

## Aqui Tem Química: Parte VIII. Produtos Florestais não-Madeireiros (PFNM)

### *There is Chemistry Here: Part VIII. Non-Timber Forest Products (NWFPs)*

Patricia G. Ferreira,<sup>a</sup>  Cristina M. Hüther,<sup>b</sup>  Wilson C. Santos,<sup>c</sup>  Luana da Silva Magalhães Forezi,<sup>d</sup>  Fernando de Carvalho da Silva,<sup>d</sup>  Vitor Francisco Ferreira<sup>a,\*</sup> 

<sup>a</sup> Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Farmácia, Departamento de Tecnologia Farmacêutica, CEP 24241-000, Niterói-RJ, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, CEP 24210-240, Niterói-RJ, Brasil.

<sup>c</sup> Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Produtos Para Saúde (PPG-CAPS), Niterói, RJ, CEP 24241-000, Brasil.

<sup>d</sup> Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica, CEP 24020-150, Niterói-RJ, Brasil.

\*E-mail: [vitorferreira@id.uff.br](mailto:vitorferreira@id.uff.br)

Recebido em: 13 de Dezembro de 2022

Aceito em: 7 de Agosto de 2023

Publicado online: 12 de Setembro de 2023

Forests represent the continuity of life on the planet and are the pillars of social and economic development. However, their existence is threatened due to the irresponsibility and greed of the humans who plunder their valuable natural resources and their lands. As a result of deforestation and forest fragmentation, there have been more and more changes in the global climate effects, which provide devastating events of drought and fires in fields and floods and deadly landslides in cities. Forests act as buffers that regulate the world's climate. They are a vast stock of valuable non-timber forest products (NWFPs) that have been used for millennia by animals, including humans, since since the evolution of *Homo sapiens sapiens* they have been fundamental to the livelihoods of their tribes and families. There are many products that can be economically exploited by keeping forests standing and recovering those that are already devastated. These forests can attract companies that can generate jobs, income, chemicals derived from renewable sources, new drug prototypes, food, cosmetics, etc. In this article, some non-timber forest products will be highlighted, in particular, the chemical aspects of forest oleoresins and their main applications, which have international markets for uses in cosmetics, medicinal therapeutics, among other diverse industrial applications.

**Keywords:** NWFP; biodiversity; forest products; rural development; sustainable development.

*As florestas sempre foram as fontes de sobrevivência durante a evolução dos Homo sapiens sapiens, bem como os demais seres vivos. Sem as florestas não haverá vida no planeta.*

### 1. Introdução

A história está repleta de relatos de declínio e desaparecimento de muitas civilizações por terem exaurido lentamente os recursos naturais das florestas. Esses povos por estarem habituados a ver o encolhimento dos ecossistemas, não foram capazes de antecipar um possível desastre iminente, pois, provavelmente, não se alterou visivelmente o encolhimento das florestas e o desaparecimento da biodiversidade. Da mesma forma esses povos não conseguiram encontrar a solução para reversão do desastre. Jared Diamond em seu livro “Colapso: Como as Sociedades Escolhem Fracassar ou Ter Sucesso”<sup>1</sup> relata vários casos de civilização que entraram em colapso e foram a ruína, como o caso do povo que habitava a Ilha de Páscoa que destruiu a floresta e desapareceu.<sup>2</sup> O que não foi percebido, talvez por falta de conhecimento científico, é que conservação da diversidade biológica florestal (espécies, populações, indivíduos e genes) é essencial para sustentar a saúde das florestas.

Esse preâmbulo soa muito familiar nos dias atuais, embora vivamos em uma sociedade tecnológica moderna e conectada. Aparentemente, esquecemos as experiências e fatos do passado que reduziram e fragmentaram os ecossistemas e que a sobrevivência deles depende de um funcionamento estável dos sistemas da Terra – atmosfera, oceanos, rios, florestas e biodiversidade. A realidade não está muito distante e continuamos com graves problemas sociais, econômicos e ambientais. Em setembro de 2022, o Brasil sancionou o projeto de Lei 2.776/2020 que reduz em cerca de 40% o tamanho da Floresta Nacional de Brasília que havia sido criada em 1999 para proteger a fauna e flora do Cerrado, além das nascentes que abastecem de água Brasília.<sup>3</sup>

As florestas são um vasto estoque de produtos florestais não-madeireiros (PFNM) ou da abreviação em inglês *NWFPs*, ou produtos não tradicionais, especiais ou secundários, de enormes aplicações sociais e econômicas para as populações rurais e pobres, em particular,

as que dependem desses produtos.<sup>4</sup> Durante milênios elas forneceram emprego e renda para milhões de pessoas das comunidades tribais, inclusive fazendo parte da cultura, modo de vida natural e subsistência das famílias com alimentos, remédios, óleos aromáticos, gomas, resinas, bambu, cortiça, materiais para construção de abrigos, além de lenha para energia. A maioria dos *NWFPS* são usados para subsistência e para apoiar famílias de pequena escala. No entanto, atualmente estão sob forte pressão com o rápido esgotamento dos recursos naturais, desequilíbrio ecológico, perda da biodiversidade, urbanização promovendo a poluição da água e do ar, desaparecimento de pantanais, degradação de pradarias, desertificação de áreas com pastagem e agricultura homogêneas, perdas de fertilidade do solo, mineração, salinização, erosão do solo, acúmulo de lixo e poluição. A perda das árvores que transpiram água para a atmosfera e retêm a umidade no solo tem muitos impactos deletérios nos outros ecossistemas. O desmatamento e a fragmentação por queimadas causam como efeitos colaterais a diminuição das chuvas, desertificação e erosão do solo.<sup>5-7</sup>

A maior ameaça que as florestas e sua diversidade têm nos dias atuais são as queimadas para conversão em pastagem e áreas para os agronegócios, além da pressão causada pelo aumento populacional e as aspirações por padrões de vida mais elevados.<sup>8</sup> No entanto, após a devastação de uma floresta, sua recuperação é um processo lento. Nesse aspecto, o setor privado pode ajudar bastante com a implantação lucrativa de florestas privadas, indo além das reservas conservacionistas públicas existente. As florestas privadas têm sido bastante impulsionadas pela possibilidade de recebimento de recursos através dos créditos de carbono. Manter uma floresta de pé pode render receita de mais de R\$ 1 bilhão por ano, além de se possível a exploração planejada seus produtos não madeireiros.<sup>9,10</sup>

No atual momento, a Floresta Amazônica é a que está em maior agonia no planeta, pois a ganância da sociedade civil, o que inclui empresas, garimpeiros, terceiro setor, entre outros, e o descaso por parte do poder público colaboram e apontam para uma maior devastação por exploração das madeiras, garimpagem com destruição da mata e contaminação do solo, queimadas para plantações homogêneas e criação de animais. Essa pressão sobre a floresta ocasiona a migração dos povos que vivem das florestas para áreas urbanas na procura de melhores condições de sobrevivência. Em 2015, o Engenheiro Florestal Dr. Virgílio Viana, Superintendente Geral da Fundação Amazônia Sustentável, na conferência “Por que e como fazer a floresta valer mais em pé do que derrubada?” afirmou que estamos perdendo a guerra para o desmatamento,<sup>11</sup> mas que é possível manter a Floresta Amazônica viva para todos com a valorização sustentável da floresta em pé e mantendo sua biodiversidade e, conseqüentemente, melhora da qualidade de vida dos povos no seu entorno.<sup>12</sup> Essa valorização sustentável muitas das vezes não é suficientemente, dependendo é claro de como se aplica as pessoas individuais. Muitos pensam que ela é apenas responsabilidade dos governos e corporações,

mas isso está levando ao consumo excessivo dos recursos florestais do planeta. Sobre esse uso excessivo comenta o Professor Leonardo Boff: “A terra precisa de um ano e meio para repor o que dela nós usamos para o nosso consumo. Precisamos mais de um planeta e meio para mantermos o nível atual de vida ao qual nos acostumamos”.<sup>13</sup>

Assim, nesse artigo serão destacados alguns produtos florestais não-madeireiros, em especial, os aspectos químicos das oleorresinas florestais e suas principais aplicações, que têm mercados internacionais para usos em cosméticos, produtos terapêuticos medicinais, dentre outras diversas aplicações industriais.

## 2. Importância das Florestas para Fornecer Produtos Florestais Não-Madeireiros (NWFPS)

As florestas são extensas áreas ocupadas com alta diversidade de árvores, arbustos, plantas rasteiras, animais, pássaros, insetos e micro-organismos fixados e que ocupavam grande área do planeta. Os recursos produzidos diariamente nas florestas, ou seja, o capital natural florestal, têm significativo espaço na economia dos países devido seus valores intrínsecos e no global para minimizar os eventos climáticas extremos.<sup>14</sup> Uma floresta que possui tantos produtos de valores intrínsecos merece ser tratada com respeito pelo bem-estar humano e os seus efeitos ecológicos no mundo. De pronto pode-se concluir que é importante preservar e conservar as florestas, não só para explorar racionalmente os *NWFPS* e ajudar no combate à fome, mas também trabalhar as questões sociais como empregos, como guias, guardas, agrônomos, jardineiros, etc. e renda quando forem exploradas para o uso recreativo, turismo ecológico, pesquisa científica e educacional e para a conservação de locais culturais.

A conservação das florestas é essencial para os projetos que envolvem *NWFPS* que por consequência são essenciais para a sobrevivência dos seres humanos, animais, insetos, micro-organismos e plantas. As florestas conservadas são responsáveis por fornecer empregos, com conseqüente possibilidade de redução da pobreza; alimentos e fármacos; diminuir a evaporação da água dos ecossistemas; disponibilizar materiais têxteis; conservação dos processos ecológicos; manter as nascentes de rios; fixar carbono; frear o aquecimento solar; alimentar peixes, insetos e animais; manter a diversidade das espécies (fauna e flora) e manter a ordem climática das micro e macrorregiões. São capazes de transformar grandes quantidades de energia solar e gás carbônico, primariamente, em celulose nas folhas, raízes, frutos, troncos e galhos. A coleta de galhos e troncos secos é uma fonte importante de energia.

Em relação à utilização dos Produtos Florestais Não-Madeireiros (*NWFPS*), esse é um modo de atividade que, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), se trata do uso racional das florestas, de modo a explorar seus produtos

renováveis em benefício da sociedade e sem destruir as florestas. Esse conceito de exploração sustentável das florestas não é novo, mas é de difícil implantação, pois o valor comercial de um *NWFPs* é difícil de se calcular.<sup>15</sup> Os dois termos “Produtos Florestais Não-Madeireiros” ou também “Produtos Florestais Especiais” ainda não estão totalmente consolidados na literatura, mas há uma boa definição que foi alinhada com diversos países: *NWFPs* consistem em produtos vegetais e animais, não-madeireiros, e os serviços derivados de florestas (serviços madeireiros, não-madeireiros e ambientais).

