



ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO

Daniel de Barros Coelho

Liliana Areia Bastos

Susan Ast de Andrade

Projeto Final de Curso

Orientador

Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc.

Agosto de 2010

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO

Daniel de Barros Coelho

Liliana Areia Bastos

Susan Ast de Andrade

**Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da
Escola de Química, como parte dos requisitos à obtenção do
grau de Engenheiro Químico.**

Aprovado por:

Flávia Chaves Alves, D.Sc., UFRJ

Jairo da Silva, Engenheiro de Projeto Sr., FCC SA

Maria José de O. C. Guimarães, D.Sc., UFRJ

Orientado por:

Daniel Weingart Barreto, D.Sc., UFRJ

**Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Agosto de 2010**

Coelho, Daniel de Barros; Bastos, Liliana Areia; Andrade, Susan Ast de.
Análise de viabilidade econômica de uma planta de produção de goma de cajueiro/
Daniel de Barros Coelho; Liliana Areia Bastos; Susan Ast de Andrade. Rio d Janeiro:
UFRJ/EQ, 2010.

ix, 70 p.; il.

(Projeto Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química,
2010.

Orientador: Prof. Daniel Weingart Barreto.

1. Viabilidade econômica. 2. Goma de Cajueiro. 3.Goma Arábica 4. Projeto Final de
Curso (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Daniel Weingart Barreto. I. Análise de viabilidade
econômica de uma planta de produção de goma de cajueiro.

Aos nossos amados pais.

“Tudo o que fizerem, seja em palavra ou em ação, façam-no em nome do Senhor Jesus, dando por meio dele graças a Deus Pai.”

Colossenses 3.17

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos a Deus, por ser quem nos guiou todos esses anos de luta e vitórias. Por nos amar incondicionalmente e por nos sustentar de forma que só um Pai amoroso pode fazer. Ao professor Daniel Weingart Barreto, por ter nos dado este projeto e ajudado em cada passo, transmitindo-nos parte da sua sabedoria. Pelas histórias engraçadas e por todas as experiências compartilhadas. Aos professores que se esforçaram para nos ensinar, alguns dos quais ficarão marcados para sempre nas nossas lembranças pela qualidade de ensino e pela boa relação com os alunos, algo raro no universo da EQ. Ao Eng^o Jairo da Silva, pelos ensinamentos, orientações e ajuda durante a elaboração deste trabalho.

"Agradeço primeiramente a Deus por ter conduzido os meus passos até este momento tão importante da minha vida. Obrigada Senhor pela tua graça e favor sobre mim! Agradeço também a minha amada família, meus pais Luiz e Lilian e minha irmã Hellen por todo amor, dedicação, orações e apoio durante essa fase de lágrimas e sorrisos... Meu querido esposo Rômulo, muito obrigada por decidir me amar e caminhar junto comigo me dando todo o suporte, carinho e amor!!! Amo muito vocês!!! Agradeço aos meus amigos e companheiros de projeto final, Dan e Lili!!! Valeu as noites mal dormidas!!! Obrigada Prof.^a Flávia pelas orientações e ajuda para com este trabalho."

Susan Ast de Andrade Boechat

"Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Edilson e Rísia, pelas orações, paciência e incentivo constante ao estudo, pelo exemplo na vida acadêmica e principalmente na vida pessoal e espiritual. Aos meus irmãos, André e Davi, agradeço o apoio e amor constantes e o revezamento nos computadores diante de tantos trabalhos durante o curso. Aos amigos e colegas de estudo, pelo apoio e ajuda, em especial aos amigos Hugo e Diogo, pelas experiências e conversas trocadas, e à Susan, que esteve junto na reta final. Agradeço principalmente à Liliana, mais do que amiga e que amo de verdade, meu ponto de apoio durante todo o curso, estudando comigo, se desesperando comigo e ao mesmo tempo me acalmando, me trazendo de volta pro chão em horas tensas que passamos. Amo todos e parte desta conquista é de vocês. Acima de tudo, agradeço a Deus pela vida e por cada oportunidade dada, pela forma inexplicável como me manteve firme durante toda minha vida, não me deixando desistir dos meus sonhos. A Deus dedico toda minha vida, minha história e minhas conquistas."

Daniel de Barros Coelho

"Agradeço à minha família, aos meus pais David e Rosângela pelo amor, cuidado e por dedicarem incansavelmente suas vidas para que eu chegasse até aqui. Aos meus irmãos Aldo e Luciana, e sobrinho Davi pelo apoio, compreensão e carinho. À minha querida avó Dalmi pelo exemplo de força e fé. Aos Tios Eliezer e Ana Paula por terem cuidado de mim como filha durante boa parte do curso. Aos Tios Miriam, Paulo, Eli, João, Rosa e suas famílias pelas orações. Aos primos Danilo e Camila por serem mais que primos! Aos colegas de curso, em especial aos amigos Ana Cláudia, Luiz Felipe e Susan por toda ajuda e alegria que me deram. Aos amigos FCC SA. por todo incentivo e orientação. Ao meu noivo, melhor amigo e colega de curso Daniel por me amar e priorizar o meu bem-estar em todas as situações. Obrigada por estudar, orar, rir e chorar tantas vezes comigo, sem você não seria possível! Agradeço a Deus pela vida e salvação. A Ele consagro tudo o que sou."

Liliana Areia Bastos

Resumo de Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PLANTA DE PRODUÇÃO DE GOMA DE CAJUEIRO

Daniel de Barros Coelho

Liliana Areia Bastos

Susan Ast de Andrade

Agosto, 2010

Orientador: Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc., UFRJ

O cajueiro é uma planta típica do Brasil, muito apreciada pela população por sua castanha (fruto) e suco de seu pedúnculo (pseudofruto). Dentre várias possibilidades de exploração do cajueiro, a goma exsudada do tronco encontra-se sem proveito industrial algum. Sua industrialização e comercialização são possíveis, principalmente na substituição da goma arábica devido à sua similaridade de composição e propriedades, atualmente importada pelo Brasil. Com o potencial de produção de goma de cajueiro, o Brasil supriria toda a demanda interna de goma arábica e teria um excedente suficiente para exportação.

Em 2009 o Brasil gastou quase 6,7 milhões de dólares com a importação de cerca de 1500 toneladas da goma arábica. Para 2020, projeta-se um consumo de 3600 toneladas. Considerando a possibilidade de substituição de 50% deste valor pelo consumo de goma de cajueiro (1800 toneladas), foi realizado um pré-estudo de tecnologia, com a elaboração de uma proposta de fluxograma para produção de goma de cajueiro purificada e refinada nos padrões comerciais atuais da goma arábica.

Nesta proposta de processo foram feitos dimensionamentos dos equipamentos necessários, como base para o levantamento de custos de cada equipamento, bem como para a análise de viabilidade econômica do processo.

Para a produção de cerca de 6 toneladas diárias, o processo se mostrou viável, retornando o investimento em cerca de 4 anos, com um lucro por ano de 6,9 milhões de dólares.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. GOMAS	1
1.2. GOMA DE CAJUEIRO	2
1.3. CARACTERÍSTICAS MOLECULARES E COMPOSIÇÃO DA GOMA DE CAJUEIRO	6
1.4. GOMA ACÁCIA OU ARÁBICA	9
2. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	13
3. ESTUDO DE APLICAÇÕES E MERCADO	15
3.1. MERCADO DA GOMA ARÁBICA	15
3.2. GOMA ARÁBICA NO BRASIL	17
3.3. APLICAÇÕES DA GOMA ARÁBICA	22
3.4. PROJEÇÕES DE CONSUMO DE GOMA ARÁBICA NO BRASIL	24
4. ESTUDO DE TECNOLOGIA	29
5. PROJETO DE PROCESSO	32
5.1. BALANÇO POR EQUIPAMENTO	32
5.2. DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS	34
5.3. CÁLCULO DOS COEFICIENTES TÉCNICOS	45
6. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	47
6.1. ESTIMATIVA DO INVESTIMENTO	47
6.2. CUSTOS DE PRODUÇÃO	50
6.3. TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	53
7. CONCLUSÕES	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. Introdução

1.1. Gomas

O termo goma tem sua origem no grego *kúmmi* e no latim *gummi* e começou a ser usado para denominar os exsudatos. Os egípcios, há cerca de 4000 anos, passaram a chamar a goma arábica de *kammi*.

Atualmente o termo *goma* é usado para denominar compostos de alto peso molecular que podem formar gel em presença de agentes de inchamento ou solventes apropriados e que formam suspensões ou soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações. Algumas propriedades secundárias também são exploradas, como estabilização de emulsões, controle de cristalização, suspensão de partículas, inibição da sinérese (exsudação da água de um gel em repouso), encapsulação e formação de filmes. Em geral, são polissacarídeos de origem vegetal ou microbiana que se dissolvem parcial ou integralmente em água, produzindo soluções viscosas. Por conta disso as gomas também são conhecidas como hidrocolóides. (Silva, 2006)

Os hidrocolóides são polissacarídeos de cadeia longa e podem ser classificados em três categorias: gomas naturais, modificações naturais ou semi-sintéticas e sintéticas. As gomas naturais são subdivididas em: gomas exsudadas de plantas, gomas de sementes de plantas, gomas de algas marinhas e gomas produzidas por microorganismos. (Silva, 2006)

As gomas naturais são frequentemente exsudadas a fim de cobrir ferimentos em frutos e troncos, evitando o ataque de microorganismos. (Silva, 2006) Alguns especialistas acreditam que a formação da goma exsudada é uma condição patológica resultante de infecção microbiana (fungos ou bactérias), sendo fatores naturais como solo empobrecido, necessidade de água e muito calor causadores do aumento da produção de goma. Outros especialistas, no entanto, acreditam que a produção de goma trata-se de um processo metabólico normal da planta, sendo a quantidade e qualidade da goma produzida funções das condições ambientais. (Aditivos & Ingredientes, 2006)

As gomas possuem composição heterogênea, resultando, após hidrólise dos polissacarídeos complexos, componentes como arabinose, galactose, glucose, manose, xilose e vários ácidos urônicos. (Glicksman, 1973)

1.2. Goma de cajueiro

Dentre a grande variedade de árvores nativas do Brasil, a família *Anacardiaceae* se destaca pela variedade, existindo mais de 60 gêneros, tendo o gênero *Anacardium* mais de 400 espécies. Todas produzem frutos semelhantes e comestíveis. O nome do *Anacardium* é de origem grega (*cárdia*: coração e *aná*: sobre), onde tem o significado de “coração invertido”, relação direta com o formato do fruto. (Tassara, 1996)

O cajueiro comum, *Anacardium occidentale L.*, é uma árvore tropical, possivelmente originária da Amazônia, mas amplamente difundida na zona arenosa litorânea de campos e dunas, que vai do Nordeste ao baixo Amazonas, e em zonas tropicais ao redor do mundo. (Tassara, 1996)

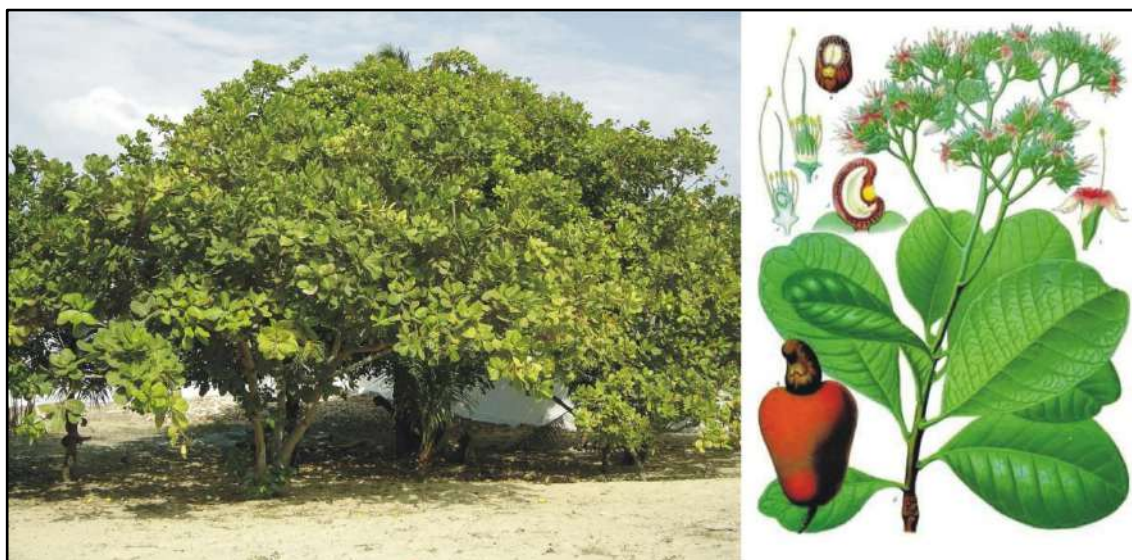


Figura 1 – Cajueiro e desenho das folhas, flores e frutos

Fonte: Caju, Wikipédia

Como pode ser visto na figura acima, a árvore possui um tronco curto e tortuoso, porte médio, revestido por uma casca áspera. A copa é larga e sempre coberta por folhas. Esta espécie é a mais importante dentre as espécies do gênero, sendo a única cultivada em escala comercial no mundo. A castanha, amêndoa envolvida por uma dura casca, é o verdadeiro fruto do cajueiro. O pedúnculo é um pseudofruto também conhecido como a polpa de caju. (Tassara, 1996)

