cromatograma do produto da hidrodestilação (fração H1)



Peak Report TIC										
Peak#	R. Time	L Time	F. Time	Area	Area%	Height	Height%	A/H	Mark	Name
1	6.503	6.467	6.542	5973816	1.00	2830761	1.01	2.11		
2	6.575	6.542	6.617	4358903	0.73	1990379	0.71	2.19	V	
3	6.758	6.617	6.817	16574150	2.78	9052017	3.21	1.83	V	
4	7.430	7.392	7.475	11525913	1.93	6068144	2.15	1.90		
5	7.922	7.883	7.990	7527034	1.26	4606674	1.64	1.63		
6	8.265	8.200	8.317	15227690	2.55	3927100	1.39	3.88		
7	9.008	8.983	9.033	11928764	2.00	7394654	2.63	1.61		
8	9.050	9.033	9.067	5595749	0.94	3980630	1.41	1.41	V	
9	9.151	9.117	9.192	10059981	1.69	6364130	2.26	1.58		
10	9.622	9.583	9.658	8851812	1.48	4673657	1.66	1.89		
11	9.742	9.658	9.767	14196842	2.38	7379767	2.62	1.92	V	
12	9.792	9.767	9.825	7511122	1.26	4665618	1.66	1.61	V	
13	9.943	9.825	9.975	6326579	1.06	2741148	0.97	2.31	V	
14	10.247	10.208	10.275	10602576	1.78	6502363	2.31	1.63		
15	10.445	10.408	10.475	28607986	4.79	18167931	6.45	1.57		
16	10.504	10.483	10.542	4802360	0.80	3337504	1.19	1.44		
17	11.041	11.008	11.075	14371803	2.41	7611866	2.70	1.89		
18	11.118	11.075	11.142	59078451	9.90	36030533	12.79	1.64	V	
19	11.826	11.775	11.850	66259159	11.15	38589775	13.70	1.72		
20	12.033	12.000	12.283	24100088	4.04	2288954	0.81	10.53		
21	12.332	12.283	12.375	11382492	1.91	3601990	1.28	3.16	V	
22	12.643	12.583	12.692	81991898	13.74	34907062	12.40	2.35		
23	13.213	13.183	13.258	3948832	0.66	2024674	0.72	1.95		
24	13.324	13.275	13.375	18919718	3.17	8583873	3.05	2.20		
25	13.611	13.550	13.620	68453199	11.47	26663644	9.47	2.57		
26	13.677	13.620	13.733	8914005	1.49	3599967	1.28	2.48	V	
27	14.798	14.733	14.867	42577508	7.14	14728843	5.23	2.89		
28	15.511	15.467	15.567	7300102	1.22	2591720	0.92	2.82		
29	15.679	15.642	15.733	6305728	1.06	2409830	0.86	2.62		
30	16.286	16.233	16.350	13158750	2.21	4291759	1.52	3.07		
				596733010	100.00	281606987	100.00			