Os não-madeireiros e/ou ambientais não destroem as florestas, mas exploram produtos renováveis e o ecoturismo. Considerando essa definição, uma grande variedade de produtos e suas aplicações podem ser incluídos em diversas classes, conforme destacado na Figura 1. Os povos das florestas podem explorar a coleta sistemática de produtos sem a destruição das florestas que envolvem produtos para inúmeras aplicações e/ou consumo, como: frutos, nozes, cogumelos, trufas, ervas, especiarias, óleos, ceras, látex, gomas não elásticas, resinas, mel, óleos essenciais, bambu e vime, fibras, cortiça, produtos oleaginosos, plantas aromáticas, condimentos, corantes e pigmentos, insetos comestíveis, produtos químicos retirado de espécies das florestas para diversos fins alimentares, saúde comunitária, energia e culturais. Também há o ramo das biojoias que são produzidas de forma artesanal levando-se em conta os princípios da conservação ambiental, pois a coleta da matéria-prima para fabricação das biojoias é feita de maneira sustentável, sem agredir o meio ambiente e ainda com objetivo de sustentar as comunidades envolvidas com a extração.<sup>16</sup>



**Figura 1.** Classes de Produtos Florestais Não-Madeireiros (*NWFPs*) e exemplos de aplicações

É importante destacar no caso dos frutos oriundos das florestas, esses podem ser essenciais na prevenção de certas doenças relacionadas à desnutrição, além de serem ricos em vitaminas e nutrientes, muitos ainda não possuem nenhum valor comercial. Porém, importante destacar que desta lista se excluem especificamente as matérias-primas e produtos lenhosos, peixes e pastagens na floresta. Assim, o conceito de *NWFPs* deve englobar três pilares fundamentais: 1) a gestão da floresta deve ser socialmente referenciada, 2) deve

ter um impacto ecologicamente benigno, e 3) ter impacto econômico positivo para as populações que dependem dos produtos das florestas.

A diversidade não deve ser um empecilho para o desenvolvimento de políticas e práticas de gestão dos recursos naturais adequadas para a exploração das florestas de forma sustentável.<sup>17</sup> A contribuição dos *NWFPs* vai além do aspecto econômico, mas também ao social e ao ecológico. Os povos das florestas que implementam adequadamente, devem ser reconhecidos com certificação pelos bens preciosos na promoção do desenvolvimento sustentável com seus produtos, pois as fontes não renováveis (petróleo, carvão e gás natural), no futuro, vão ficar cada vez mais raros, finalizando a era dos produtos manufaturados. Porém, como a população e os resíduos estão crescendo, o mundo vai precisar de mais biomassa e materiais renováveis proveniente do setor florestal. Esses fatos devem impulsionar a transição da economia linear para outra, onde será necessário o uso de matérias-primas mais eficientes e implementar em larga escala a economia circular com biomateriais.<sup>18</sup>

Durante milênios esses produtos florestais foram de vital importância para a sobrevivência dos primeiros *Sapiens* caçadores-coletores, insetos e outros animais. Até os dias atuais as florestas continuam fornecendo *NWFPs*, para subsistência de muitas comunidades que são os coletores modernos, que aproveitam de tudo que as florestas podem fornecer sem destruí-las.<sup>19</sup> Ainda existem povos indígenas em lugares remotos do planeta que dependem dos produtos não-madeireiros das florestas e obtêm apenas uma pequena parte de sua renda familiar de atividades relacionadas *NWFPs* e, neste aspecto, as sociedades modernas dos grandes centros precisam considerar o valor das florestas e seus papéis cruciais na construção de economias inclusivas, resilientes e sustentáveis. No Brasil, as espécies vegetais que existem nas florestas tropicais são ricas em produtos não-madeireiros, principalmente relacionados à diferentes tipos de frutos, como, por exemplo, o cerrado brasileiro tem amêndoa de babaçu, buriti, mangaba pequi, acerola, dentro outros.<sup>20</sup>

A Organização das Nações Unidas (ONU) estipulou que os países deveriam tomar ações destinadas a alcançar os dezessete Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODSs). A proteção das florestas teve bastante espaço político na Agenda 2030 da ONU e está nomeadamente no ODS 15 que foi ratificados no Acordo de Paris. No entanto, se pode destacar que a sua importância engloba os ODSs 10-14, pois envolvem questões relacionadas com as mudanças globais climáticas nas cidades, além das atividades humanas que envolvam o consumo e produção responsáveis e sustentáveis; tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos; conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares, e dos recursos

marinhos; proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres; gerir de forma sustentável as florestas; combater a desertificação e deter e reverter a degradação da Terra e a perda da biodiversidade. A Figura 2 resume a relação que existe entre esses ODSs estabelecidos pela ONU, acima mencionados, e as florestas.



**Figura 2.** Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) que estão relacionados com a preservação das florestas

As florestas e as árvores podem desempenhar papéis cruciais no enfrentamento dessas crises e na mudança para “economias sustentáveis”. O caminho para se combater os eventos climáticos extremos deve envolver ações para a recuperação das florestas degradadas e deter o desmatamento das florestas remanescentes. Essas ações vão levar a recuperação das nascentes de água potável e evitar a perda da biodiversidade, sendo também o caminho para a recuperação social, cadeias econômicas e soluções ambientais (Figura 3).



**Figura 3.** Os caminhos que se correlacionam na recuperação das florestas

Os benefícios biosocioeconômicos das florestas com as práticas *NWFPs* têm sido destacados em diversas publicações mostrando as vantagens, tais como: na geração de renda das comunidades; segurança alimentar e nutricional; necessidades humanas básicas; e melhoria da qualidade de vida, como recentemente documentados

pelo relatório da FAO “*State of World’s Forest 2022*”.<sup>21</sup> É importante reproduzir o destaque inicial do relatório que afirma “Não haverá economia saudável em um planeta insalubre”. A deterioração ambiental está contribuindo para as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e o surgimento de novas doenças.

Dentre todos os *NWFPs*, cabe destaque especial para os óleos essenciais, as gomas, as resinas e os bálsamos vegetais naturais que podem ser coletados nas florestas sem a sua destruição. Esses materiais são misturas de diversos produtos naturais que são ecologicamente corretos, biocompatíveis, biodegradáveis e não tóxicos. A maioria dessas oleorresinas são produtos superiores, quando em comparação aos polímeros sintéticos devidos às aplicações alimentícias, cosméticas, farmacêuticas, biomédicas e industriais.

### 3. Oleorresina Exsudada de Plantas Como *NWFPs* de Alto Valor Agregado

No futuro, o uso de materiais obtidos de fontes biológicas deve ocupar o lugar de materiais sintéticos produzidos a partir de fontes petroquímicas não renováveis, pois oferecem várias vantagens por serem ecologicamente corretos, renováveis e biodegradáveis. Dentro dessa classe encontram-se as oleorresinas aromáticas exsudadas por plantas através de estruturas secretoras internas ou externas. Porém, nem todo exsudato resinoso de plantas tem uma parte aromática, pois a maioria tem em sua composição misturas de polissacarídeos. As plantas quando sofrem ataques de micro-organismos ou de insetos, ou até mesmo cortes na sua estrutura (danos físicos), podem produzir substâncias oleorresinosas. Essas substâncias têm função de defesa para o vegetal, formando uma barreira protetora, tanto física quanto química, contribuindo assim para evitar a entrada de, principalmente, fungos e bactérias.<sup>22</sup> Porém quando expostas ao ar, formam resinas ou gomas sólidas que atuam como barreiras para bloquear o dano e ajudar na recuperação do tecido do vegetal.<sup>23</sup> Sua síntese é constitutivamente ou induzida em regiões parenquimatosas como reação ou resposta a lesão física ou toque por meio de sinais genéticos específicos.<sup>24</sup> Muitos fatores podem afetar a produção, como a idade da árvore, competição entre árvores, dendrometria, sazonalidade e tempo de ferimento na produção de resina.<sup>25</sup>

Observando essas substâncias e suas funções para o vegetal, os seres humanos buscaram caracterizar suas estruturas químicas e evidenciaram possíveis aplicações que encontramos hoje em dia em diversos setores econômicos. A extração de oleorresinas pode ser realizada usando diversos métodos, incluindo destilação a vapor, extração com hidrocarbonetos ou solvente clorado, tratamento enzimático e fermentação e extração supercrítica de dióxido de carbono.<sup>26</sup>

Na literatura são referidas como gomas, lacas, materiais resinosos, resinas e bálsamos exsudados que se formam em

muitos tipos de árvores e arbustos. Esses materiais atraíram a atenção de diversas indústrias por possuírem propriedades físico-químicas importantes, tais como temperaturas de transição vítrea ajustáveis, proteção contra corrosão, baixo volume de contração e elasticidade. Essas gomas têm a capacidade de serem hidratadas em água quente ou fria e formarem géis ou sistemas de emulsão estabilizada. Com todas essas propriedades, existe muita expectativa no mercado de que essas oleorresinas sejam substituídas para muitas resinas poliméricas sintéticas não naturais e de origem não renováveis.<sup>27</sup>

As fontes das oleorresinas estão distribuídas em espécies em várias famílias, por exemplo, família Burseraceae que compreende 16 gêneros e mais de 800 espécies tropicais e subtropicais. Alguns desses gêneros produzem oleorresinas ricas em óleo essencial e em mono-, di- e triterpenos, em maior ou menor volume, mas as oleorresinas não são exclusivas dessa família.<sup>28</sup> Esses resíduos resinosos são complexas misturas oleorresinas de produtos naturais a base de polissacarídeos e terpenos que desempenham funções ecológicas.

As resinas naturais têm diversas fontes e composições químicas diferenciadas. Por exemplo gomas arábica (*Acacia senegal* e *Acacia seyal*),<sup>29</sup> goma tragacanto (*Astragalus gummifer*, *Astragalus gossypinus*, *Astragalus microcephalus*),<sup>30</sup> karaya (*Sterculia urens* L.),<sup>31,32</sup> guar (*Cyamopsis tetragonolobus*),<sup>33</sup> copal (*Protium copal*), breu (*Pinus palustris*, *P. elliottii*, *P. tropicalis*),<sup>34</sup> resina gamboge (*Garcinia hanburyi*),<sup>35</sup> goma do cajueiro (*Anacardium occidentale*),<sup>36</sup> goma de kauri (*Agathis australis*),<sup>37</sup> resinas de pinho, bálsamo-de-tolu (*Myroxylon balsamum*, *Toluidifera balsamum*),<sup>38</sup> bálsamo-de-copaíba (*Carapa guianensis* Aubl.),<sup>39</sup> bálsamo-do-peru (*Myroxylon balsamum* var. *pereirae*),<sup>40</sup> etc). Essas oleorresinas são apenas alguns exemplos conhecidos e seguros para consumo humano com base em estudos toxicológicos e longo histórico de uso pela humanidade em diversas aplicações medicinais e culturais. O mais interessante é que essas oleorresinas ainda têm nos dias atuais grande importância cultural e valores comerciais internacionais. Inicialmente são produzidos pelo vegetal sob a forma de líquido espesso, mas ao perderem os seus componentes mais voláteis (óleos essenciais) por evaporação ou destilação, deixam um resíduo sólido duro (a resina), insolúvel em água, mas solúvel em álcool e em hidrocarbonetos, que com o tempo, devido à oxidação e polimerização de alguns dos seus componentes, vai se tornando mais duro e insolúvel.<sup>23</sup>

As oleorresinas são exsudatos naturais compostos de duas partes que podem variar em seus aspectos físicos e propriedades: um óleo essencial volátil rico em mono e/ou sesquiterpenos e uma parte sólida lipofílica rica em álcoois triterpênicos pentacíclicos. A quantidade do óleo essencial volátil no exsudado depende da idade da resina. Quanto mais antiga a resina menos óleo ela contém. Os óleos essenciais e as resinas sólidas são mecanismos de defesa contra o estresse causado por injúrias físicas ou ataque de patógenos,

formando uma barreira protetora, tanto física quanto química, para evitar a entrada, principalmente de fungos e bactérias e em algumas espécies, os ditos besouros da casca.<sup>41,42</sup> Esses materiais podem ser estimulados a produzir essas oleorresinas sem eliminar as árvores. A produção pode ser bem planejada e dimensionada com fins comerciais. Em algumas espécies já foi evidenciado que as árvores são reguladas diferencialmente por fatores ambientais e efetores bioquímicos. Por exemplo, em *Pinus elliottii*, a temperatura foi mais importante que a precipitação como parâmetro ambiental, pois afetou a biossíntese da resina, sendo maior nos meses mais quentes, como primavera e verão; e em relação aos efetores bioquímicos. Quando nessa espécie foi aplicado ácido benzoico, do ácido salicílico e o ácido naftaleno acético, da auxina, foram aplicados individualmente nos locais da ferida, promoveram a exsudação da resina, pois a maioria das árvores tratadas com adjuvante apresentou maior fluxo de resina no segundo ano, indicando mecanismos de construção de resposta.<sup>41</sup>

Seus usos vão desde rituais religiosos até centenas de aplicações industriais. Os exsudatos frescos são líquidos que se transformam em um sólido macio e maleável. Os exsudatos mais antigos contêm apenas a parte sólida, pois os óleos contendo terpenos voláteis evaporaram ao longo dos anos formando também pedaços duros contendo triterpenos tetracíclicos e pentacíclicos. Essas resinas contêm esses diferentes tipos de triterpenos que lhes conferem alta lipofilicidade e dureza.