O nome do seu fruto é de origem indígena, do tupi, *acayu*. Seu significado original é “noz que se produz”. Os nativos brasileiros conheciam bem o caju e o utilizavam na sua alimentação. Por conta disso houve confrontos, conhecidos como *Guerras do Acayu*, quando indígenas do interior do continente disputavam com as tribos litorâneas o domínio temporário dos cajuais, em especial na época de frutificação do caju. Acredita-se que o transporte de castanhas por indígenas de várias partes do Brasil foi o responsável pela disseminação da planta pelo interior seco e árido do Nordeste. (Silva, 2006)

Os primeiros registros e descrições do cajueiro datam da metade do século XVI, época das grandes navegações, quando os europeus iniciaram a exploração do Brasil. A primeira imagem conhecida é de Andre Thevet, pintada em 1558 (Figura 2). Foi a partir daí que o caju se difundiu pelo mundo: embarcado nas naus portuguesas, chegou à Índia, Moçambique, Angola, Quênia e Madagascar. (Tassara, 1996)

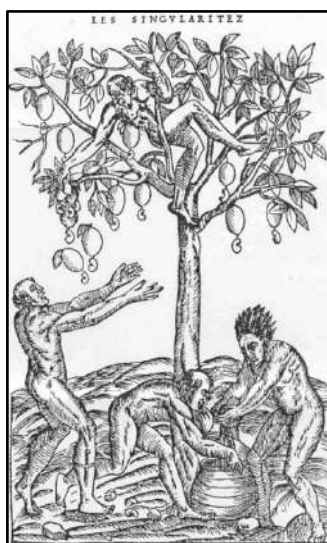


Figura 2 – Les Singularitez: André Thevet, 1558.
Fonte: Mazzeto (2006)

A planta teve uma ótima adaptação nos referidos países, se consolidando como parte importante da cultura e economia locais. Segundo os dados mais recentes da FAO (2005), o Vietnã é o maior produtor e exportador de caju, seguido de Índia, Brasil e Nigéria.

No Brasil, a região Nordeste detém 99,4% da área plantada de cajueiro, o que significa 727.401 hectares, segundo dados do IBGE em 2007. Dentre os seus estados, o Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte são os maiores produtores, totalizando 91,47% da área plantada na região, equivalente a 665.336 hectares. (IBGE, 2007) A Figura 2 mostra os principais Estados e suas representatividades em área plantada de cajueiro na região Nordeste.

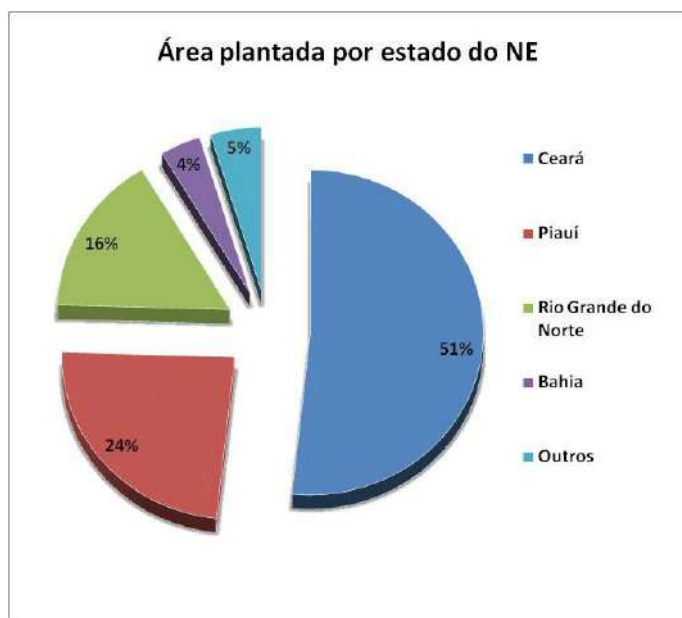


Figura 3 - Área plantada de cajueiro por estado do NE
Fonte: Produção Própria com dados do IBGE (2007)

Atualmente, a castanha e o pedúnculo são os únicos produtos do cajueiro explorados comercialmente. O suco do pedúnculo tem grande importância alimentar, contendo cerca de 200 mg de vitamina C, 14,7 mg de cálcio, 32,5 mg de fósforo e 0,57 mg de ferro em 100 g de suco. A castanha tem 43,5% de gordura, 20% de proteínas, 25% de carboidratos, 9% de umidade e 2,5% de cinzas. (Embrapa, 2009)

Embora o cajueiro apresente várias alternativas de produtos, a maioria dos produtores utiliza apenas a castanha, que representa mais de 90% da renda gerada, e o pedúnculo, utilizado em menor escala. (Embrapa, 2009) Destinada principalmente ao mercado externo, a castanha gera, em média, 150 milhões de dólares por ano no Brasil, sendo os Estados Unidos e o Canadá, responsáveis por 85% das importações. (Oliveira *et al*, 2003)

A cajucultura tem acentuada importância social, demonstrada pelos 35 mil empregos diretos no campo e 15 mil na indústria, além de 250 mil empregos indiretos nos dois segmentos. Esta importância é ressaltada no semi-árido nordestino pelo fato da geração de empregos pela cajucultura ocorrer na entressafra das culturas tradicionais como milho, feijão e algodão, evitando, assim, o êxodo rural. (Oliveira *et al*, 2003)

No entanto, a indústria do cajueiro tem seu foco voltado à castanha e, em menor proporção, ao pedúnculo. Outros produtos podem também ser aproveitados, principalmente a nível industrial. O líquido da casca da castanha de caju (LCC) pode ser usado como combustível por algumas indústrias. Além disso, o exsudato do cajueiro vem surgindo como outra oportunidade de exploração e aumento das vendas, gerando mais renda aos produtores. (Embrapa, 2009) Mais que isso, a exploração da goma permite o aproveitamento de cajueiros improdutivos ou em processo de inatividade. (Silva, 2006)

Toda planta que sofre qualquer tipo de ferimento libera (exsuda) um líquido responsável pela cicatrização dos ferimentos da planta. Esse exsudato é a goma do cajueiro (Figura 4), composto viscoso, parcialmente solúvel em água. Para os fins comerciais, a recomendação é que a extração seja feita apenas de troncos ou galhos com 20 cm de diâmetro e a partir do quarto ano de vida da planta. No entanto, esta pode ser obtida em qualquer parte da árvore.



Figura 4 - Goma de cajueiro exsudada

Fonte: Própria

A goma pode ser obtida em qualquer época do ano, sendo, no entanto, influenciada principalmente pelos períodos de chuva, nos quais a qualidade e a quantidade tendem a ser menor. A exsudação natural não é suficiente para uma exploração comercial, sendo necessária a aplicação de produtos químicos específicos para tal estimulação.

Das várias aplicações da goma de cajueiro, podemos destacar a substituição da goma arábica, por exemplo, em colas e na indústria farmacêutica, como revestimento de pílulas e cápsulas. Também pode ser útil na indústria alimentícia, evitando a cristalização do açúcar em sorvetes e retardando o derretimento ou como estabilizante de espuma de cerveja. (Embrapa, 2009)

1.3. Características moleculares e composição da goma de cajueiro

A goma de cajueiro é uma resina amarelada, que quando misturada com água se revela como uma poderosa cola de madeira. Possui ação inseticida e fungicida, com grande utilização na encadernação de livros e produção de tintas e vernizes. (Silva, 2006)

Ao contrário do que se imagina, a exsudação do tronco é benéfica para a árvore. Estudos mostram um aumento da produção de castanhas em árvores com mais de 25 anos de extração da goma. A produção de goma por cajueiros velhos é estendida para além do período de floração, o que não acontece com cajueiros novos. Estimulantes como o ácido sulfúrico, o ácido lático e o ácido 2-cloroetil-fosfônico podem ser usados para iniciar e/ou aumentar a produção da goma. (Paula e Rodrigues, 1995)

Após purificação do exsudado, o heteropolissacarídeo apresenta uma massa molecular de aproximadamente $1,4 \times 10^4$ e um índice de polidispersão^a de 1,49, obtido por cromatografia de exclusão de tamanho.

A composição da goma de cajueiro depende da origem de sua produção, o que tem como consequência uma diferença nas propriedades físicas e químicas, se comparadas gomas de várias fontes. Paula e Rodrigues (1995) estudaram a composição das gomas do Brasil, da Índia e da Papua, resultando numa maior presença de galactose na goma brasileira: 73%, além de arabinose (5%), glicose (11%), ramnose (4%), manose (1%) e ácido glucurônico (6,3%). Também estudando a goma brasileira, Botelho (1999) relatou a goma após hidrólise com 69,78% de galactose, 11,84% de arabinose, 9,78% de glicose, 2,28% de ramnose, 0,97% de manose, 0,52% de ácido glucurônico e 1,29% de xilose. (Silva, 2006)

Menestrina e colaboradores (1998) estudaram a estrutura da goma de cajueiro nativa do Brasil. A estrutura se mostrou altamente ramificada (Figura 5), com uma cadeia principal de (1) β -Galactopiranosilas (1 \rightarrow 3) com ramificações laterais de (2) β -D-Glicopiranosilas- (1 \rightarrow 6)-b-D-Galactopiranosilas (1 \rightarrow 6)- β -D-Galactopiranosilas, (3) α -D-Galactopiranosilas-(1 \rightarrow 6)-D-Galactopiranosilas-, (4) α -L-Arabinofuranosilas-(1 \rightarrow 6)-D-Galactopiranosilas- e (5) α -L-Ramnopiranosilas-(1 \rightarrow 4)- β -D-GlicopiranosilasA.

^a O índice de polidispersão é a medida da distribuição de peso molecular numa mistura polimérica.

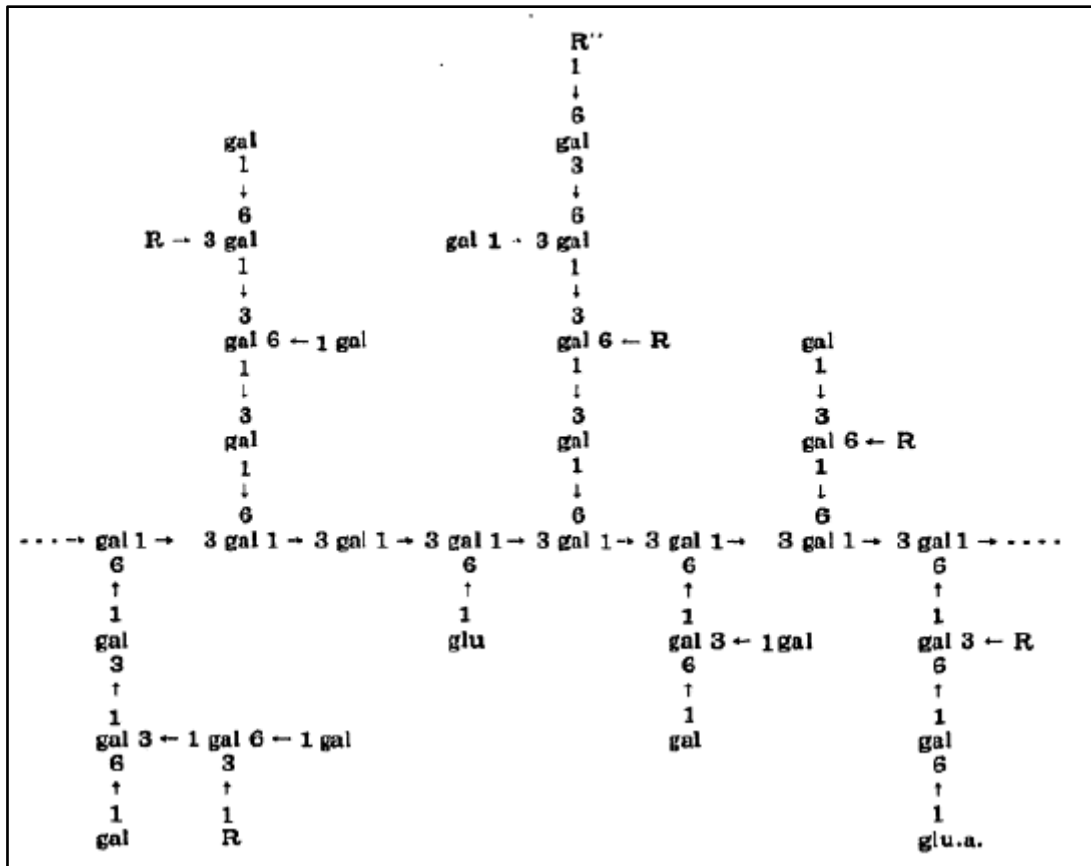


Figura 6 - Possível fragmento estrutural da goma de *Anacardium occidentale* proveniente da Índia. R representa D-manose, D-xilose, L-ramnose, L-arabinose. R'' representa D-glicose ou ácido glucurônico