#### 4. Oleorresina Copal: O Alimento da Alma

Entre as gomas e resinas que estão disponíveis nos mercados internacionais encontra-se uma com o termo genérico “copal”, que se refere-se a um grande grupo de resinas que são colhidas da casca de certas árvores ou arbustos em diversas partes do mundo, caracterizadas por terem alto ponto fusão e dureza variável. Esses óleos resinosos foram usados desde os tempos pré-colombianos como incenso em cerimônias sagradas pelas antigas culturas asteca e maia que habitavam o sul do México. Essa resina era considerada por esses povos como o “alimentos dos deuses” ou o “alimento da alma” e sua fumaça era utilizada para entrar em transe ou estados alterados de consciência. Inicialmente, o nome copal era dado para todos os tipos de resinas aromáticas que usadas como incensos naturais durante os rituais, independente da espécie botânica que era coletada a resina. O copal fresco é usado como incenso por conter quantidade consideráveis de óleos essenciais. Ele não deve ser confundido com o âmbar vítreo empregado em joalheria que é o copal jovem endurecido por polimerização e oxidação ao longo de muitos séculos (copal subfóssil ou copalita). Existem diversos registros de até 100 a.c. sobre o uso do copal branco para os rituais da defumação de mortos e que continuam até os dias atuais no conhecido “Dia dos Mortos” no México.<sup>43</sup>

O copal se forma nos troncos das árvores como resultado de ataques na casca por insetos invasores que formam buracos em sua estrutura. Os odores amadeirados são geralmente compostos químicos usados para sua defesa. Para tapar esses buracos, a planta exsuda a oleoresina, inicialmente como gotas acinzentadas. Na colheita manual se usa uma faca curva para cortar ou raspar as gotas frescas da oleoresina. A camada externa é alisada e submetida ao calor para melhorar as propriedades adesivas e consolidar a massa.

Muitas aplicações são descritas para as resinas copal, como o uso de aglutinantes, em construção civil (lacas, vernizes, tintas, selante, material de enchimento, etc.), indústria alimentícia (sorvetes, bolos e doces), indústria de cosméticos (fragrâncias, formulações, etc.), indústria têxtil (produtos prensados e estampados), embalagem (aromatizantes, refrigerantes, sucos, bebidas alcoólicas, etc.), indústria de incenso, fabricação de adesivos, indústria elétrica e eletrônica (material de isolamento, transformadores, capacitores e outros equipamentos).

O copal que conhecemos atualmente é uma resina sólida obtida de várias espécies da família botânica Burseraceae, como por exemplo, o *Protium copal* que é uma árvore endêmica do México e de outros países da América. Uma parte dos copais comerciais no mercado internacional também são coletados de árvores do gênero *Agathis* (Araucariaceae).<sup>44</sup> Na Guatemala, a espécie similar que produz uma resina copal é a *Bursera simaruba*.

Os Maias usavam o copal de *Protium copal* Engl. como incenso durante as cerimônias por acreditarem em seus possíveis efeitos calmantes. Merali *et al.*<sup>45</sup> estudaram que esse tipo de incenso provocaria um comportamento ansiolítico, isso utilizando ratos como modelos animais. O estudo demonstrou que o este incenso realmente provoca efeitos

ansiolíticos por um comportamento de medo reduzido e um aumento na interação social. Os autores atribuíram os efeitos comportamentais ao alto teor dos triterpenos  $\alpha$  e  $\beta$ -amirina (Figura 4). Outros autores estudando o óleo essencial e resina de *Bursera schlechtendalii*, também verificaram esse efeito ansiolítico em camundongos, além de apresentaram forte atividade de repelência contra o *Aedes aegypti*.<sup>46</sup> O copal obtido de *Protium heptaphyllum* March da Amazônia tem sido utilizado para tratar doenças de pele, infecções, cicatrização de úlceras, cirrose e como analgésico. Além dos triterpenos  $\alpha$ - e  $\beta$ -amirina, uma mistura dos triterpenoides maniladiol e breína (Figura 4).<sup>47</sup>

Atualmente o copal é comercializado em diferentes formas. O duro é similar ao âmbar, o amarelo é a versão menos cara. O copal ouro é a resina obtida pela remoção completa da casca de uma árvore e o branco é a versão mais cara da resina, que é duro está misturado com uma resina leitosa e pegajosa. Essas resinas aromáticas têm extenso mercado internacional. Prevê-se que esse mercado da resina copal cresça a uma CAGR (Compound Annual Growth Rate), ou taxa de crescimento anual composto de 5,5% entre 2018-2030. O crescimento do mercado pode ser atribuído às diversas aplicações e a crescente conscientização sobre os benefícios do uso de produtos de fontes renováveis obtido das florestas de forma sustentável.<sup>48</sup> Esses produtos obtidos de florestas naturais deveriam ter uma certificação de origem para que sejam mais valorizadas na comercialização e aumentar a renda e a qualidade de vida dos povos das florestas, pois a exploração sustentável dos produtos florestais não-madeireiros é apontada como uma importante estratégia para a conservação da biodiversidade e também para a geração de renda e qualidade de vida das populações rurais.<sup>49</sup>

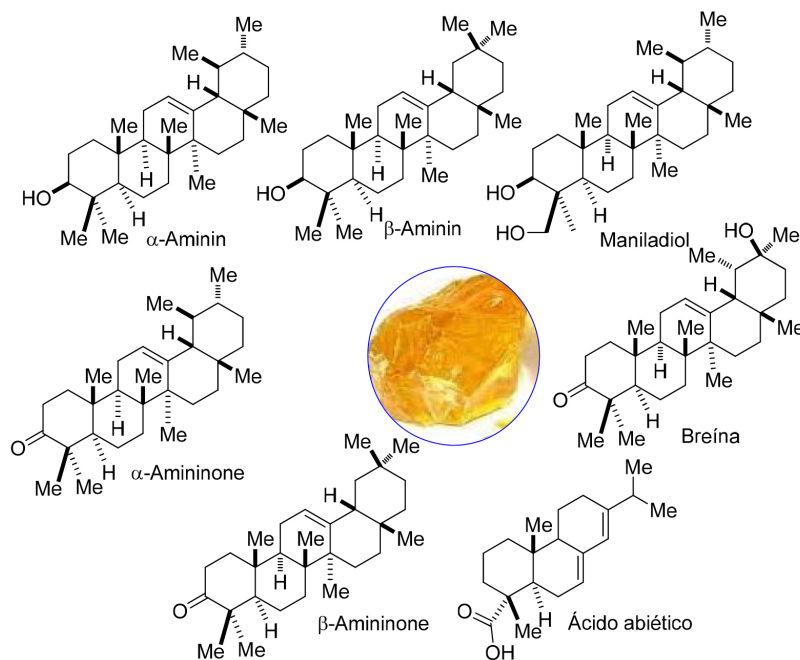


Figura 4. Triterpenos presentes na oleoresina copal e breu

## 5. Breu, Terebentina e Tall: da Oleorresina Vegetal às Múltiplas Aplicações

Em várias florestas no planeta existem muitas espécies de Burseraceae que produzem exsudados nos troncos, exsudados esses conhecidos como resina do pinheiro que contêm 30% de óleo (parte volátil terebentina) e cerca de 70% do sólido (breu ou colofônia). O breu é separado da resina bruta por destilação de arraste com vapor. Essa oleorresina se forma no caule quando ela sofre alguma lesão e a sua extração é por canais abertos sob a casca do tronco da árvore.

Apesar do valor atual dos derivados do óleo de pinheiro proveniente da árvore da família das Pinaceae, como por exemplo, as espécies *Pinus Elliottii*, *P. yunnanensis*, *P. lateri* e *P. tabulaeformis*, o exsudado bruto de breu ou colofônia ainda tem sido muito utilizado pelas civilizações das florestas, pois seu uso ocorrer por milênios, para diversas aplicações, como produtos medicinais contra doenças e em feridas, bem como em rituais religiosos.<sup>50</sup> Esse termo colofônia vem do nome da antiga cidade de Cólifon da Jônia, atual Turquia, onde era comercializada no Século I.

A goma ou resina do pinheiro é um *NWFPs* que pode ser coletado das florestas nativas usando o processo de extração por corte controlado no pinheiro, pois é economicamente viável, tendo inclusive comércio internacional. O tamanho do mercado global da oleorresina do pinheiro foi estimado em US\$ 5,5 bilhões em 2022 e está projetado para atingir US\$ 6,8 bilhões, com CAGR de 4,5%, até 2027.<sup>51</sup> A resina bruta em si não é tão importante, mas são os produtos obtidos da destilação por arraste de vapor que produzem um óleo chamado de terebentina e um sólido conhecido como breu. Ambos os produtos da oleorresina do pinheiro são uma fonte *NWFPs* sustentável e auxiliam na redução da emissão de carbono para o meio ambiente. Há muitas aplicações desses produtos nas indústrias de adesivos, papel e celulose, revestimentos, selantes, tintas de impressão, borracha, sabões e detergentes. A China é o principal produtor dessa resina do pinheiro, mas a produção no Brasil também é relevante. Essa indústria é um setor multibilionário que produz oleorresina de pinho, terebentina, breu e madeira macia<sup>52</sup> que são usados diariamente em quase todo o mundo.

Como a oleorresina do pinheiro se tornou um material natural valorizado no mercado, essa resina e seus derivados passaram a ser extraídos de florestas homogêneas plantadas e não de florestas naturais. A resina para a produção de terebentina e o breu (colofônia) nessas florestas se tornaram produtos em alta escala. O breu é comercializado em muitas lojas de materiais de construções para uso em marcenaria, calafetagem de barcos, adesivos, tintas, vernizes, cera de vedação indústria de aromas e fragrâncias, dentre outros. Mas também tem aplicações em artesanato, material para iniciar uma fogueira, repelente natural, fixador de odor, revestimento em produtos farmacêuticos, agentes desemulsificantes e emulsificantes, agente de vitrificação,

extração e recuperação de minerais de minérios, gomas de mascar instrumentos de arco e corda, no tratamento da osteoporose, artrite, artrose etc.

A principal fonte de terebentina ou óleo de terebentina vem do processo Kraft de polpação química de celulose da madeira do pinus, planta em florestas homogêneas ou resto de madeiras das florestas. Esse processo está muito bem consolidado,<sup>53</sup> pois é versátil e econômico e praticamente todos os subprodutos são aproveitados. Os principais subprodutos da polpação kraft de pinheiros são a terebentina cuja quantidade varia entre 5 e 10 kg/t polpa e um óleo conhecido como *tall* (em sueco *tall* significa pinheiro) que varia entre 30 e 50 kg/t polpa.

O óleo *tall* é uma mistura amarela escura ou negra separada do restante na forma de sabão que é coletado por decantação e transformado no óleo de *tall* bruto. Sua composição química contém os ácidos abiético, pimárico, oleico, palmítico, linoleico e alguns outros compostos não ácidos, como esteróis. O óleo *tall* bruto é considerado um produto base biológica, porém para ter utilidade precisa de diversas destilações fracionadas e separar os componentes em produtos específicos: resinas de óleo de “*tall oil*”, ácidos graxos de óleo de *tall*, piche e o destilado. O óleo de *tall* mais refinado pode ser usado como em mistura com diesel.<sup>54</sup> Esses produtos podem ser usados como aditivos de combustível, adesivos, tintas de impressão, adesivos para alimentos, estabilizadores de suspensão etc. O óleo de *tall* tem mercado global internacional e foi estimado em 2020 o valor de US\$ 543,7 milhões, mas que deve atingir o valor US\$ 677,9 milhões até 2027, crescendo a um CAGR de 3,2%.<sup>55</sup>

Várias áreas de aplicação utilizam a terebentina como solvente em síntese orgânica, aditivos de óleo, biocombustível, tintas e vernizes inseticidas. Estima-se que a produção mundial de terebentina ultrapasse 330.000 toneladas,<sup>56</sup> maior do qualquer outro óleo essencial. Os médicos da antiguidade usavam o óleo terebentina contra doenças pulmonares, litíase biliar, nevralgia, blenorreia, constipação, gota e a cistite. Ainda nos dias atuais o óleo de terebentina de boa qualidade tem sido usado em remédios caseiros internos no sistema de medicina alternativa e na remoção de *gutta-percha* do canal radicular. A terebentina tem um grande mercado global internacional<sup>57</sup> que está estimado em chegar a US\$ 1,05 bilhão até o final de 2022 e que alcance em 2028 o montante de US\$ 1,51 bilhões com uma CAGR de 5,4%.<sup>58</sup>

A composição química da terebentina é bastante complexa e depende da espécie que deu origem ao óleo.<sup>59</sup> Ela tem basicamente monoterpênicos, porém os mais abundantes são os  $\alpha$ - e  $\beta$ -pineno, porém tem muitos outros em menores quantidades, como o canfeno, dipenteno, careno e o terpinoleno (Figura 5). Os óleos de terebentina com maiores teores de  $\alpha$ -pineno são aproveitados para separação desses monoterpênicos que têm diversas aplicações em fragrâncias e como reagente em síntese orgânica.<sup>60</sup>

O breu é a parte sólida de resina bruta que é obtido por vaporização dos componentes terpenos líquidos voláteis

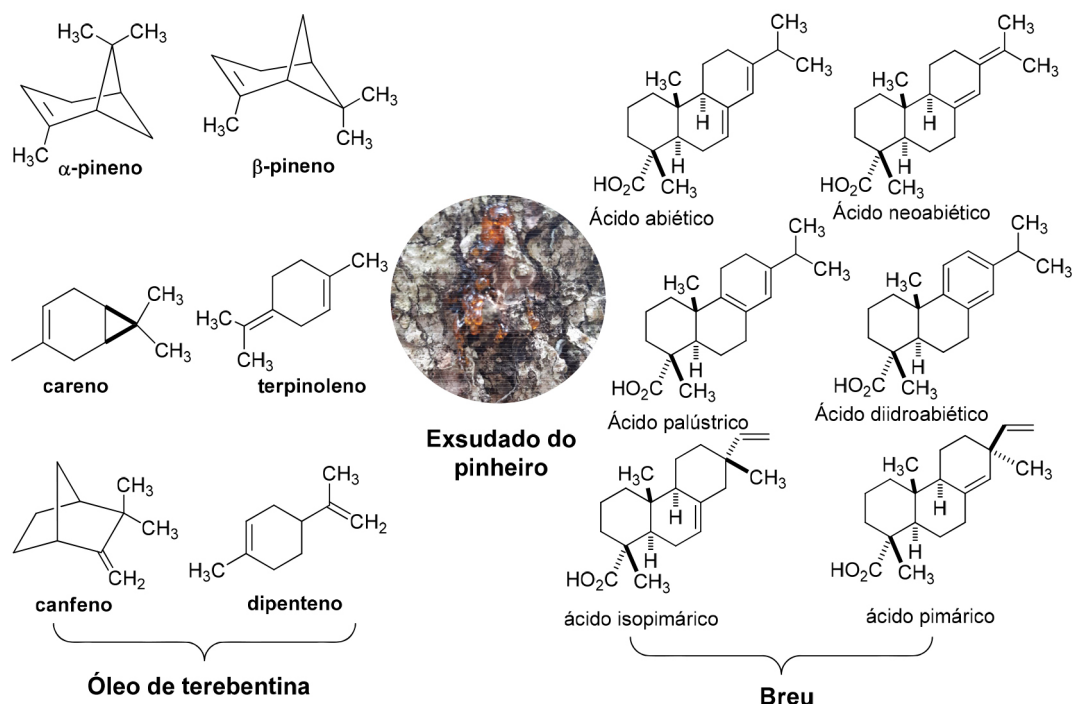


Figura 5. Alguns terpenos presentes na terebentina e no breu

da resina líquida fresca. É semitransparente e vem em uma variedade de cores que vão do amarelo ao preto, sendo que cor depende da espécie vegetal e do processo de obtenção.

A resina é quebradiça à temperatura normal, mas derrete a uma temperatura mais alta. É composto principalmente de ácidos de colofônia, particularmente ácido abiético. O óleo do breu tem ação anti-inflamatória e analgésica e muitas outras. O componente químico principal desse óleo é o diterpeno ácido abiético. No entanto, ele tem muitos outros diterpenos em sua composição química, como os ácidos neoabiético, desidroabiético, palústrico, pimárico, isopimárico, levopimárico e dextropimárico e o dímero do ácido abiético. Como o ácido abiético é abundante, fácil isolamento e de muita importância comercial, ele tem sido utilizado em muitas transformações químicas na busca de novos diterpenos bioativos.<sup>61</sup>

## 6. Mirra: dos Tempos Bíblicos ao Mercado Internacional

A mirra é uma oleorresina secretada das árvores do gênero *Commiphora* que é composto por mais de 200 espécies da família Burseraceae, como por exemplo, *Commiphora myrrha*, *C. abyssinica*, *C. ellenbeckii*, *C. opobalsamum*, *C. habessinica*, *C. holtziana*, dentre outras. Arbustos e árvores desta família crescem melhor em climas quentes, extremos ou tropicais e são conhecidos por seus exsudatos resinosos ou aromáticos. São nativas do nordeste da África e da Península Arábica, sendo de maior ocorrência na Somália e Etiópia que são os maiores produtores.<sup>62</sup>

A oleorresina é coletada ao se fazer incisões na casca das árvores, causando a exsudação de uma resina amarelada, que é produzida para selar a lesão e que quando exposta ao ar seca por polimerização, endurece e torna-se um sólido vítreo de coloração marrom-avermelhado. A mirra consiste em uma goma e um óleo volátil que é solúvel em água e em álcool. Essa oleorresina é uma mistura bastante complexa de terpenos e polissacarídeos cuja composição varia dependendo das espécies.

Outros tipos de oleorresinas de mirra, que apresentam composições diferentes são obtidas de outras espécies. Essas oleorresinas aromáticas contêm uma série de substâncias químicas voláteis, como o monoterpene, sesquiterpenos (especialmente furanosesquiterpenos), triterpenos, polissacarídeos, etc., que possivelmente são os responsáveis pelas atividades curativas de pele, diarreia, doenças periodontais, antissépticas, anestésicas, antibacterianas, antifúngicas, tratamento de anti-inflamatório de feridas, inchaços, limpador e hidratar de rosto.<sup>63</sup> O incenso quando queimado emite um aerossol aromático capaz de aliviar problemas respiratórios, resfriado, tosse, congestão e catarro. Essa oleorresina também foi muito usada para tratar a febre do feno que é um tipo de rinite alérgica devido ao pólen emitido por certas gramíneas.

Desde os tempos bíblicos essas gomas têm sido usadas como um óleo sagrado, agente perfumador e um incenso aromático religioso como incenso para rituais de saúde, embalsamento e purificação. Os compostos responsáveis pela aparência resinosa são polissacarídeos e proteínas, enquanto o óleo volátil é composto por esteroides, esteróis e terpenos. O odor característico da mirra é oriundo de diversos sesquiterpenos voláteis.<sup>22</sup>



As composições químicas dos óleos das espécies do gênero *Commiphora* começaram a ser investigadas no início do Século XX, sendo que a partir desses estudos, muito produtos foram isolados. Dependendo da espécie há variações nas composições dos óleos, desde monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, esteroides e vitaminas. A espécie *C. myrrha* tem diversos terpenos em sua composição<sup>64</sup> que, em proporções variadas, conferem suas propriedades aromáticas e biológicas. Na Figura 6 encontram-se alguns exemplos de sesquiterpenos que foram isolados dessa espécie, dentre muitos outros terpenos.<sup>65-69</sup>

Tradicionalmente, o óleo essencial de mirra era usado para embalsamar múmias, mas também para tratar a febre do feno, além de seu uso como fragrância, aromatizante e antisséptico para tratar feridas e parar sangramentos, pois o óleo essencial de mirra inibe o crescimento de micro-organismos dentro do corpo devido às suas propriedades antimicrobianas, o que posteriormente reduz os problemas causados por infecções causadas por micro-organismos.<sup>70</sup>

Assim, a oleoresina de mirra tem mercado internacional e estima-se que esse mercado global cresceu com um CAGR de 4,1% entre 2019 e 2027 e que atingirá US\$ 268,8 milhões até 2027.<sup>71</sup> O mercado global da oleoresina de mirra está segmentado nos setores farmacêuticos (formulações de medicamentos, cuidados com a pele), cosméticos (aromaterapia) e cuidados pessoais (sabonetes, desodorantes, xampus, condicionadores, loções corporais, ambientadores e tônicos) e alimentos e bebidas (agente aromatizante). Em termos de produtos comerciais o mercado está segmentado nas formas líquidas, cápsulas, pós e em cremes.

Alguns dos principais comerciantes que disputam o mercado global de óleo de mirra são: Good Scents Company, Plant Therapy, Venkatramna Industries, Shaanxi Yuanjian Biological, Xi'an Fengzu Biological, doTerra International e Mountain rose herbs.<sup>71</sup> Há expectativas de crescimento do mercado global do óleo de mirra na América do Norte e a América Latina, devido a grande utilização desse óleo.<sup>72</sup>

## 7. Goma Arábica: O Mais Antigo Exsudado Usado pela Humanidade

A goma arábica, também conhecida como goma de acácia, goma sudani, goma do Senegal, goma indiana, é uma resina natural incolor, insípida, inodora, comestível e com alta solubilidade (5000 g.L<sup>-1</sup>), sendo o pH da solução levemente ácido (pH 4,66). Ela é aprovada como aditivo alimentar pelo FDA (Food and Drug Administration) e ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) com o código internacional INS E-414. Essa goma natural tem propriedades emulsificante em água e está presente em pequenas concentrações em diversas caules e galhos das árvores de várias espécies do gênero *Acácia* (cerca de 900 espécies) da família Leguminosae. Porém, ela é comercialmente obtida de cortes paralelos nas árvores de *Acácia senegal* (L.) e *Acácia seyal* (Vachellia) que são árvores resistentes em zonas climáticas áridas, subtropicais e semiáridas, como Sudão, Nigéria, Senegal e Mauritânia.<sup>73</sup> O Sudão é o maior produtor nas planícies argilosas a leste e solos arenosos a oeste.<sup>74</sup>

As acácias acima mencionadas produzem um polissacarídeo natural de composição variável, que em contato com a água reduz a tensão superficial e forma uma emulsão espessa. Com essa propriedade físico-química de se ligar à água, associada a baixa toxicidade, e capacidade de formar filmes e géis, além de apresentar biodegradabilidade e ser de origem de fontes renováveis, a goma arábica apresenta inúmeras aplicações em diversos setores industriais.<sup>75</sup> A goma extraída de *A. senegal* tem cerca de 10,75% de teor de umidade, o que determina a dureza da goma e teor médio de cinzas como 3,27%.