Fonte: Silva (2006)

1.4. Goma Acácia ou Arábica

A goma acácia, do grego *akakia* (de *ake* que significa pontudo), é usada a pelo menos 4000 anos, quando era levada nas navegações egípcias como artigo comercial. Antigas inscrições egípcias fazem frequentes menções à goma arábica, chamada *kami*, quando era largamente usada em pintura como adesivo para pigmentos minerais. Os egípcios introduziram a goma acácia na Europa através de portos árabes e, por conta disso, adquiriu o nome de goma arábica. (Glicksman, 1973)

A goma arábica é o exsudato das árvores de várias espécies do gênero *Acacia*, subfamília *Mimosoideae* e família *Leguminosae*, mostrada na Figura 7. Existem cerca de 500 espécies de *Acacia* distribuídas pelas áreas trópicas e subtropicais da África, Índia, Austrália, América Central e sudeste da América do Norte. A goma é produzida em vários locais quentes e secos, mas apenas poucas espécies conhecidas de *Acacia*

são comercialmente importantes, dentre elas, as mais importantes são *Acacia senegal*, que produz uma goma com coloração do claro ao laranja-dourado, e *Acacia seyal*, com tonalidade escura. (Glicksman, 1973)

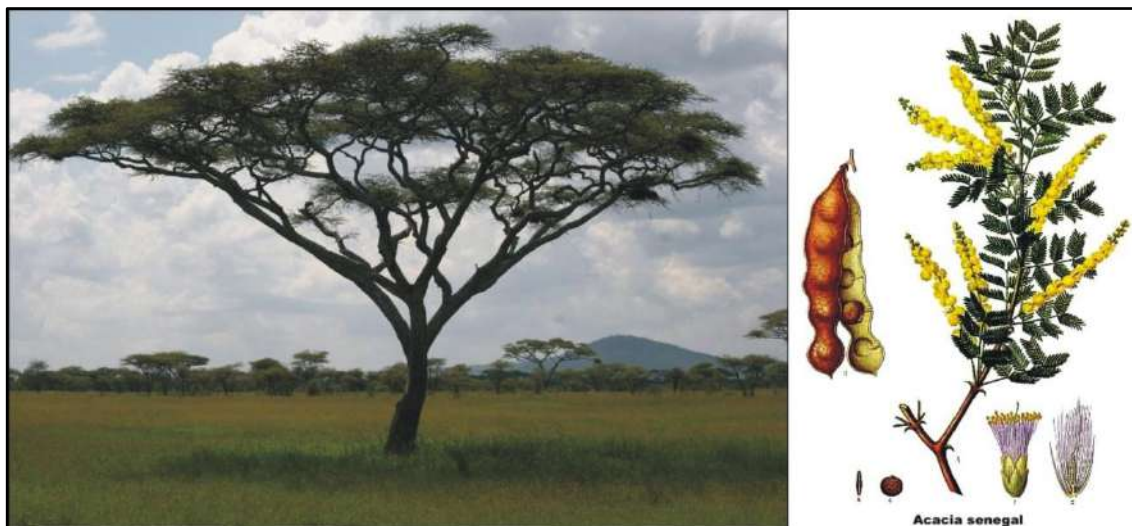


Figura 7 – Acácia Senegal

Fonte: Wikipédia.

A maior e mais importante produção de goma é da República do Sudão, seguido por Chade e Nigéria e os principais compradores diversificados por todo o mundo. (Glicksman, 1973) Mais detalhes do mercado são explorados no decorrer do trabalho.

Existem mais de uma dúzia de espécies distintas de *Acacia* no Sudão, mas a maior parte da goma comercial vem de uma espécie específica, a *Acacia senegal*. Essa espécie produz a goma de melhor qualidade (Figura 8), entre outras razões, pela limitação de fontes botânicas, o que origina um produto uniforme. Cerca de 90% da produção de goma do Sudão é de alta qualidade, sendo os 10% restantes quase exclusivamente produto da espécie *Acacia seyal*. Originalmente, toda a goma comercializada era resultado de exsudação natural. No entanto, no início do século passado passou-se a machucar a planta propositalmente, recolhendo-se a goma produzida.

A goma é colhida por nativos em áreas restritas, levada às vilas, separada em *grades* (natural, limpa e peneirada, clarificada e em pó) e estocada até uma quantidade suficiente que compense o transporte. Chegando ao centro comercial, a

goma é leiloadada, sob supervisão do governo. Nesse leilão ocorre a fixação do preço que a goma vai ter para o mundo todo. (Glicksman, 1973)



Figura 8 - Goma Acácia ou Arábica ainda na árvore (esquerda) e selecionada em grade (direita)
Fonte: CNI (2009)

Algumas gomas são clareadas espalhando-as no chão e expondo-as ao sol por algumas semanas. Esse tratamento produz pequenas fendas na superfície dos pedaços de goma, deixando o material facilmente quebradiço e com uma cor clara uniforme ou aparência de congelada. A partir desse ponto ela passa pela classificação mencionada. (Glicksman, 1973)

Os tipos de goma mais importados passam por outra classificação. (Glicksman, 1973)

Selecionados – são os maiores pedaços e mais claros (com menor coloração) e regulam o teto dos preços;

Limpos e peneirados – as cores variam de âmbar a âmbar escuro e os pedaços são maiores que 4 mesh;

Âmbar claro – a coloração vai de âmbar claro a âmbar escuro e os pedaços são os menores que 4 mesh;

Peneirados – é o tipo mais barato de goma, contendo pedaços finos dos *grades* anteriores, contendo também areia e outras impurezas.

Fazendo a hidrólise da goma é possível determinar a composição de açúcares na goma. Essencialmente estão presentes, L-ramnose, D-galactose, L-arabinose e ácido D-glucurônico. A proporção de cada componente varia de acordo com a fonte da goma, mas todos apresentam os mesmos açúcares constituintes. Uma composição média é apresentada na tabela a seguir, além de outras propriedades da goma.

Tabela 1 – Composição Média da goma arábica após a hidrólise e outras propriedades

Componente	Composição Média (%)
D-Galactose	35 - 45
L-Arabinose	25 - 45
L-Ramnose	4 - 13
Ácido-D-glucurônico	6 - 15
Peso Molecular Médio	350.000
pH a 25°C	4,4
Viscosidade (ml/g)	12
Proteínas (%)	1-2
Teor de Cinzas (%)	3-4
Arabinogalactana (AG) (%)	89-98
Arabinogalactoproteína (AGP) (%)	1-10
Glicoproteínas (GP) (%)	<1

Fonte: CNI (2009)

2. Justificativa do Trabalho

A transformação da biodiversidade em tecnologia sustentável é um desafio, sobretudo para o Brasil, que detêm 14% da fauna mundial, cerca de 2 milhões de espécies, e 22% da flora, aproximadamente 55 mil espécies, muitas ainda desconhecidas. Estima-se que a biodiversidade brasileira possua um valor de 4 trilhões de dólares. No entanto, este valor não é garantia de crescimento econômico. (Cunha, 2009)

A flora nacional tem grande importância em produtos usados por todo o mundo, seja em produtos químicos, medicamentos, alimentos, fibras, óleos naturais, cosméticos, biocombustíveis, entre outros. Os polissacarídeos são apenas um dos muitos compostos que podem ser extraídos das espécies vegetais brasileiras, onde encontramos a goma de cajueiro. (Cunha, 2009)

Na atualidade, a goma de cajueiro tem sido o tema de vários estudos científicos. Mas, ao que tudo indica, ela vem sendo sub-aproveitada. As gomas importadas, principalmente a arábica, vêm sendo largamente utilizadas em aplicações onde a goma de cajueiro poderia ser empregada. Extremamente importante para o nordeste brasileiro, a exploração de mais um subproduto do cajueiro representaria um avanço social e geração de renda para o país. (Cunha, 2009)

A goma de cajueiro apresenta uma grande possibilidade de produção comercial devido ao seu aproveitamento como substituinte da goma arábica. Com os dados de plantios fornecidos pelo IBGE, pôde-se fazer uma estimativa da produção da goma de cajueiro, e com isso saber se essa produção poderá substituir a demanda atual da goma arábica no Brasil. A área cultivada com cajueiro, segundo o IBGE (2008), em 2008 foi de 731.818 hectares. A produção média de goma/planta/ano é de 700g. Considerando que o adensamento médio é de 100 plantas/hectare, a possibilidade de produção da goma/ano seria de 51.227 ton., quantidade muito superior à importada de goma arábica em 2008 (1.494,3 ton.), sendo possível até mesmo a exportação da produção excedente. (CNI, 2009; Cunha, 2009)

Os primeiros estudos comparativos entre as gomas arábica e de cajueiro datam da década de 50, por pesquisadores do Instituto Nacional de Tecnologia. (INT, 1951)

Embora não sejam recentes, havia outros objetivos. Este trabalho propõe um estudo de aplicações e mercado das gomas citadas anteriormente; estudo de tecnologia, proposta de fluxograma e projeto de processo; e, por fim, análise da viabilidade econômica para um processo de produção da goma de cajueiro.

3. Estudo de Aplicações e Mercado

3.1. Mercado da Goma Arábica

Como já foi observado anteriormente, a goma arábica é obtida a partir de duas árvores leguminosas originárias da África, a *Acacia senegal* e *Acacia seyal*, duas espécies de árvores muito comuns na África do semi-árido e savanas, sendo que a *A. Senegal* ocorre em todo o Sahel e bosques do Sudão, no Vale do Rift e na África Austral. Atualmente a maior parte das exportações da goma arábica é ainda garantida pela produção dos países africanos, onde os três principais países produtores são: Sudão, Chade e Nigéria, respectivamente. Uma parcela menor de produção se divide em outros países como Senegal e Níger. (Cecil, 2005)

O Sudão é o produtor dominante de goma arábica, sendo responsável por mais de 80% da produção mundial. Essa produção permitiu que o país se tornasse um grande exportador de commodities agrícola, produzidos por pequenos agricultores em regiões tradicionais de agricultura de sequeiro, comum em lugares com pouca pluviosidade. Há aproximadamente 40 anos uma concessão exclusiva de exportação de matéria-prima de goma arábica foi concedida à Gum Arabic Company (GAC), uma organização autônoma, com representação do governo sudanês muito forte. A consequência dessa concessão foi que partes do Sudão e do mercado mundial de goma diminuíram acentuadamente, e produtores – que recebiam em média 15% do preço de exportação da goma – foram gradualmente abandonando a produção de goma arábica para a produção de alimentos. Com o objetivo de tentar reverter esse quadro e aumentar a produção, as autoridades sudanesas no dia 4 de Junho de 2009 acabaram com o monopólio no setor da goma-arábica pela Gum Arabic Company (GAC). O presidente sudanês Omar al-Bashir emitiu um decreto que pôs fim ao monopólio da goma arábica, liberando a sua produção e exportação.