A goma arábica é o exsudado de planta mais antigo que se tem notícia de utilização pela humanidade e, portanto, tem uma história fascinante. Ela foi utilizada há milênios em aplicações alimentares, cosmético e no processo de mumificação. Também foi usada como aglutinante de pigmento e adesivo em tintas para fazer hieróglifos, e a inscrição antiga se refere

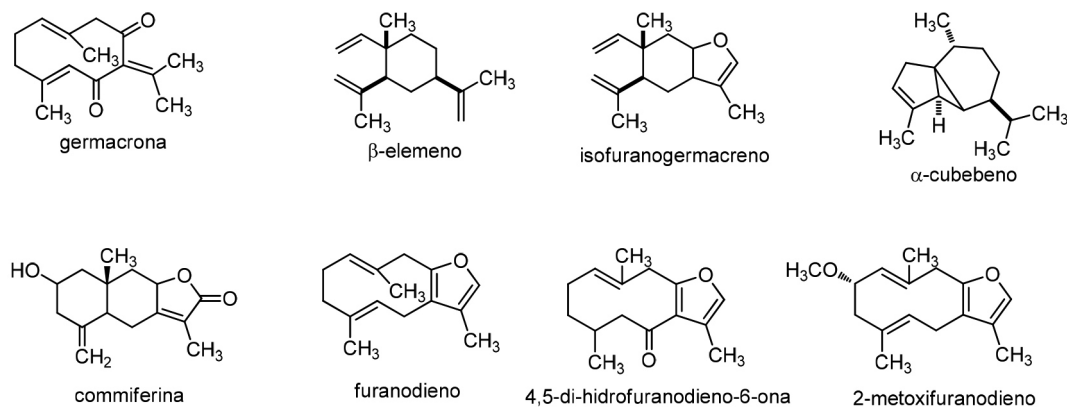


Figura 6. Exemplos de sesquiterpenos presentes em *Commiphora myrrha*

à goma com o nome kami.<sup>76</sup> A sua importância foi muito significativa, inclusive por guerras pelo controle da sua produção e comercialização.

A goma arábica tem um mercado internacional que foi estimado em US\$ 300 milhões com crescimento projetado de 5,4% CAGR até 2025.<sup>77</sup> Outra empresa que fez pesquisa e projeções sobre o mercado global de goma arábica estimou o seu valor em US\$ 771,6 milhões no ano de 2020 e que deverá atingir um tamanho de US\$ 1,1 bilhão até 2027, crescendo com a mesma CAGR.<sup>78</sup>

As principais fontes de goma arábica são das plantas *Acacia Senegal* (L.) e *Acacia seyal*. Até o final de 2025, a primeira será a fonte primária e a goma mais vendida em US\$ 270 milhões, enquanto a segunda terá um consumo de mais cerca de 90 mil toneladas. Este crescimento constante é devido a maior preferência dos consumidores por emulsificante naturais e ricos em fibras em formulações alimentícias. Os produtos alimentares naturais estão se tornando cada vez mais populares em todo o mundo devido aos seus benefícios à saúde e ao meio ambiente.<sup>79</sup> À medida que a conscientização do consumidor sobre os alimentos se expande, assim como a compreensão da correlação entre nutrição e benefícios para a saúde, os consumidores procuram cada vez mais alimentos mais saudáveis.<sup>80</sup>

A maior produção da goma arábica do mundo está centrada na África, especificamente no Sudão, Nigéria e Chade. Em termos de aplicação industrial, 60% da goma arábica produzida será usada no setor de alimentos e bebidas. A goma arábica é predominantemente carboidrato composto por aproximadamente  $\beta$ -D-galactose (44%), L-ramnose (13%), L-arabinose (27%), ácido  $\beta$ -D-glucurônico e ácido 4-O-metil- $\beta$ -D-glucurônico (16%).<sup>84</sup>

A função da goma arábica nas formulações é como agente de revestimento, substituto de gordura, espessante, gelificante, texturante e estabilizantes nas indústrias de alimentos, bebidas, farmacêuticas, cosméticas e tintas. Especificamente são usados em comprimidos, agente formador de filme, umectante, antioxidante, agente de suspensão na produção de produtos farmacêuticos (ex. espessante para xaropes e recobrimento de comprimidos), formulações cosméticas, gomas de mascar, fabricação de papel, aditivo em esmaltes cerâmicos, processamento de carne, encapsulamento de sabores, aromas e corantes em forma de pó, processamento de sucos vegetais, produtos de confeitaria, doces e chocolates. Essa goma tem sido usada por muitos séculos nas confeitarias devido à sua capacidade de evitar a cristalização do açúcar, modificar a textura, emulsionar e manter os componentes gordurosos uniformemente distribuídos. Atualmente tem sido muito utilizado nas confeitarias e produtos farmacêuticos com alto teor de açúcar (pastilhas, balas, gomas, xaropes).

A goma arábica foi muito utilizada pelos pintores para conferir adesão dos pigmentos a tela das aquarelas e atualmente em bioimpressão por impressora 3D que confere à tinta de um excelente poder de auto adesão.<sup>82</sup> Há muitos outros usos indicados para a goma arábica, como a liberação controlada de substâncias como fármacos,<sup>83-85</sup>

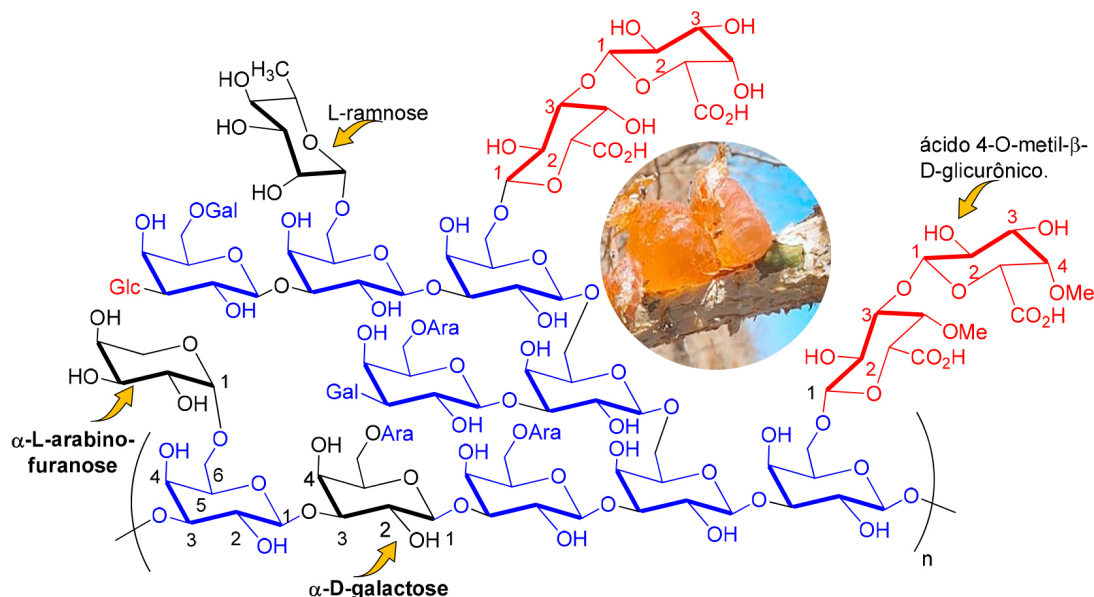
fragrâncias, óleos essenciais<sup>86,87</sup> e flavorizantes em bebidas e formulações alimentícias.<sup>88</sup> Essas formulações contêm muitos componentes além dos ingredientes ativos para auxiliar no processo de fabricação, e a goma arábica atende muito bem aos requisitos para um excipiente<sup>89</sup> (não toxicidade, estabilidade, disponibilidade e renovabilidade). Elas também são indicadas para proteger a superfície de frutas e legumes contra-ataques de micro-organismos e da oxidação. O revestimento do tomate<sup>90,91</sup> e maçã<sup>92</sup> com goma arábica retarda o seu processo de amadurecimento e mantém a sua capacidade antioxidante.

Quimicamente a goma-arábica é um hetero polissacarídeo composto principalmente de unidades  $\beta$ -D-galactopiranosila ligadas nas hidroxilas das posições 1,3.<sup>93,94</sup> As ramificações variam entre duas e cinco cadeias de  $\beta$ -D-galactopiranosila ligados entre si. As ramificações contêm unidades adicionais de  $\alpha$ -1-arabinofuranosila e  $\alpha$ -L-ramnopiranosila e terminadas com resíduos de ácido D-glucurônico e o 4-O-metil- $\beta$ -D-ácido glucurônico. Como a goma é uma mistura de vários polissacarídeos de massas moleculares diferentes, a composição de L-arabinose, L-ramnose e ácido D-glucurônico e unidades  $\beta$ -D-galactopiranosila e múltiplas glicoproteínas (Figura 7). A goma em solução aquosa pode se apresentar levemente ácida ou neutra quando na forma de sal misto de magnésio e potássio. O teor de proteínas varia de acordo com a origem geográfica, a constituição do solo, época de coleta e espécie vegetal.<sup>95</sup>

## 8. Goma de Caju: A Alternativa Brasileira

Os polissacarídeos naturais como a goma arábica, são solúveis em água formando hidrocoloides e têm propriedades importantes que são exploradas por diversas indústrias. O Brasil não é um produtor dessa goma, mas é importador para uso nos diversos produtos em que são aplicados. Porém, há outro polissacarídeo natural que pela sua capacidade de formar filmes e géis, pode substituir outras gomas (ex. goma arábica). A goma de caju é um heteropolissacarídeo complexo obtido de *Anacardium occidentale* (L.), da família Anacardiaceae, que pode ser usado em diversos produtos industriais em substituição às tradicionais gomas disponíveis no mercado.