Essa decisão revela que, no mercado internacional, há uma movimentação em favor do crescimento da comercialização da goma arábica, liberando a exportação a novos mercados pelo Sudão. (International Trade Center, 2010)

Em 2008, as quantidades totais de goma arábica (cru) exportado pelo Sudão, Chade e Nigéria atingiram a 27.216 toneladas (63%), 13.656 toneladas (31%) e 2.753

toneladas (6%), respectivamente. Somando-se os valores observamos uma produção total em 2008 de 43.625 toneladas. Esse valor representou um declínio de 22% do total de 2007 (55.995 toneladas), o qual pode ser relacionado diretamente com a queda das exportações para o Sudão (28%) e Nigéria (56%). No entanto, no Chade houve um aumento de 16%, passando de 11.774 toneladas em 2007 para 13.656 toneladas em 2008. (Cecil, 2005)

No dia 20 de março de 2010 saiu uma notícia na imprensa sudanesa com a seguinte nota: *“O Sudão, o maior produtor mundial de goma arábica, chegou à produção de 49 mil toneladas de goma arábica”*, anunciou o secretário-geral do Conselho de Goma Arábica. Se esse valor de 49 mil toneladas for realmente preciso, representa cerca de 80% das exportações de goma arábica combinadas dos países árabes e africanos e representa um retorno de 75 milhões de dólares. (Al Arabya News Chanel, 2009)

Além da goma produzida na África, pelos países exportadores, outros países não-produtores são os principais fornecedores a países importadores. Na verdade esses países re-exportam a goma arábica a países importadores e obtém margens de lucro significativamente superiores aos obtidos pelos países produtores. Isso se deve pelo fato desses países processarem a goma em processos industriais complexos, no processo de refinamento, obtendo uma goma arábica re-exportada de maior valor agregado.

Os principais países importadores da goma arábica são: França, Estados Unidos, Reino Unido, Alemanha, Itália, Índia, Irlanda, Bélgica, Japão e países em desenvolvimento como China, Argentina e Brasil. (Cecil, 2005)

O que pode ser observado ao longo dos últimos anos é que houve um aumento considerável da produção e do uso da goma arábica no mundo, exceto no ano de 2008. Porém desde 2009 as autoridades vêm incentivando o aumento da produtividade, principalmente no Sudão, devido ao crescimento da demanda desse produto no mercado global. (Al Arabya News Chanel, 2009)

3.2. Goma Arábica no Brasil

O Brasil não produz goma arábica, e portanto para a obtenção desse produto no mercado nacional e nas indústrias que a utilizam é necessário a importação da goma de países produtores ou re-exportadores. No ano de 2008 o Brasil importou 35,2 toneladas de goma arábica do Senegal (equivalente a US\$ 356.095). Em comparação, importou 9,0 toneladas do Sudão (equivalente a US\$ 36.418) Sudão – maior produtor. (Jornal Sudan Tribune, 2009) Isso se deve, provavelmente, ao fato de o Brasil e Senegal estarem construindo um número significativo de projetos de cooperação em áreas de interesse comum, como bioenergia, agricultura e pecuária, segurança alimentar e capacitação científica e tecnológica. O intercâmbio comercial gira em torno de US\$ 74 milhões, com saldo amplamente favorável ao Brasil, que já é o quinto maior exportador para o Senegal. Os principais produtos de exportação pelo Brasil em 2006 foram arroz e açúcar. Quase a totalidade das importações provenientes do Senegal é de goma-arábica. (Revista Fator Brasil, 2007)

Porém ao se observar os dados de importação de goma arábica dos últimos três anos, constata-se que os maiores exportadores de goma arábica para o Brasil não são os países produtores e sim países que re-exportam a goma arábica por eles importada. A tabela a seguir mostra as quantidades e os preços de importação de goma arábica do Brasil por esses países.

Tabela 2 – Principais países exportadores de goma arábica para o Brasil nos últimos anos

País	2007		2008		2009	
	ton	US\$ (FOB)	ton	US\$ (FOB)	ton	US\$ (FOB)
França	765,314	3049.383	1.036,053	4.434.859	997,182	4.239.297
EUA	258,407	932.905	173,218	947.504	227,209	1.230.107
Reino Unido	21,200	134.601	20,700	90.037	50,600	235.925
Senegal	9,100	88.332	352,200	356.095	26,400	247.319

Fonte: Sistema Alice Web – MDIC (2009)

De acordo com a tabela acima o Brasil importa a goma arábica majoritariamente de países que a re-exportam, provavelmente após um processo de refinamento ou

beneficiamento. Pode-se esperar, portanto que essa goma re-exportada apresente um valor final maior do que o valor que foi comprado por esses países importadores.

A seguir tem-se uma tabela e um gráfico com os valores de importação e re-exportação da goma arábica ao longo dos últimos anos.

Tabela 3 – Importação e exportação de goma arábica pelo Brasil

ANO	IMPORTAÇÃO		EXPORTAÇÃO	
	US\$ FOB	Peso Líquido (ton)	US\$ FOB	Peso Líquido (ton)
1996	2.542.502	492,905	-	-
1997	2.116.271	468,769	15	0,001
1998	1.497.571	494,349	-	-
1999	2.208.977	643,821	26.471	2,316
2000	2.735.389	783,177	118.580	258,607
2001	2.141.584	685,531	12.697	0,620
2002	3.153.944	941,970	36.209	9,720
2003	2.876.875	1.034,840	39.663	11,645
2004	3.453.811	999,847	79.123	6,500
2005	4.532.507	980,659	81.501	75,613
2006	5.741.150	1.154,548	33.095	4,149
2007	4.723.185	1.220,087	68.839	18,505
2008	6.748.861	1.494,288	7.252	0,465

Fonte: Sistema Alice Web – MDIC (2009)

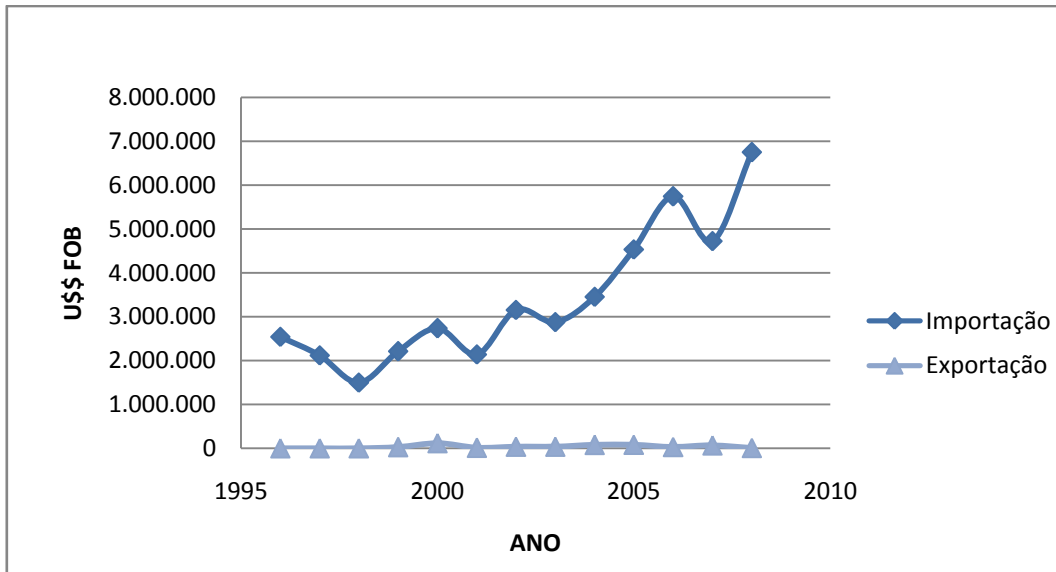


Figura 9 – Valores em dólares FOB de importação e re-exportação de goma arábica pelo Brasil

Fonte: Sistema Alice Web – MDIC (2009)

Sabendo que no Brasil não há produção de goma arábica, e tendo os dados de importação e exportação, pode-se calcular o consumo aparente ($\text{Consumo Aparente} = \text{Produção} + \text{Importação} - \text{Exportação}$). O consumo aparente é um ótimo indicador de como tem sido o consumo real do produto no mercado interno ao longo dos anos. A figura a seguir mostra o consumo aparente nos últimos anos.

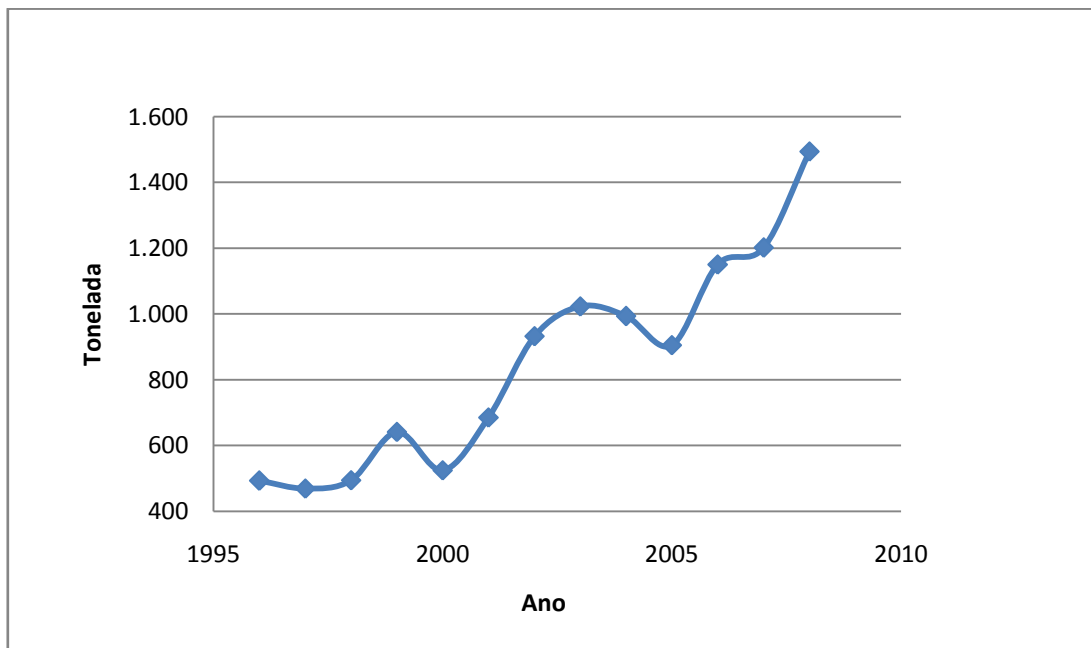


Figura 10 – Consumo Aparente de Goma Arábica no Brasil

Fonte: Elaboração Própria

O consumo aparente ao longo dos últimos anos aponta para um aumento considerável na demanda de goma arábica no Brasil.

A variação de preços da goma arábica ao longo do tempo, conforme é mostrado na Tabela 4, pode ser explicada por fatores como oferta versus demanda, mas pode ser considerada razoavelmente estável, oscilando em torno de uma média de 3900 US\$/ton., calculada com base nos dados de importação.

A variação observada nos preços da goma exportada deve-se a fatores como pureza ou grau de processamento, pois como o Brasil não produz goma arábica, deduz-se que esses valores são referentes a uma reexportação da goma beneficiada e transformada no país.

Tabela 4 – Preço FOB da goma arábica

Ano	Importação			Exportação		
	US\$ FOB	Peso Líquido (ton)	Preço FOB (US\$/ton.)	US\$ FOB	Peso Líquido (ton)	Preço FOB (US\$/ton.)
1996	2.542.502	492,905	5158,20	-	-	-
1997	2.116.271	468,769	4514,53	15	0,001	15000,00
1998	1.497.571	494,349	3029,38	-	-	-
1999	2.208.977	643,821	3431,04	26.471	2,316	11429,62
2000	2.735.389	783,177	3492,68	118.580	258,607	458,53
2001	2.141.584	685,531	3123,98	12.697	0,620	20479,03
2002	3.153.944	941,970	3348,24	36.209	9,720	3725,21
2003	2.876.875	1.034,840	2780,02	39.663	11,645	3406,01
2004	3.453.811	999,847	3454,34	79.123	6,500	12172,77
2005	4.532.507	980,659	4621,90	81.501	75,613	1077,87
2006	5.741.150	1.154,548	4972,64	33.095	4,149	7976,62
2007	4.723.185	1.220,087	3871,19	68.839	18,505	3720,02
2008	6.748.861	1.494,288	4516,44	7.252	0,465	15595,70

Fonte: Sistema Alice Web – MDIC (2009)

Para completar a análise do mercado de goma arábica no Brasil, é importante conhecer as empresas (nacionais e estrangeiras) que importam esse produto e suas áreas de aplicação. Com isso podemos perceber a direção que o mercado de goma arábica tende a atuar e expandir. Segue na Tabela 5 algumas empresas que foram relacionadas pela Revista Química e Derivados (2010).

Tabela 5 – Relação de algumas empresas que importam goma arábica no Brasil

Empresa	Goma Arábica	Aplicação	Localização no Brasil
Adrivan	Pó	Linha farmacêutica	SP
AMC do Brasil	Pó	Emulsificante	SP
Basequímica	Pedras/ Pó	Linha alimentícia	SP
Bonato	Pedras/ Pó	-----	SP
Brastóquio	Pó	Estabilizante e Linha Alimentícia	SP
Colloides Naturales	Pó	Linha Alimentícia	SP
Felsonquímica	Pedras/ Pó	-----	SP
Gramalux	Pó	Linha Alimentícia	SP
JB Química	Pedras/ Pó	Diversas	SP
Libano Brasileira	Pedras/ Pó	Indústria Alimentícia e Farmacêutica	SP
M. Cassab	Pó	Indústria Alimentícia	SP
Vegatrad	Pedras/ Pó	-----	SP

Fonte: Revista Química e Derivados (2010)

Como pode ser visto na tabela anterior, há uma grande segmentação por parte dessas empresas em utilizar a goma arábica em indústria de alimentos e como agente emulsificante.

3.3. Aplicações da goma arábica

A goma arábica, ou acácia é um hidrocolóide que teria sido um artigo de comércio já no século 12 a.C., sendo coletada na Núbia e exportada para o norte do Egito para preparação de tintas e aquarelas. Heródoto, escritor do século V a.C., menciona a sua utilização para o processo de embalsamento ao unir as bandagens de linho durante a mumificação no Egito. No século IX, o médico árabe Abu Zayd ibn Hunayn Ishaq al-Ibadi, escrevendo em seus *Dez Tratados Sobre o Olho*, descreve a goma arábica como ingrediente em compressas para o olho. (Revista Fator Brasil, 2007)

Atualmente, com a indústria moderna, os usos e aplicações da goma arábica se encontram distribuídos em diversos ramos da indústria, por isso sua importância e relevância podem ser observadas a partir do conhecimento das principais áreas de aproveitamento dessa goma.

Hidrocolóides são polissacarídeos que apresentam a propriedade de reter moléculas de água, formando soluções coloidais e controlando desse modo a atividade de água de um sistema. De forma geral, a goma arábica dissolve-se rapidamente, tanto em água quente como fria.

Devido às suas propriedades a goma arábica possui nichos de aplicação que lhe garantiram um mercado mundial de 55 mil t/ano em 2003. Esse grande mercado, que vem crescendo ainda mais, ocorre em virtude das suas aplicações como emulsificante de doces industrializados, onde age também para retardar a cristalização do açúcar; como agente de textura; estabilizante; e, também, como agente microencapsulador de compostos aromáticos, para evitar sua volatilização e oxidação. Nessa última aplicação, um cliente global é a Coca Cola. (Saudi Aramco World, 2005)

A goma arábica atua também como agente nutricional, em razão de ser rica fonte de fibras solúveis. Iogurtes e achocolatados têm aproveitado essa qualidade da goma para divulgar em suas embalagens a propriedade de conter fibras que ainda estimulam o crescimento de bactérias lácticas benéficas, dando o chamado efeito prebiótico. Também por ter baixo valor calórico, a acácia no Brasil está sendo utilizada

para substituir o xarope de glicose como ligante de barras de cereais *light*. (Saudi Aramco World, 2005)

De forma resumida as principais funcionalidades da goma arábica como ingrediente técnico na indústria alimentícia são: (Portal de Informação Multilíngue, 2009; Associação Brasileira de Enologia, 2009; Jumbo Acacia Co, 2009)

- Texturizador de açúcares e polióis médio;
- Filme que evita a migração de gordura, água e gás;
- Encapsulamento para os produtos comprimidos de açúcar e polióis;
- Emulsificante para emulsões de óleo em água;
- Estabilizador de sistemas coloidais.

Dentro do setor de bebidas, uma grande aplicação da goma arábica ocorre na produção de vinhos. Devido à sua estrutura peculiar - baixa viscosidade com relação a outros hidrocolóides - ela apresenta excelentes propriedades tensoativas que a faz ser utilizada na estabilização do vinho - gerado pelo seu efeito coloidal protetor. Devido à sua composição ser em polissacarídeos não fermentáveis, a goma arábica é caracterizada por apresentar um gosto agradável, que melhora consideravelmente os vinhos, principalmente aqueles que apresentam notas ácidas ou tânicas acentuadas. (Associação Brasileira de Enologia, 2009)

A goma arábica é também utilizada em tintas empregadas diversas técnicas no campo da litografia e das artes visuais. Na litografia, a sua capacidade de emulsionar filmes finos de líquido de maneira uniforme, a torna desejável como um antioxidante para revestimento de chapas fotossensíveis. O processo funciona através da sensibilização de uma parte da chapa de impressão para que ocorra a aceitação da graxa, óleo ou tinta de impressão. Uma imagem é desenhada ou transferida para uma placa de alumínio, zinco e 'gravado' com uma solução de goma arábica, água e ácido nítrico. Litografia em *Offset* continua a ser o processo de impressão mais econômico em utilização, devido ao seu baixo custo, mesmo considerando a preparação de filmes e operação da prensa. A mesma qualidade também a torna útil em esmaltes pulverizados, cerâmica de alta tecnologia e como agente floculante em refino de certos minérios.

É utilizada na indústria têxtil, onde é adicionada para fazer o fio mais forte e aumentar a sua resistência à tração. Sua utilização também é observada na inibição de corrosão de metal e na fabricação de colas e pesticidas. (Portal de Informação Multilíngue, 2009)

No segmento de cosméticos, a goma arábica estabiliza loções, cremes de proteção, e emulsão. Ela aumenta a viscosidade, ajuda no processo de espalhamento, acrescenta um toque suave à pele e também forma uma camada protetora.

No setor farmacêutico pode ser utilizada no encapsulamento e recobrimento de comprimidos e, devido à sua propriedade emoliente, é aplicada em xaropes, onde também mascara o gosto desagradável do produto.

Além dessas, outras aplicações podem ser observadas, como: fixação de sabor na forma de pó seco - podem ser acondicionados em misturas secas de sobremesas pudins, bebidas, bolos e sopas; produtos de panificação; e em preparações de emulsões óleo/água.²⁷

3.4. Projeções de consumo de Goma Arábica no Brasil

A capacidade produtiva de uma possível produtora de goma de cajueiro deve ser projetada de forma a suprir certa quantidade visando o consumo de goma arábica não atual, mas projetado para um determinado tempo posterior. Considerando 10 anos o tempo da depreciação para equipamentos de indústria química, a partir dos dados recentes de consumo aparente, foram feitas projeções para avaliação do crescimento do consumo até 2020. A partir deste valor projetado foi determinada a quantidade a ser produzida de goma arábica como substituinte de uma fração da quantidade a ser consumida de goma arábica no ano base especificado.

Com base nos dados de consumo aparente (CA) foram feitas as seguintes projeções: linear e exponencial (CA vs tempo), CA vs PIB e CA vs Crescimento Populacional. O parâmetro tempo foi utilizado por ser um dado padrão de acompanhamento de consumo. Os parâmetros PIB e Crescimento Populacional foram escolhidos pelo fato da goma arábica ser um produto de consumo semi-direto da

população pela sua larga utilização em remédios e alimentos. Desta forma, o aumento do PIB e o crescimento da população demonstram um aumento de renda da população e da própria população, possibilitando maior acesso aos tipos de produtos que tem a goma arábica como base.

As projeções linear, CA vs PIB e CA vs Crescimento Populacional foram feitas utilizando a função *tendência* e a projeção exponencial foi feita utilizando a função *crescimento*, ambas do *software* computacional Microsoft Excel. Os dados de referência encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados de Consumo Aparente, PIB e População Brasileira usados nas projeções

Ano	Consumo Aparente (ton)	PIB (US\$ bilhões)	População Brasileira
1996	492,90	552,98	166.073.876
1997	468,77	571,23	168.546.719
1998	494,35	571,80	170.956.177
1999	641,50	576,37	173.293.681
2000	524,57	601,73	175.552.771
2001	684,91	609,63	177.752.913
2002	932,25	621,38	179.914.212
2003	1.023,19	624,76	182.032.604
2004	993,35	655,38	184.101.109
2005	905,05	670,30	186.112.794
2006	1.150,40	694,00	188.078.227
2007	1.201,58	721,79	190.010.647
2008	1.493,82	758,60	-

Fonte: Elaboração Própria / Dados: Alice Web – MDIC (2009) e IBGE (2009)

As primeiras projeções feitas apresentaram os seguintes valores de consumo aparente em 2020, com o respectivo valor de coeficiente de correlação R^2 . Para a projeção do PIB, foi considerado um aumento anual de 4% e para a projeção do crescimento populacional, um crescimento de 1,23%, valor da média obtida do crescimento de um ano para o outro no período acima.

Tabela 7 - Primeiras Projeções

Projeção	Consumo em 2020 (ton)	R ²
Linear	2.266,91	0,9466
Exponencial	4.030,84	0,9550
CA vs PIB	3.659,43	0,9441
CA vs Crescimento Populacional	2.232,76	0,9398

Fonte: Elaboração Própria

Em busca de valores de R² mais próximos da unidade, foram retirados alguns pontos e feitas novas projeções para avaliação. Os pontos retirados foram os considerados incomuns, que não apresentaram crescimento ou apresentaram queda no consumo (para as projeções linear e exponencial) e os que apresentaram queda no PIB. Para o PIB também foi feita projeção considerando os dados de 2002-2008, a fim de avaliar a possível influência do último governo no mercado de goma arábica.

Os melhores resultados estão em negrito na tabela.

Tabela 8 - Projeção linear com alterações

Projeção	Consumo em 2020 (ton)	R ²
Linear	2.266,91	0,9466
Linear (sem 2000)	2.244,87	0,9549
Linear (sem 2003)	2.248,20	0,9495
Linear (sem 2000 e 2003)	2.456,98	0,9555

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 9 - Projeção Exponencial com alterações

Projeção	Consumo em 2020 (ton)	R ²
Exponencial	4.030,84	0,9550
Exponencial (sem 2000)	4.308,78	0,9665
Exponencial (sem 2003)	4.300,09	0,9616
Exponencial (sem 2000 e 2003)	4.194,48	0,9666

Fonte: Elaboração Própria

As projeções linear e exponencial apresentaram maiores coeficientes de correlação com a retirada de anos, e ambas tiveram seu maior valor com a retirada dos anos de 2000 e 2003.

Tabela 10 - Projeção CA vs PIB com alterações

Projeção	Consumo em 2020 (ton)	R ²
CA vs PIB	3.659,43	0,9441
CA vs PIB (sem 1997)	3.826,13	0,9049
CA vs PIB (sem 1998)	3.615,59	0,9390
CA vs PIB (2002 a 2008)	3.013,30	0,8793

Fonte: Elaboração Própria

A projeção do consumo com o PIB apresentou menores valores de R², sendo o coeficiente para o período de 2002 a 2008 muito baixo, indicando que quaisquer mudanças em relações comerciais não tiveram grande relação a este mercado.

A fim de visualizar a curva dos dados de 1996 a 2008 e as curvas de projeções, foram reunidos em um gráfico as melhores projeções. Para tal gráfico, o CA vs Crescimento Populacional foi excluído, visto que seu valor de R² foi o menor na primeira projeção. Dada a figura a seguir, é possível ver uma semelhança muito maior da projeção exponencial para os pontos de dados reais do que das outras projeções. No entanto, a goma arábica, bem como as aplicações principais a que propomos a substituição por goma de cajueiro, está relacionada ao consumo populacional, que tem o PIB como melhor indicador. Portanto, mesmo a projeção exponencial tendo apresentado R² maiores que o CA vs PIB, este último foi o escolhido para ser usado.