O cajueiro é nativo do Norte e Nordeste do Brasil, mas foi introduzido na África e na Índia pelos portugueses e hoje está espalhado por várias regiões asiáticas (Vietnã, Tanzânia e Indonésia). É uma árvore de médio porte que sempre está verde e adaptada ao clima tropical. As plantações dos cajueiros são importantes para a economia, pois geram muitos empregos durante a sua colheita e processamento dos vários produtos derivados, tais como o caju (pseudofruto), e a castanha do caju é um fruto-cariopse, onde a semente é intimamente ligada. A castanha de caju ou noz de caju é o principal produto, sendo consumida desde crua até torrada e possui ação terapêutica como tônico-estimulante, contra a impotência sexual e na debilidade decorrente de



**Figura 7.** Cadeia parcial da goma arábica mostrando resíduos  $\beta$ -D-galactopiranosila  $\beta$ -D-galactopiranosose (Gal),  $\alpha$ -L-arabinofuranose (Ara),  $\alpha$ -L-ramnopiranosose (Rha), ácido  $\beta$ -D-glicurônico (GlcA)

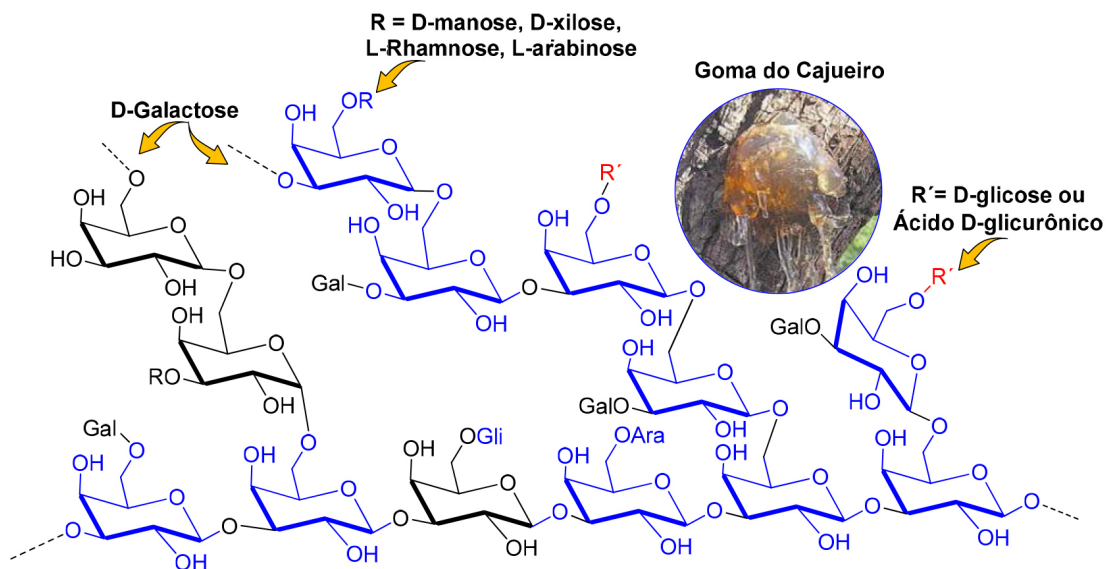
enfermidades.<sup>96</sup> O mesocarpo do caju é utilizado para doces, compotas, geleias e desidratados; e o suco para refrigerantes, bebidas, vinho de caju, cajuína, diversas modalidades da castanha, goma e folhas usadas para fins nutricionais, medicinais e industriais.<sup>97,98</sup>

A área cultivada no Brasil é de aproximadamente 332 mil hectares sendo na região Nordeste a maior produtora (99,7%). Com relação a goma do cajueiro, sua produção ainda não é grande, mas começou a crescer no devido aso estudos mais recentes em formulações farmacêuticas e alimentícias.<sup>99</sup> O número de patentes voltadas para inovações contendo goma de cajueiro também aumentou.<sup>100,101</sup>

A composição química da goma do cajueiro em termos de monossacarídeos é muito similar a goma arábica da

*A. Senegal*, mas o teor de cadeias ramificadas com unidades  $\beta$ -D-galactopiranosila ligadas pelas hidroxilas dos carbonos C1 e C3 é bem superior (Figura 8). A composição do exsudado do cajueiro varia bastante dependendo da fonte. No Estado do Ceará,<sup>102</sup> a goma contém 72-73% de D-galactose, 11-14% de D-glicose, 4,6-5% arabinose, 4,7-6,3% ácido D-glicurônico, 3,2-4,0% L-ramnose, além de traços de D-manose, D-xilose e ácido 4-O-metil-D-glicurônico (menor que 2%). Dependendo da origem, a massa molecular da goma varia entre  $1,5 \times 10^4$ - $2,3 \times 10^4$   $\text{g mol}^{-1}$ .

A cadeia produtiva do cajueiro é composta de diversos produtos comerciais que incluem desde os produtos oriundos do pseudofruto, como o fruto-cariopse, como o suco e o óleo da torrefação das castanhas. A castanha do



**Figura 8.** Estrutura proposta para goma do cajueiro por Anderson e Bell<sup>103</sup>

caju é o produto mais valorizado no mercado internacional, pois são amêndoas comestíveis, sendo ricas em óleo e proteínas.<sup>104</sup> O óleo obtido extraído da castanha é usado como lubrificante na produção de plásticos.

O mercado global de castanha de caju atingiu um valor de cerca de US\$ 5,4 bilhões em 2021. Espera-se que o mercado cresça ainda mais no período de previsão de 2022-2027 em um CAGR de 4,80% para atingir quase US\$ 7,2 bilhões em 2027.<sup>105,106</sup> Os maiores produtores da castanha de caju são Costa do Marfim (28,1%), Índia (16,2%) e Tanzânia (14,4%).<sup>107</sup> A produção do Brasil de castanha de caju ficou em 110.669 toneladas em 2021 sendo um número significativamente menor do que a safra passada, 2020 quando foram produzidas 139.921 toneladas do fruto.<sup>108</sup>

A goma de cajueiro também serve de alimentos para insetos e muito pequenos símios do gênero *Mico* que mordem o caule do cajueiro para que se produza a goma e essa sirva para sua alimentação. Ela apresenta propriedades reológicas e mucoadesivas que podem encontrar muitas aplicações, como sistemas de entrega para medicamentos.<sup>109,110</sup> A goma do cajueiro apresenta algumas atividades biológicas,<sup>111</sup> como anti-diarreicas, gastroprotetoras, anti-inflamatórias, antioxidantes, antitumorais, larvicida e antimicrobianas.<sup>112</sup> Como todos os polissacarídeos naturais, a goma do cajueiro podem servir de matéria para diversas modificações química (ex. termoplásticos<sup>113</sup>).

## 9. Conclusões

Os humanos ocupam o mesmo espaço na Terra que as florestas, mas a relação entre esses dois grandes conjuntos biológicos não tem sido muito amigável. Em realidade o aumento da população tem cada vez mais pressionado as florestas que estão ameaçadas pelas atividades econômicas humanas, promovendo o desmatamento para exploração econômica das madeiras, fragmentação por invasão urbana, garimpagem para exploração de minerais e conversão do solo em áreas para produção agropecuária.

A diminuição gradual das florestas está causando mudanças climáticas que levam à diversos eventos extremos. O desaparecimento gradual das florestas irá acarretar um futuro em que os eventos climáticos serão mais graves, com mais casos de mortes e devastações nas cidades.

As florestas podem ser mais lucrativas, se exploradas de forma racional sem a sua destruição, colaborando para uma economia socioambiental. Além de fornecer muitos produtos florestais não-madeireiros (NWFPS), as florestas podem ser lucrativas com o turismo ecológico gerando empregos e rendas, alimentos e remédios, retenção e fornecimento de água potável, fixação do carbono, desacelerar o aquecimento global e manter a diversidade das espécies. Como são capazes de absorver grandes quantidades de energia solar e gás carbônico, a coleta de galhos e troncos secos são uma fonte importante de energia.

Neste artigo foi destacado, especificamente, uma breve descrição sobre a origem, propriedades físicas, classificação, aplicações e composição química das oleorresinas naturais renováveis de maior significado econômico internacional. Essas resinas têm sido obtidas de plantas pela humanidade, por milênios. A destruição das florestas causará um enorme impacto socioeconômico na obtenção dessa oleorresinas e gomas exsudadas das plantas. Além disso, muitos outros no meio ambiente. Em especial, é importante se destacar que há uma falta de políticas no Brasil para a conservação das nossas florestas e matas, como por exemplo a Mata Atlântica que praticamente só restou 7%.

## Agradecimentos

Agradecemos a bolsa de produtividade concedida para Ferreira, V. F. e da Silva, F. C. pelo CNPq. A FAPERJ pela bolsa de pós-doutorado de Ferreira, P. G. O apoio financeiro foi concedido pela FAPERJ nos projetos E-26/010.101106/2018, E-26/010/00168/2015 (Pensa Rio), E-26/202.800/2017, SEI-260003/001178/2020 (temático).

**Conflitos de Interesse:** Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências Bibliográficas

1. Diamond, J.; *Colapso: Como as Sociedades Escolhem Fracassar ou Ter Sucesso*, Record: Rio de Janeiro, 2007.
2. Moore, J.; Rees, W. E.; *Em State of the World 2013*, Island Press: Washington DC, 2013.
3. Sítio Brasil de Fato. Disponível em: <https://www.brasildefatodf.com.br/2022/09/09/bolsonaro-sanciona-reducao-de-40-da-floresta-nacional-de-brasil>. Acessado em: 12 dezembro 2022.
4. Sítio FAO, Non-wood forest products. Disponível em: <https://www.fao.org/3/y1997e/y1997e0f.htm>. Acessado em 9 setembro 2022.
5. Hansen, M. C.; Wang, L.; Song, X.-P.; Tyukavina, A.; Turubanova, S.; Potapov, P. V.; Stehman, S. V.; The fate of tropical forest fragments. *Science Advances* **2020**, *6*, eaax8574. [Crossref]
6. Jolly, W. M.; Cochrane, M. A.; Freeborn, P. H.; Holden, Z. A.; Brown, T. J.; Williamson, G. J.; Bowman, D. M. J. S.; Climate-induced Variations in Global Wildfire Danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* **2015**, *6*, 7537. [Crossref]
7. Flannigan, M.; Cantin, A. S.; de Groot, W. J.; Wotton, M.; Newbery, A.; Gowman, L. M.; Global Wildland Fire Season Severity in the 21st century. *Forest Ecology and Management* **2013**, *294*, 54. [Crossref]
8. Song, X.-P.; Hansen, M. C.; Potapov, P.; Adusei, B.; Pickering, J.; Adami, M.; Lima, A.; Zalles, V.; Stehman, S. V.; Di Bella, C. M.; Cecilia, C. M.; Copati, E. J.; Fernandes, L. B.; Hernandez-Serna, A.; Jantz, S. M.; Pickens, A. H.; Turubanova, S.; Tyukavina A.; Massive soybean expansion in South America since 2000 and