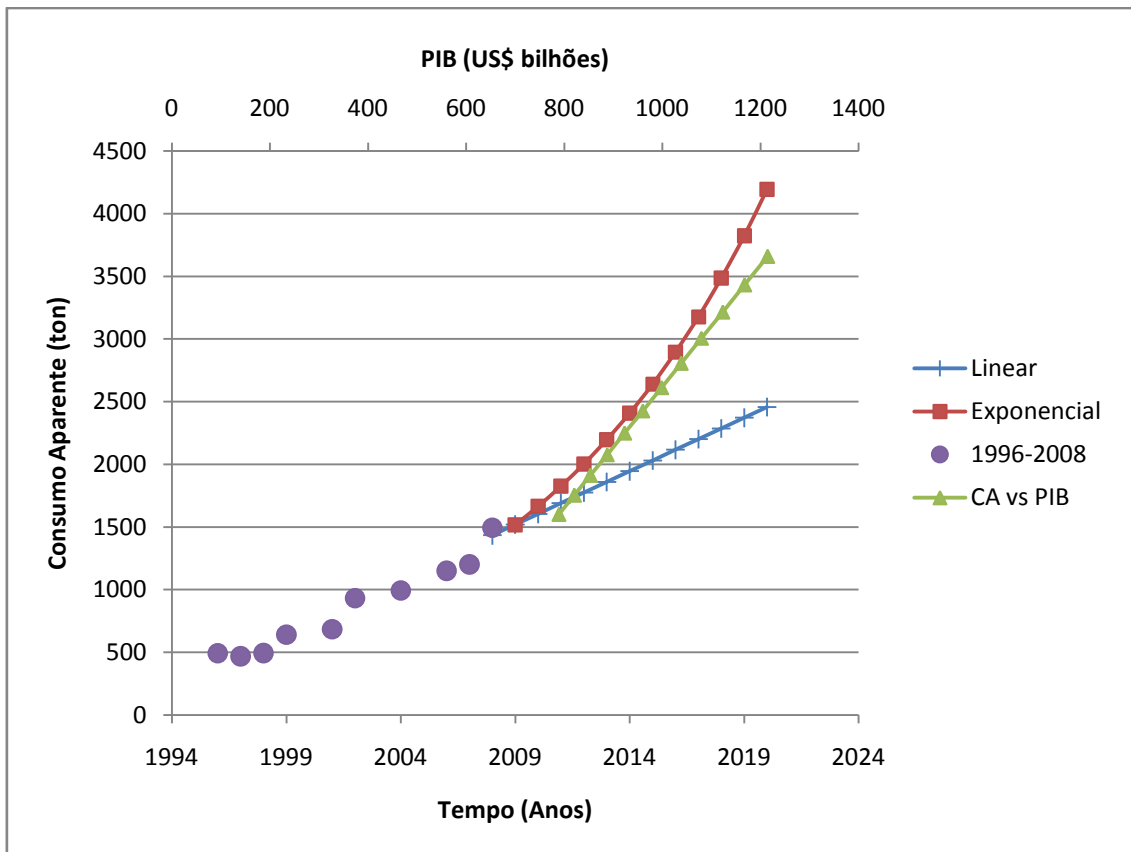


Figura 11 - Melhores projeções

Fonte: Elaboração Própria

O consumo previsto em 2020 é de aproximadamente 3600 toneladas de goma arábica. Para a produção de goma de cajueiro, faz-se uma projeção com a perspectiva de, em 2020, o produto ser usado como substituinte de 50% do que seria usado com goma arábica, independente de aplicação.

Portanto, para o estudo da viabilidade de implantação da fábrica, a capacidade da planta proposta deve atender o mercado estimado para daqui a 10 anos, com uma produção de **1800 toneladas** de goma de cajueiro.

4. Estudo de Tecnologia

A produção da goma de cajueiro proposta tem grande semelhança com o processo produtivo da goma arábica. Pelo fato desta última estar plenamente estabelecida no mercado mundial, foram utilizadas as especificações comerciais da goma acácia, na tabela a seguir, como referência para o processo da goma de cajueiro.

Tabela 11 - Especificações comerciais da goma arábica

Solubilidade em água fria	1g/2mL
Solubilidade em etanol	Nula
Perda de massa a 105°C por 4h	≤10%
Teor de cinzas	≤4%
Insolubilidade de cinzas em ácido	≤0,5%
Insolubilidade do material em ácido	≤1%
Arsênio	≤3mg/kg
Mercúrio	≤1mg/kg
Cádmio	≤1mg/kg
Chumbo e outros metais pesados	≤20mg/kg
<i>Salmonella</i>	Negativo em 10g
<i>E. Coli</i>	Negativo em 5g
Granulometria comercial (µm)	Entre 125 e 210
Gravidade específica	1,0

Fonte: Cybercolloides (2010) / Dados: Science Stuff (2010)

A goma bruta, recolhida das árvores, é processada em moinho de bolas. Para seu armazenamento, utiliza-se uma balança do tipo ensacadeira para encher os *bags*. Esses *bags* são armazenados e, quando da sua utilização, são descarregados em um tanque de mistura com o auxílio de uma talha. A goma é dissolvida em água fria no tanque de mistura, onde também é adicionado carvão ativado para clarificação do produto final. A mistura é filtrada em um filtro de placas ou prensa, para remoção dos contaminantes insolúveis e do carvão ativado. O filtrado é encaminhado para um tanque pulmão a fim de garantir a carga para o *spray dryer*.

Em seguida, a solução é pasteurizada ao passar por um trocador de calor do tipo placas. Para comercialização o produto deve ser na forma de pó e para isso, o mesmo é enviada para um *spray dryer*, resultando em um pó fino, com granulometria padronizada, altamente solúvel em água. Saindo do *spray*, os sólidos são recuperados em um ciclone e estocados em um silo, de onde o produto final pode ser embalado e enviado para comercialização.

O processo proposto foi baseado no exemplo da *Colloids Naturels International*, apresentado no seu website.

Onde:

E-1 – Moinho de bolas

E-2 – Tanque de mistura

E-3 – Bomba centrífuga

E-4 – Filtro-prensa

E-5 – Tanque pulmão

E-6 – Bomba centrífuga

E-7 – Trocador de calor de placas

E-8 – Aquecedor elétrico

E-9 – *Spray-dryer*

E-10 – Ciclone

E-11 – Ventilador

E-12 – Silo

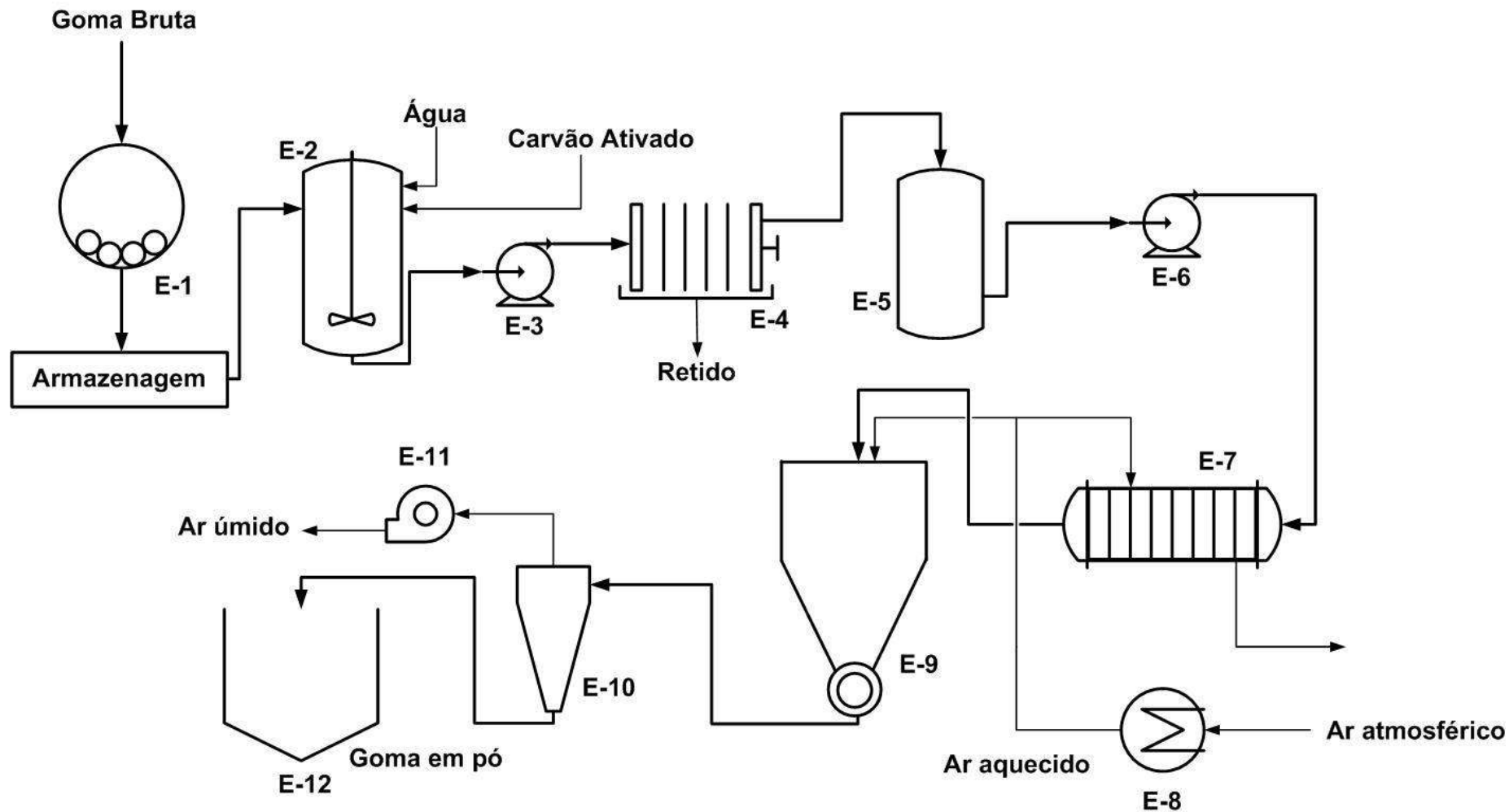


Figura 12 - Fluxograma simplificado do processo

Fonte: Elaboração Própria

5. Projeto de Processo

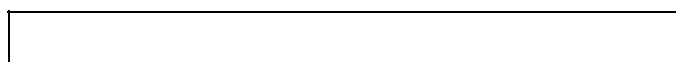
5.1. Balanço por equipamento

A capacidade anual da planta de produção de goma de cajueiro, segundo as projeções feitas, deve ser de 1800 toneladas. Considerando 300 dias de produção por ano e 4 bateladas diárias, a vazão mássica de produto deve ser de 1500 kg/bat, totalizando uma produção diária de 6 toneladas. Sendo assim, a planta trabalha com um fator operacional de 83%, como calculado a seguir. As paradas programadas para outras atividades como equilíbrio de estoque, manutenção e limpeza representam o tempo restante (17%).

De acordo com a literatura, a goma dissolvida em água apresenta propriedades fluidas excelentes (em concentração de 1% em água, apresenta viscosidade de 1 mPa.s, semelhante à da própria água), o que caracteriza a mistura como fluido newtoniano.¹² Fazendo os cálculos para atender a produção diária, pode-se determinar a carga em cada equipamento, até o início do processo.

a) Ciclone

A função do ciclone após a secagem do material é de recuperação do produto sólido desejado, separando-o do ar úmido, ambos provenientes do *spray dryer*.



b) *Spray Dryer*

O *spray dryer* seca o material, removendo os 86% (p/p) de umidade da mistura, resultando no produto de interesse em pó. A água é vaporizada principalmente pelo contato com o ar quente, passando para a fase gasosa, tornando o ar úmido.



c) Trocador de Calor de Placas

O trocador de calor não remove ou adiciona qualquer massa, apenas aquece a mistura para pasteurização. Utilizou-se o método de pasteurização HTST (*High Temperatura Short Time* – Alta temperatura Baixo tempo), com temperatura de saída de 95°C e tempo de residência de alguns segundos no trocador. Como a temperatura final é menor que a de ebulição da água, é desconsiderada qualquer evaporação da solução de goma. Também se desprezou a degradação do material por efeito das altas temperaturas nas paredes.

Ar atmosférico, previamente aquecido a 227°C é utilizado como fluido quente neste trocador. Para facilidade de cálculos, ignorou-se a umidade relativa do ar, considerando, portanto, o ar atmosférico como ar seco.

d) Filtro prensa

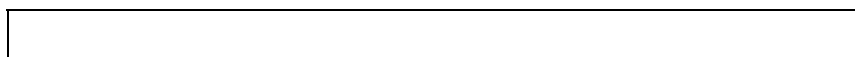
No filtro prensa ficam retidos todos os insolúveis da goma, suspensos na mistura, bem como o carvão ativado, adicionado para clarificação do produto. De acordo com a literatura, a goma de cajueiro possui 78% de solúveis na sua composição¹⁵, sendo o restante (cascalhos de árvore, pedaços de folha, areia, etc.) retido no filtro.

e) Tanque de mistura

No tanque de mistura são inseridos a goma triturada, água pura a temperatura ambiente (solvente) e carvão ativado (agente de clarificação). A água adicionada nesta etapa deve ser suficiente para calibrar a mistura que vai entrar no *spray dryer*, tendo 86% de umidade (p/p). Para um bom efeito de clareamento da goma, o carvão ativado é adicionado em 1% (p/V de solução).

f) Moinho de bolas

O moinho serve para diminuição do tamanho de partículas, com o objetivo de uma mais rápida solubilização da goma no tanque. A goma moída é estocada em sacos ou *bags* para posterior utilização conforme necessidade da batelada.