- implications for conservation. *Nature Sustainability* **2021**, *4*, 784. [Crossref]
9. Seciuk, C.; Com nova lei, “floresta em pé” pode render até R\$ 1,4 bilhão ao ano em créditos de carbono. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/creditos-de-carbono-quanto-floresta-em-pe-pode-render-nova-lei/>. Acessado em: 10 setembro 2022.
  10. Tong, X.; Brandt, M.; Yue, Y.; Ciaias, P.; Jepsen, M. R.; Penueles, J.; Wigner, J.-P.; Xiao, X.; Song, X.-P.; Horion, S.; Rasmussen, K.; Saatchi, S.; Fan, L.; Wang, K.; Zhang, B.; Chen, Z.; Wang, Y.; Li, X.; Fensholt, R.; Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration. *Nature Communications* **2020**, *11*, 129. [Crossref]
  11. Sítio Fundação Amazônia Sustentável. Disponível em: <https://fas-amazonia.org/blog-virgilio-viana/2020/12/01/5307/>. Acessado em: 9 setembro 2022.
  12. Sítio Fundação Amazônia Sustentável. Disponível em: <https://fas-amazonia.org/publicacao/activities-report-2021/>. Acessado em: 9 setembro 2022.
  13. Boff, L.; *O pescador Ambicioso e o Peixe encantado*. Vozes: Petrópolis, 2022.
  14. Rashid, A. Z. M. M.; Khan, N. A.; Hossain, M.; *Legal and Policy Issues of Non-Wood Forest Products of Asia Knowledge, Conservation and Livelihood*; Rashid, A. Z. M. M., Khan, N. A., Hossain, M., eds.; Springer Nature: Switzerland AG, 2022, cap. 1. [Crossref]
  15. Emery, M. R.; McLain, R. J.; *Non-Timber Forest Products: Medicinal Herbs, Fungi, Edible Fruits and Nuts, and Other Natural Products from the Forest*. Food Products: New York, 2001.
  16. Biojóia: moda sustentável. Disponível em: <https://vivoverde.com.br/biojoia-moda-sustentavel/>. Acessado em: 4 outubro 2022.
  17. Sítio da FAO. Living in and from the forests of Central Africa. Rome, 2017. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i6399e/i6399e.pdf>. Acessado em: 4 outubro 2022.
  18. Wojnarowska, M.; Sottysik, M.; Guzik, M.; *The 20th International Scientific Conference Globalization and its Socio-Economic Consequences 2020*, 2021. [Crossref]
  19. Sorrenti, S.; Non-wood forest products in international statistical systems. Non-wood Forest Products Series no 22. Rome, FAO, 2017. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i6731e/i6731e.pdf>. Acessado em: 4 outubro 2022.
  20. Afonso, S. R., Ângelo, H.; Market of Non-Wood Forest Products from the Brazilian Savanna. *Ciência Florestal* **2009**, *19*, 315. [Link]
  21. The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. Rome, FAO, 2022. [Crossref]
  22. Forezi, L. S. M.; Ferreira, P. G.; Hüther, C. M.; da Silva, F. C.; Ferreira, V. F.; Aqui Tem Química: parte IV. Terpenos na Perfumaria. *Revista Virtual de Química* **2022**, *14*, 1005. [Crossref]
  23. Gigante, B.; Resinas Naturais. *Conservar Patrimônio* **2005**, 33. [Link]
  24. Khan, A. L.; Asaf, S.; Numan, M.; AbdulKareem, N. M.; Imran, M.; Riethoven, J.-J. M.; Kim, H.-Y.; Al-Harrasi, A.; Schachtman, D. P.; Al-Rawahi, A.; Lee, I.-J.; Transcriptomics of tapping and healing process in frankincense tree during resin production. *Genomics* **2021**, *113*, 4337. [Crossref]
  25. Zas, R.; Quiroga, R.; Touza, R.; Vázquez-González, C.; Sampedro, L.; Lema, M.; Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. *Industrial Crops and Products* **2020**, *157*, 112940. [Crossref]
  26. Hüther, C. M.; Ferreira, P. G.; Forezi, L. S. M.; da Silva, F. C.; Ferreira, V. F.; Aqui tem Química: Parte VI. O Prazer dos Sabores Naturais. *Revista Virtual de Química* **2023**, *15*, 12. [Crossref]
  27. Sítio Rosin Resin Market. Disponível em: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/rosin-resin-market.asp>. Acessado em: 7 setembro 2022.
  28. Bandeira, P. N.; Pessoa, O. D. L.; Trevisan, M. T. S.; Lemos, T. L. G.; Metabólitos Secundários de *Protium heptaphyllum* March. *Química Nova* **2002**, *25*, 1078. [Crossref]
  29. Williams, P. A.; Phillips, G. O. Em *Handbook of Hydrocolloids*, 3a. ed., Phillips, G. O.; Williams, P. A., eds.; CRC Press: Washington DC, 2021, cap. 21.
  30. Zare, E. N.; Makvandi, P.; Tay, F. R.; Recent progress in the industrial and biomedical applications of tragacanth gum: A Review. *Carbohydrate Polymers* **2019**, *212*, 450. [Crossref]
  31. Galla, N. R.; Dubasi, G. R.; Chemical and functional characterization of gum karaya (*Sterculia urens* L.) seed meal. *Food Hydrocolloids* **2010**, *24*, 479. [Crossref]
  32. Dhiman, M.; Singh, A.; Sharma, M. M.; A review on *Sterculia urens* Roxb.: A boon to the livelihood for tribal people and industry. *Industrial Crops and Products* **2019**, *130*, 341. [Crossref]
  33. Todd, P. A.; Benfield, P.; Goa, K. L.; Guar Gum - A Review of its Pharmacological Properties, and Use as a Dietary Adjunct in Hypercholesterolaemia. *Drugs* **1990**, *39*, 917. [Crossref]
  34. Gonzalez-Benecke, C. A.; Zhao, D.; Samuelson, L. J.; Martin, T. A.; Leduc, D. J.; Jack, S. B.; Local and General Above-Ground Biomass Functions for *Pinus palustris* Trees. *Forests* **2018**, *9*, 310. [Crossref]
  35. Song, J.-Z.; Yip, Y.-K.; Han, Q.-B.; Qiao, C.-F.; Xu, H.-X.; Rapid determination of polyprenylated xanthenes in gamboge resin of *Garcinia hanburyi* by HPLC. *Journal of Separation Science* **2007**, *30*, 304. [Crossref]
  36. Andrade, K. C. S.; de Carvalho, C. W. P.; Takeiti, C. Y.; Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): Avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. *Polímeros* **2013**, *23*, 667. [Crossref]
  37. Silvester, W. B.; Orchard, T. A.; The biology of kauri (*Agathis australis*) in New Zealand. Production, biomass, carbon storage, and litter fall in four forest remnants. *New Zealand Journal of Botany* **1999**, *37*, 553. [Crossref]
  38. Mathias, L.; Vieira, I. J. C.; Braz-Filho, R.; Filho, E. R.; A new pentacyclic triterpene isolated from *Myroxylon balsamum* (syn. *Myroxylon peruiferum*). *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2000**, *11*, 195. [Crossref]
  39. Ambrozin, A. R. P.; Leite, A. C.; Bueno, F. C.; Vieira, P. C.; Fernandes, J. B.; Bueno, O. C.; Silva, M. F. G. F.; Pagnocca, F. C.; Hebling, M. J. A.; Bacci Jr., M.; Limonoids from andiroba oil and *Cedrela fissilis* and their insecticidal activity. *Journal of*

- the Brazilian Chemical Society* **2006**, *17*, 542. [Crossref]
40. De Groot, A. C.; Myroxyylon pereirae resin (balsam of Peru) - A critical review of the literature and assessment of the significance of positive patch test reactions and the usefulness of restrictive diets. *Contact Dermatitis* **2019**, *80*, 335. [Crossref]
  41. Neis, F. A.; de Costa, F.; Füller, T. N.; de Lima, J. C.; Rodrigues-Corrêa, K. C. S.; Fett, J. P.; Fett-Neto, A. G.; Biomass yield of resin in adult *Pinus elliottii* Engelm. trees is differentially regulated by environmental factors and biochemical effectors. *Industrial Crops and Products* **2018**, *118*, 20. [Crossref]
  42. Zhao, S.; Klutsch, J. G.; Cale, J. A.; Erbilgin, N.; Mountain pine beetle outbreak enhanced resin duct-defenses of lodgepole pine trees. *Forest Ecology and Management* **2019**, *441*, 271. [Crossref]
  43. Case, R. J.; Tucker, A. O.; Maciarello, M. J.; Wheeler, K. A.; Chemistry and ethnobotany of commercial incense copals copal blanco, copal oro, and copal negro, of North America. *Economic Botany* **2003**, *57*, 189. [Crossref]
  44. Frezza, C.; Venditti, A.; de Vita, D.; Toniolo, C.; Franceschin, M.; Ventrone, A.; Tomassini, L.; Foddai, S.; Guiso, M.; Nicoletti, M.; Bianco, A.; Serafini, M.; Phytochemistry, Chemotaxonomy, and Biological Activities of the Araucariaceae Family-A Review. *Plants* **2020**, *9*, 888. [Crossref]
  45. Merali, Z.; Cayer, C.; Kent, P.; Liu, R.; Cal, V.; Harris, C. S.; Arnason, J. T.; Sacred Maya incense, copal (Protium copal - Burseraceae), has antianxiety effects in animal models. *Journal of Ethnopharmacology* **2018**, *216*, 63. [Crossref]
  46. Villa-Ruano, N.; Pacheco-Hernández, Y.; Becerra-Martínez, E.; Zárate-Reyes, J. A.; Cruz-Durán, R.; Chemical profile and pharmacological effects of the resin and essential oil from *Bursera schlechtendalii*: A medicinal “copal tree” of southern Mexico. *Fitoterapia* **2018**, *128*, 86. [Crossref]
  47. Susunaga, G. S.; Siani, A. C.; Pizzolatti, M. G.; Yunes, R. A.; Delle Monache, F. Triterpenes from the Resin of *Protium heptaphyllum*. *Fitoterapia* **2001**, *72*, 709. [Crossref]
  48. Global Copal Market by Type, Application and Region forecast from 2022 to 2030. Disponível em: <<https://dataintel.com/report/global-copal-market/>>. Acessado em: 21 setembro 2022.
  49. Fernandes, A. P. D.; Hoeflich, V. A.; Silva, I. C.; de Souza, M. F. R.; Fatores limitantes da gestão dos produtos florestais não-madeireiros na APA de Guaratuba. *Ciência Florestal* **2020**, *30*, 323. [Crossref]
  50. Siani, A. C.; Moraes, R.; Junior, V. F. V.; Toward Establishing the Productive Chain for Triterpene-Based Amazonian Oleoresins as Valuable Non-Timber Forest Products. *Open Journal of Forestry* **2017**, *7*, 188. [Crossref]
  51. Sítio Ink World. Disponível em: [https://www.inkworldmagazine.com/issues/2022-07-01/view\\_breaking-news/pine-derived-chemicals-market-worth-68-billion-by-2027-marketsandmarkets/](https://www.inkworldmagazine.com/issues/2022-07-01/view_breaking-news/pine-derived-chemicals-market-worth-68-billion-by-2027-marketsandmarkets/). Acessado em: 7 setembro 2022.
  52. Sítio Global Banking and Finance. Disponível em: <https://www.globalbankingandfinance.com/pine-resin-market-to-witness-huge-growth-by-2026/>. Acessado em: 14 setembro 2022.
  53. van Heiningen, A. R. P.; Converting a kraft pulp mill into an integrated forest biorefinery. *Pulp and Paper Canada* **2006**, *107*, 38.
  54. Aryan, V.; Kraft, A.; The crude tall oil value chain: Global availability and the influence of regional energy policies. *Journal of Cleaner Production* **2021**, *280*, 124616. [Crossref]
  55. Tall Oil Rosin - Global Market Trajectory & Analytics. Disponível em: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5302275/tall-oil-rosin-global-market-trajectory-and>. Acessado em: 16 setembro 2022.
  56. García, D.; Bustamante, F.; Villa, A. L.; Lapuerta, M.; Alarcó, E.; Oxyfunctionalization of Turpentine for Fuel Applications. *Energy & Fuels* **2020**, *34*, 579. [Crossref]
  57. Sítio Transparency Market Research. Disponível em: <https://www.transparencymarketresearch.com/turpentine-market.html>. Acessado em: 14 setembro 2022.
  58. Sítio Future Market Insights. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/turpentine-market>. Acessado em: 14 setembro 2022.
  59. Tümen, D. I.; Reunanen, M.; A Comparative Study on Turpentine Oils of Oleoresins of *Pinus sylvestris* L. from Three Districts of Denizli. *Records of Natural Products* **2010**, *4*, 224.
  60. Mercier, B.; Prost, J.; Prost, M.; The Essential Oil of Turpentine and Its Major Volatile Fraction ( - and -Pinenes): A Review. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* **2009**, *22*, 331. [Crossref]
  61. dos Santos, C.; Zukerman-Schpector, J.; Imamura, P. M.; Chemical Transformation of Abietic Acid to New Chiral Derivatives. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2003**, *14*, 998. [Crossref]
  62. Thulin M.; Ten new species of *Commiphora* (Burseraceae) from Somalia. *Nordic Journal of Botany* **2000**, *20*, 395. [Crossref]
  63. Nomicos, E. Y. H.; Myrrh: Medical Marvel or Myth of the Magi? *Holistic Nursing Practice* **2007**, *21*, 308. [Crossref]
  64. Jones, J. K. N.; Nunn, J. R.; The Constitution of Gum Myrrh. Part II. *Journal of the Chemical Society* **1955**, 3001. [Crossref]
  65. Maradufu, A.; Warthen, J. D.; Furanosesquiterpenoids from *Commiphora myrrh* oil. *Plant Science* **1988**, *57*, 181. [Crossref]
  66. Hanuš, L. O.; ezanka, T.; Dembitsky, V. M.; Moussaief, A.; Myrrh - *Commiphora* Chemistry. *Biomedical Papers* **2005**, *149*, 3. [Crossref]
  67. Briekskorn, C. H.; Noble, P.; Constituents of essential oil of myrrh II: sesquiterpenes and furanosesquiterpenes. *Planta Medica* **1982**, *44*, 87. [Crossref]
  68. Morteza-Semnani, K.; Saeedi, M.; Constituents of the Essential Oil of *Commiphora myrrha* (Nees) Engl. var. *molmol*. *Journal of Essential Oil Research* **2003**, *15*, 50. [Crossref]
  69. Marcotullio, M. C.; Santi, C.; Mwanke, G. N. O.-M.; Curini, M.; Chemical Composition of the Essential Oil of *Commiphora erythraea*. *Natural Product Communications* **2009**, *4*, 1751. [Crossref]
  70. Biggs, I.; Sirdarta, J.; White, A.; Cock, I. E.; GC-MS Analysis of *Commiphora molmol* Oleo-Resin Extracts which Inhibit the growth of Bacterial Triggers of Selected Autoimmune Diseases. *Pharmacognosy Journal* **2016**, *3*, 191. [Crossref]
  71. Sítio Prof Share Market Research. <https://www.profsharemarketresearch.com/myrrh-oil-market/>. Acessado em: 11 setembro 2022.
  72. Sítio Transparency Market Research. Disponível em: <https://>

- [www.transparencymarketresearch.com/myrrh-essential-oil-market.html](http://www.transparencymarketresearch.com/myrrh-essential-oil-market.html). Acessado em: 11 setembro 2022.
73. Dave, P. N.; Gor, A. Em *Micro and Nano Technologies, Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications*; Hussain, C. M., ed.; Elsevier, 2018. /
  74. Idris, O. H. M.; What is gum Arabic? An overview. *International Journal of Sudan Research* **2017**, *7*, 1. [Crossref]
  75. Prasad, N.; Thombare, N.; Sharma, S. C.; Kumar, S.; Gum arabic – A versatile natural gum: A review on production, processing, properties and applications. *Industrial Crops and Products* **2022**, *187*, 115304. [Crossref]
  76. Sanchez, C.; Nigen, M.; Tamayo, V. M.; Doco, T.; Williams, P.; Amine, C.; Renard, D.; Acacia gum: History of the future. *Food Hydrocolloids* **2018**, *78*, 140. [Crossref]
  77. Sítio Persistence Market Research. Global Sales of Gum Arabic to Bring in US\$ 476.1 Mn during 2017-2025. Disponível em: <https://www.persistence-market-research.com/mediarelease/gum-arabic-market.asp>. Acessado em: 16 setembro 2022.
  78. Sítio Research and Markets. Gum Arabic - Global Market Trajectory & Analytics. Disponível em: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5139775/gum-arabic-global-market-trajectory-and>. Acessado em: 16 setembro 2022.
  79. Talwar, S.; Kaur, P.; Kumar, S.; Hossain, M.; Dhir, A.; What determines a positive attitude towards natural food products? An expectancy theory approach. *Journal of Cleaner Production* **2021**, *327*, 129204. [Crossref]
  80. Penna, A. C. G.; Portel, C. S.; Pagani, M. M.; Mársico, E. T.; Silva, A. C. O.; Esmerino, E. A.; Impact of food choice and consumption profile on the perception of food coloring on kefir labels: Insights of the projective technique of Product Personality Profiling. *Food Research International* **2021**, *150*, 110802. [Crossref]
  81. Al-Assaf, S.; Sakata, M.; McKenna, C.; Aoki, H.; Phillips G. O.; Molecular associations in acacia gums. *Structural Chemistry* **2009**, *20*, 325. [Crossref]
  82. Amr, M.; Dykes, I.; Counts, M.; Kernan, J.; Mallah, A.; Mendenhall, J.; van Wie, B.; Abu-Lail, N.; Gozen, B. A.; 3D printed, mechanically tunable, composite sodium alginate, gelatin and Gum Arabic (SA-GEL-GA) scaffolds. *Bioprinting* **2021**, *22*, e00133. [Crossref]
  83. Alkarib, S. Y.; Elhassan, D. E. M.; Nur, A. O.; Evaluation of gum Arabic as a film coating former for immediate release oral tablet formulation. *World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences* **2016**, *5*, 32. [Link]
  84. Dauqan, E.; Abdullah, A.; Utilization of gum Arabic for industries and human health. *American Journal of Applied Sciences* **2013**, *10*, 1270. [Crossref]
  85. Kadare, P.; Maposa, P.; Dube, A.; Maponga, C. C.; Encapsulation of isoniazid in chitosan-gum arabic and poly (lactic-co-glycolic acid) PVA particles to provide a sustained release formulation. *Journal of Pharmaceutics & Pharmacology* **2014**, *6*. [Link]
  86. Rungwasantisuk, R.; Raibhu, S.; Application of encapsulating lavender essential oil in gelatin/gum-arabic complex coacervate and varnish screen-printing in making fragrant gift-wrapping paper. *Progress in Organic Coatings* **2020**, *149*, 105924. [Crossref]
  87. Dong, Z.; Ma, Y.; Hayat, K.; Jia, C.; Xia, S.; Zhang, X.; Morphology and release profile of microcapsules encapsulating peppermint oil by complex coacervation. *Journal of Food Engineering* **2011**, *104*, 455. [Crossref]
  88. de Souza, V. B.; Thomazini, M.; Chaves, I. E.; Ferro-Furtado, R.; Favaro-Trindade, C. S.; Microencapsulation by complex coacervation as a tool to protect bioactive compounds and to reduce astringency and strong flavor of vegetable extracts. *Food Hydrocolloids* **2020**, *98*, 105244. [Crossref]
  89. Beneke, C. E.; Viljoen, A. M.; Hamman, J. H.; Polymeric plant derived excipients in drug delivery. *Molecules* **2009**, *14*, 2602. [Crossref]
  90. Asgar, A.; Maqbool, M.; Alderson, P. G.; Zahid, N.; Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology* **2013**, *76*, 119. [Crossref]
  91. Ali, A.; Maqbool, M.; Ramachandran, S.; Alderson, P. G.; Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* **2010**, *58*, 42. [Crossref]
  92. El-Anany, A. M.; Hassan, G. F. A.; Ali, F. M. R.; Effects of edible coatings on the shelf-life and quality of Anna apple (*Malus domestica* Borkh) during cold storage. *Journal of Food Technology* **2009**, *7*, 5. [Link]
  93. Mate, C. J.; Mishra, S.; Exploring the Potential of Moi Gum for Diverse Applications: A Review. *Journal of Polymers and the Environment* **2020**, *28*, 1579. [Crossref]
  94. Ashour, M. A.; Fatima, W.; Imran, M.; Ghoneim, M. M.; Alshehri, S.; Shakee, F.; A Review on the Main Phytoconstituents, Traditional Uses, Inventions, and Patent Literature of Gum Arabic Emphasizing Acacia seyal. *Molecules* **2022**, *27*, 1171. [Crossref]
  95. Mariod, A. A. Em *Gum Arabic: Structure, Properties, Application, and Economics*; Mariod, A. A., ed.; Elsevier Science: London UK, 2018.
  96. Herbário Marlene Freitas da Silva. Caju – Exsicata. Disponível em: <https://herbariomfs.uepa.br/colecao-biocultural/caju-exsicata/>. Acessado em: 6 outubro 2022.
  97. de Moraes, I. V. M.; Filgueiras, H. A. C.; da Silva Neto, R. M.; Paiva, F. F. A.; Garruti, D. S.; Casemiro, A. R. S.; Aproveitamento industrial do pedúnculo de caju. Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/966559/aproveitamento-industrial-do-pedunculo-de-caju>. Acessado em: 20 setembro 2022.
  98. de Oliveira, V. H.; Cajucultura. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2008**, *30*, 1. [Crossref]
  99. Porto, B. C.; Cristianini, M.; Evaluation of cashew tree gum (*Anacardium occidentale* L.) emulsifying properties. *Food Science and Technology* **2014**, *59*, 1325. [Crossref]
  100. Amaral, R. G.; de Andrade, L. R. M.; Andrade, L. N.; Loureiro, K. C.; Souto, E. B.; Severino, P.; Cashew Gum: A Review of Brazilian Patents and Pharmaceutical Applications with a Special Focus on Nanoparticles. *Micromachines* **2022**, *13*, 1137. [Crossref]
  101. Mothé, C. G.; Oliveira, N. N.; de Freitas, J. S.; Mothé, M.

- G.; Cashew tree gum: A scientific and technological review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* **2017**, 2, 238716. [Crossref]
102. de Moura Neto, E.; Maciel, J. D. S.; Cunha, P. L. R.; de Paula, R. C. M.; Feitosa, J. P. A.; Preparation and characterization of a chemically sulfated cashew gum polysaccharide. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **2011**, 22, 1953. [Crossref]
103. Anderson, D. M.; Bell, P. C.; Structural analysis of the gum polysaccharide from *Anacardium occidentale*. *Analytica Chimica Acta* **1975**, 79, 185. [Crossref]
104. Lima, R. E. M.; Maia, L. K. R.; Lima, J. S.; Produção de Goma a Partir do Cajueiro. *Enciclopédia Biosfera* **2013**, 9, 2089. [Link]
105. Sítio Global Cashew Kernel Market. Disponível em: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/cashew-kernel-market>. Acessado em: 17 setembro 2022.
106. Sítio Cashew market - Growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027). Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-cashew-market>. Acessado em: 20 setembro 2022.
107. Brainer, M. S. C. P.; Cajucultura: O Proveito do Pedúnculo. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste 2021, 6 (Nº 190), outubro. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/990/3/2021\\_CDS\\_190.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/990/3/2021_CDS_190.pdf). Acessado em: 17 setembro 2022.
108. Com produção em queda, caju exige incorporação de tecnologia e manejo para elevar rendimento. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/com-producao-em-queda-caju-exige-incorporacao-de-tecnologia-e-manejo-para-elevar-rendimento>. Acessado em: 20 setembro 2022.
109. Ribeiro, A. J.; de Souza, F. R. L.; Bezerra, J. M. N. A.; Oliveira, C.; Nadvorny, D.; Soares, M. F. L. R.; Nunes, L. C. C.; Silva-Filho, E. C.; Veiga, F.; Sobrinho, J. L. S.; Gums' based delivery systems: Review on cashew gum and its derivatives. *Carbohydrate Polymers* **2016**, 147, 188. [Crossref]
110. Pitombeira, N. A. O.; Veras Neto, J. G.; Silva, D. A.; Feitosa, J. P. A.; Paula, H/ C. B.; de Paula, R. C. M.; Self-assembled nanoparticles of acetylated cashew gum: characterization and evaluation as potential drug carrier. *Carbohydrate Polymers* **2015**, 117, 610. [Crossref]
111. Hani, U.; Krishna, G.; Shivakumar, H. G.; Design and optimization of clotrimazole-hydroxypropyl-[small beta]-cyclodextrin bioadhesive vaginal tablets using *Anacardium occidentale* gum by 32 factorial design. *RSC Advances* **2015**, 5, 35391. [Crossref]
112. da Silva, D. P. B.; Moreira, L. K. S.; Cabral, I. B.; da Silva, C. N. S.; Batista, K. A.; Fajemiroye, J. O.; Costa, E. A. Em: *Gums, Resins and Latexes of Plant Origin. Reference Series in Phytochemistry*; Murthy, H. N., eds.; Springer, Cham. 2022. [Crossref]
113. Andrade, K.; de Carvalho, C. W.; Takeiti, C. Y.; Goma de cajueiro (*Anacardium occidentale*): Avaliação das modificações químicas e físicas por extrusão termoplástica. *Polímeros* **2013**, 23, 667. [Crossref]