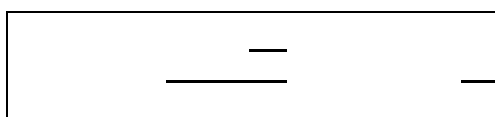
5.2. Dimensionamento de Equipamentos

O dimensionamento do ciclone é dependente da vazão de ar que entra no *spray dryer*. Por isso, nesta etapa, faremos os cálculos primeiramente do *spray dryer* e em seguida do ciclone.

a) *Spray Dryer*

Para o dimensionamento do *spray dryer* foram utilizados os dados da literatura³⁰, onde a goma de cajueiro foi considerada semelhante à levedura, com 14% de sólidos na entrada. Considerando uma torre de *spray* co-corrente de 6m de diâmetro e 6m de altura com atomizador de disco rotatório, tem-se uma taxa de evaporação de 8,2kg/s. O ar na entrada tem 227°C e na saída 62°C. Para facilidade de cálculos, considerou-se o ar que entra isento de umidade.

Sabendo a vazão mássica de produção e a concentração de sólidos na carga do *spray dryer*, é possível determinar a vazão de solução que entra no equipamento.



Uma vez que temos a vazão de entrada de solução e as temperaturas de entrada e saída no *spray*, é necessário fazer um balanço térmico para determinar a quantidade de ar quente requerida para a vaporização da água de solução. A fim de orientar os cálculos deste balanço, utilizou-se o procedimento representado na figura a seguir.

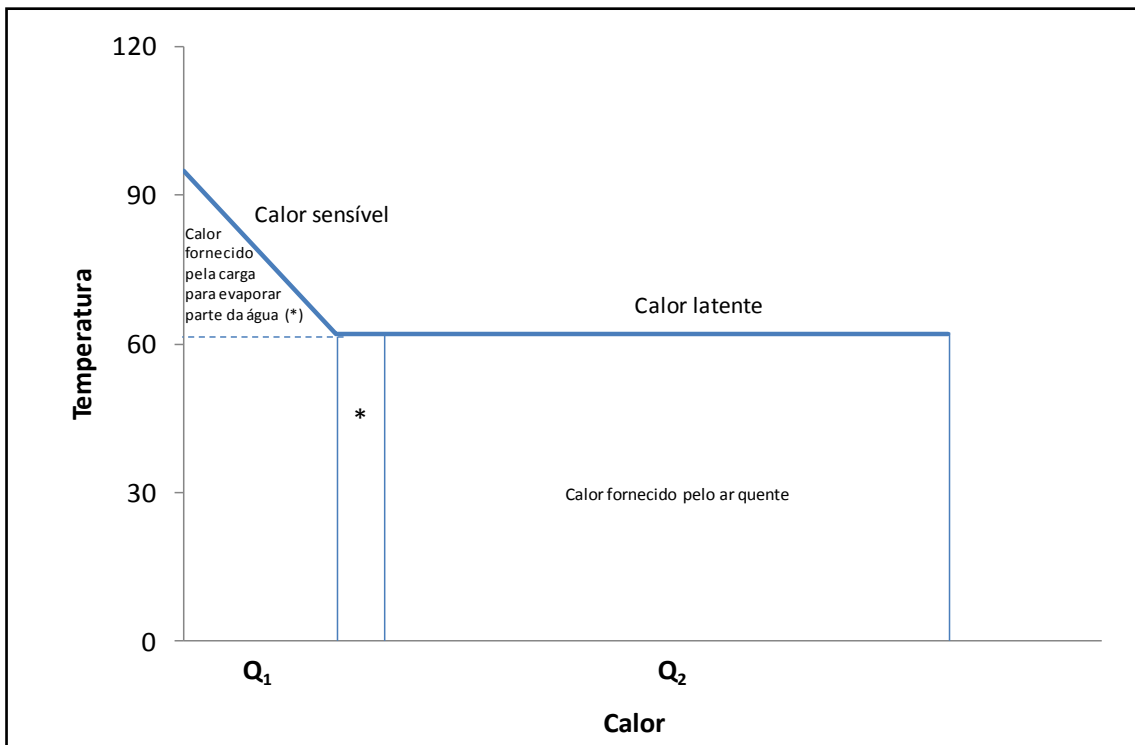


Figura 13 - Esquematização de procedimento

Fonte: Elaboração Própria

NOTA: O C_p da solução foi considerado igual ao da água, 4,186 kJ/kg.K.

A 62°C, as entalpias da água nas fases vapor e líquida são:

$$H_V = 638,79 \text{ kcal/kg}$$

$$H_L = 62,30 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Assim, } \Delta H_{VAP} = H_V - H_L = 576,46 \text{ kcal/kg} = 2413,65 \text{ kJ/kg}$$

Desta forma, Q_1 evapora parte da água, sendo esta quantidade calculada por:

Sabendo que a massa de água de entrada é 86% da vazão de solução que entra no *spray dryer*, temos que ainda resta a seguinte massa de água para ser evaporada:

Para evaporar tal massa de água é necessário o fornecimento de energia (Q_2) através do ar quente.

— — —

A massa de ar necessária para fornecer Q_2 é igual a:

—

Sendo assim:

A fim de garantir que toda a água da solução foi vaporizada, calcula-se a temperatura de saturação da mesma.

Se $T_{\text{OPERAÇÃO}} > T_{\text{SAT}}$, a água encontra-se na fase vapor.

—

Pela equação de Antoine:

—

Sendo $A = 8,07131$, $B = 1730,63$ e $C = 233,426$,

b) Ciclone



Para o dimensionamento do ciclone é necessário saber a velocidade terminal da partícula. Segundo Ludwig³¹, a equação que calcula a velocidade terminal para partículas entre 100 e 1500 microns é:



Onde:

g_L = aceleração da gravidade = 9,8 (m/s²)

D_p = diâmetro da partícula = 125 μ m (valor estimado)

ρ_s = densidade do sólido = 1000 kg/m³

ρ = densidade do ar @ 62°C = 1,05 kg/m³

μ = viscosidade do ar @ 62°C = 0,007 cP



Com a velocidade calculada, lê-se no gráfico abaixo a eficiência de coleta de partículas para o diâmetro utilizado.

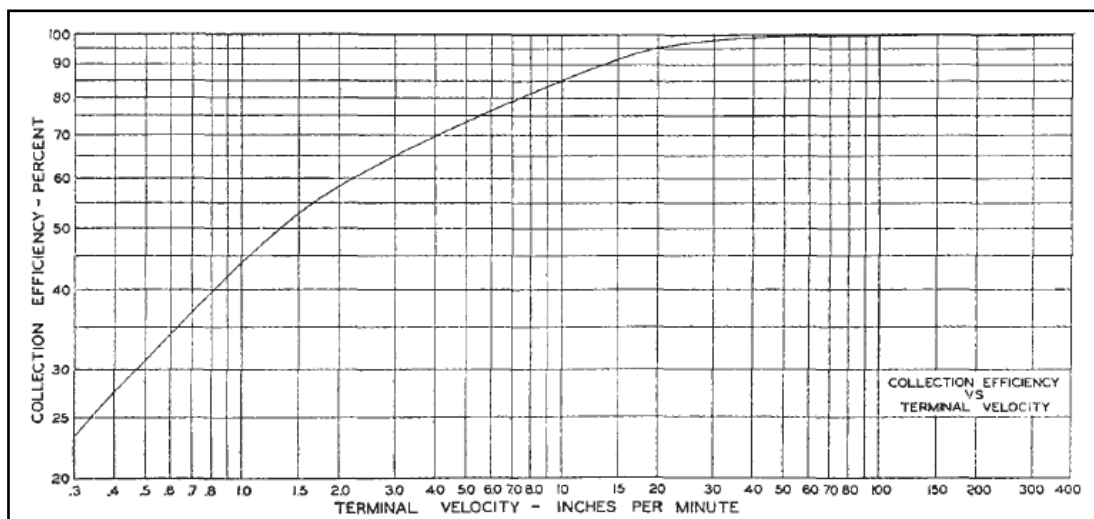


Figura 14 - Eficiência vs velocidade terminal para Ciclones

Fonte: Gomide (1988)

Portanto, facilmente verifica-se que a eficiência de coleta para a velocidade terminal calculada é de 100%. Com este valor é possível determinar a relação de D_p/D_{corte} na Figura 15 a seguir.

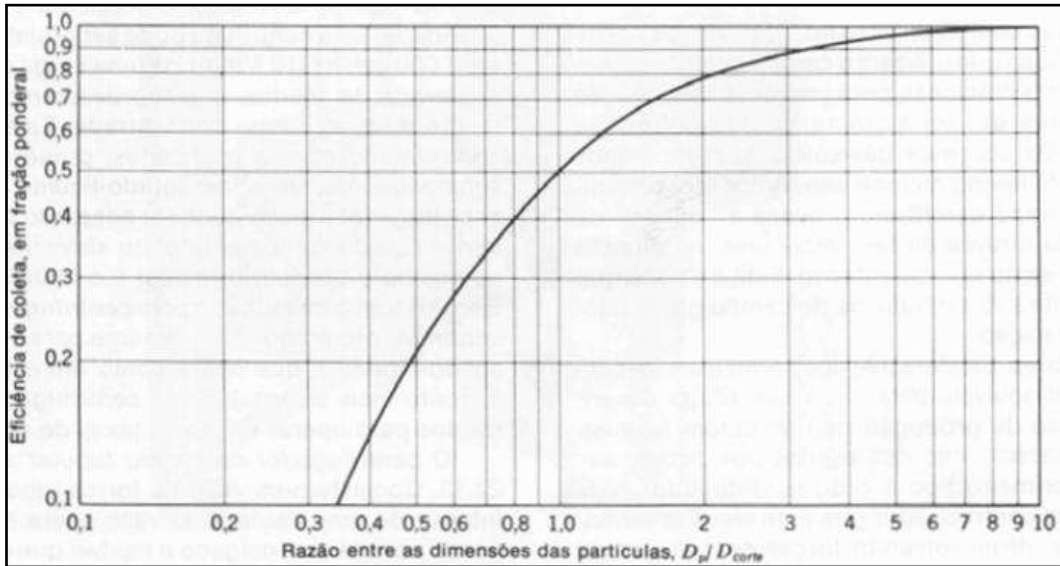


Figura 15 - Eficiência de coleta vs D_p/D_{corte}

Fonte: Material Didático, UFSC.

De acordo com a figura anterior, uma eficiência de 100% admite valores de D_p/D_{corte} na faixa de 7 a 10. Arbitrou-se um valor de 8,5 para os cálculos posteriores, resultando num valor de D_{corte} igual a 14,7 μm .

Com o valor do diâmetro de corte é possível dimensionar as medidas do ciclone, de acordo com a figura e as relações seguintes.

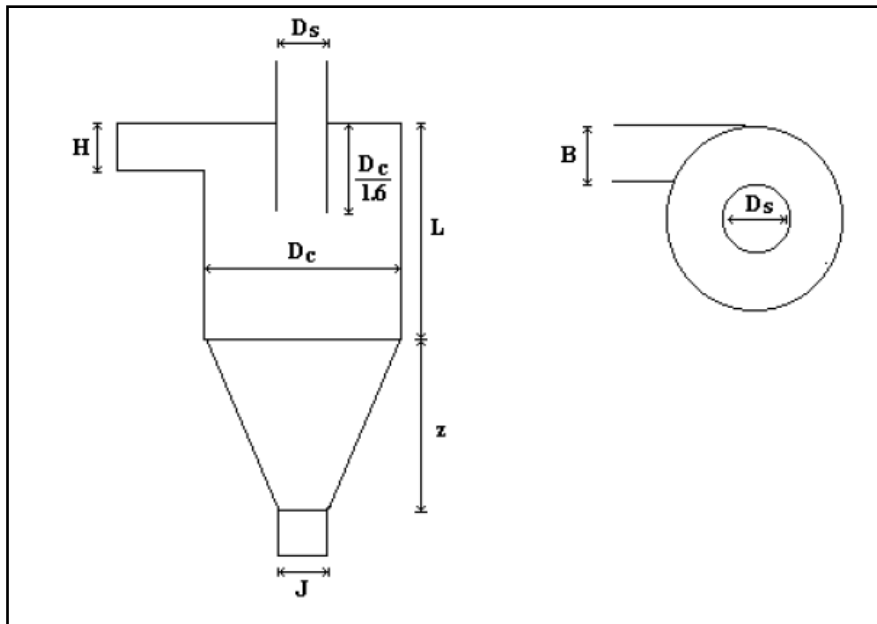


Figura 16 - Dimensões relativas de um ciclone

Fonte: Material Didático, UFSC.

Onde:

N = número de voltas feitas pelo gás no interior do ciclone = 3

v = velocidade de entrada do gás no ciclone baseada na área $B.H = 7,5$ m/s

μ = viscosidade do gás @ $62^\circ\text{C} = 0,007$ cP

ρ = densidade do gás @ $62^\circ\text{C} = 1,05$ kg/m³

ρ_s = densidade do sólido = 1000 kg/m³

A partir de valores arbitrados de N e v calculam-se as dimensões do ciclone através das relações a seguir até que H seja aproximadamente igual a $D_c/2$.

—

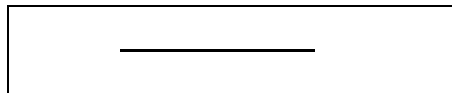
—

Como H também pode ser relacionado por:

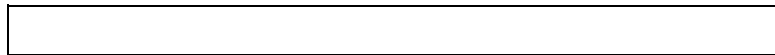
$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

c) Silo

Para armazenamento do produto em pó optou-se por usar um silo na saída do ciclone, com capacidade de guardar a produção diária. Considerou-se um fator de segurança de 20% para o volume do silo.

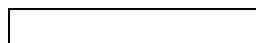


d) Trocador de Calor de Placas



No trocador de calor a mistura líquida deve ser aquecida da temperatura ambiente (25°C) a 95°C para pasteurização. Aproveitando a mesma fonte de ar aquecido que vai para o *spray-dryer*, tem-se que o fluido quente é ar, entrando a 227°C. Para cálculo da área de troca térmica considerou-se que o fluido quente sai a 120°C.

Utilizando a equação abaixo para o fluido frio, obtém-se o calor necessário para seu aquecimento até a temperatura desejada.



Sabendo que o calor que o fluido precisa receber é o mesmo que o fluido quente precisa fornecer, pode-se calcular a vazão de ar necessária.

$$\boxed{\quad\quad\quad}$$

Usando o método ϵ -NUT para dimensionamento de trocador de calor, é necessário o cálculo de C_q e C_f :

$$\frac{\dot{m}_c c_p}{\dot{m}_h c_p}$$

Portanto, C_q é o C_{\min} .

$$\dot{m}_c c_p$$

E sabendo que

$$\dot{m}_c c_p$$

e

$$\dot{m}_c c_p$$

De onde se tira que

Considerando

$$\dot{m}_c c_p$$

Resultando em uma área de troca térmica igual a:

$$\boxed{\quad\quad\quad}$$

e) Aquecedor elétrico de ar

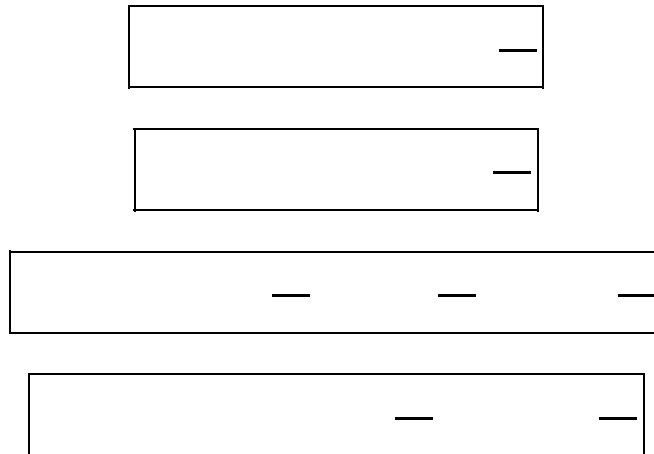
O ar quente que entra no trocador de calor e no *spray dryer* é ar atmosférico aquecido. Para facilidade de cálculo, considerou-se um aquecedor elétrico, porém para um projeto mais aprofundado seria relevante a investigação de um aquecedor fluido-térmico.

f) Filtro-prensa

Sabendo-se que os sólidos solúveis são 78% dos sólidos que entram no filtro, a massa de sólidos que entra é:

Para o preparo de uma carga com 14% de sólidos para o *spray dryer* e considerando 10% de perda no filtro, é necessária uma massa de água igual a:

Sabendo que a densidade ambos é 1000kg/m^3 , sabe-se o volume que cada componente ocupará no tanque, onde também é adicionado 1%(p/V), em g/cm^3 , de carvão ativado.

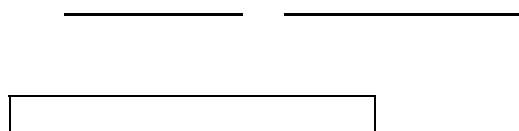


Para dimensionamento de um filtro-prensa são necessários dados experimentais de um filtro piloto, de onde é feito o *scale-up*. O presente trabalho não se deteve a este tipo de procedimento. Desta forma usaram-se valores típicos de um filtro-prensa industrial, operando em uma fábrica de grande porte no Rio de Janeiro, por apresentar condições operacionais semelhantes às de estudo.

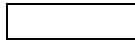
O filtro consiste de 50 placas de 1,8cm de espessura e 1,5m² de área/placa, resultando numa área de filtração total de 75m², com um tempo de ciclo de 1h 27min.

Para que o fluido vença as resistências a jusante, principalmente a da torta que se forma no decorrer da filtração, faz-se necessário por colocar uma bomba na entrada do filtro prensa. Como não foi possível o cálculo da perda de carga por não terem sido determinados os comprimentos de tubulação e os acidentes, estimou-se então, para efeito de cálculo de custo, uma bomba centrífuga com 4kg/cm² de pressão diferencial.

A operação do processo é de 4 bateladas diárias, mas o funcionamento do *spray dryer* deve ser contínuo ao longo do dia. Desta forma optou-se por colocar um tanque de armazenamento, também chamado de tanque “pulmão do *spray dryer*”, colocado após o filtro.



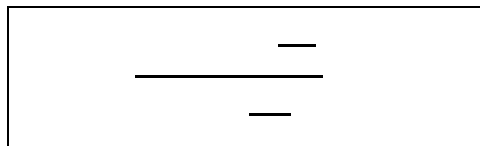
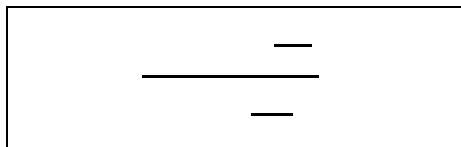
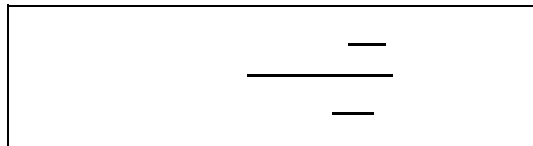
Segundo a literatura³⁰, tanques de agitação devem ter diâmetro máximo em torno de 1,8m.



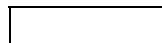
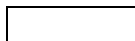
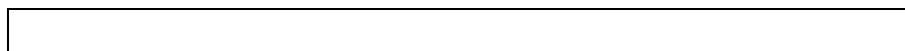
Para garantir a pressão do sistema restante é necessário colocar outra bomba na saída do tanque pulmão, também de 4kg/cm² de pressão diferencial.

g) Tanque de Mistura

O tanque de mistura deve ter um volume tal que englobe o volume de água e os volumes da goma adicionada e do carvão ativado, para um tempo de residência de 1h.

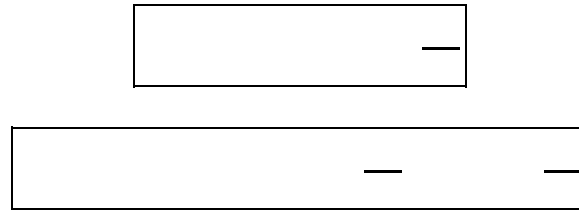


Colocando um fator de segurança de 20%, obtém-se facilmente o volume necessário do tanque.



A fim de garantir uma melhor homogeneização da mistura, colocou-se um agitador no tanque. A potência escolhida com base na capacidade do tanque foi de 15 HP.

h) Moinho de Bolas



Portanto,



De acordo com a carga de 2.019,23 kg/h (cerca de 48 ton/24h) teríamos as seguintes características do moinho de bolas e do produto moído. (Perry, 1999) O diâmetro das bolas usadas pode chegar a 13cm de diâmetro e seu material pode ser porcelana ou aço.

Tabela 12- Dados de dimensionamento e capacidade do moinho de bolas

Dimensões (ft)	Carga de bolas (ton)	Gasto Energético (HP)	Velocidade rotação (rpm)	Granulometria do produto (mesh)
5 x 4	5,25	44 – 50	27	65

Fonte: Perry, 1999

5.3. Cálculo dos Coeficientes Técnicos

Os coeficientes determinam a relação entre cada componente adicionado no processo em relação à produção, pela seguinte equação:



A importância dos coeficientes técnicos está na facilidade de determinar as quantidades para o caso da construção de uma nova unidade fabril, com maior ou menor produção que o processo base. Desta forma temos a tabela a seguir com os coeficientes técnicos deste processo proposto.

Tabela 13 - Coeficientes Técnicos

Insumo	Coeficientes Técnicos
Goma Bruta	1,35 kg de goma bruta/kg de goma purificada
Água	6,83 m ³ de água/kg de goma purificada
Carvão Ativado	0,081 kg de carvão ativado/kg de goma purificada
Energia Elétrica ^b	19.896 BTU/kg de goma purificada

^b Foi considerada a energia elétrica apenas para o aquecedor de ar.

6. Análise de Viabilidade Econômica

6.1. Estimativa do Investimento

O Investimento Total (I_{total}) corresponde ao total de recursos necessários e arriscados no empreendimento. É constituído do investimento Fixo (I_{fixo}), do Capital de Giro (I_{giro}) e do Investimento para a Partida ($I_{partida}$). O Investimento Fixo (I_{fixo}) corresponde aos recursos necessários à construção do processo, incluindo o Investimento Direto (I_{direto}) e o Investimento Indireto ($I_{indireto}$).³⁴ O Investimento Direto inclui os recursos para o material necessário para a montagem das instalações, sendo este subdividido em **ISBL** (*inside battery limits*), relacionado às unidades do processo, correspondendo 50 – 60% do investimento fixo, e em **OSBL** (*outside battery limits*), relacionados às unidades auxiliares necessárias, sendo 45% do ISBL, valores estes típicos para a indústria química e considerados válidos também para este processo. (Perlingeiro, 2005)

O Investimento Indireto ($I_{indireto}$) inclui despesas com o projeto, com aspectos de engenharia, supervisão, administração, logística, serviços e outros, compreendendo 15 a 30% dos custos de investimento fixo (CIF). (Peter e Timmerhaus, 1991) A seguir tem-se uma tabela com a composição típica do investimento ISBL e OSBL, sendo as proporções utilizadas descritas posteriormente.

Tabela 14 - Composição dos custos ISBL e OSBL

ISBL
Aquisição de equipamentos (AE)
Instalação de equipamentos
Controle e Instrumentação
Tubulações
Materiais e Equipamentos Elétricos

OSBL
Construção e serviços
Obras Preliminares
Utilidades
Terreno

Fonte: Ferreira, Castilho & Paiva (1995)

O Capital de Giro corresponde aos recursos necessários para manter a empresa em funcionamento durante as interrupções ocasionais da produção, com o pagamento de salários, formação de estoques de matérias-primas, produtos e peças de reposição, financiamento de vendas e crédito de fornecedores, constituindo 10 – 20% CIF.

O Investimento de Partida serve para cobrir custos que ocorrem antes e durante a partida do processo, como contratação antecipada de certo tipo de pessoal e a operação ineficiente do processo durante essa fase inicial, representando 8 – 10% CIF. (Peter e Timmerhaus, 1991; Perlingeiro, 2005)

Neste projeto, os preços dos equipamentos foram obtidos e calculados considerando-se o custo e a capacidade de cada equipamento. Foi realizada uma projeção e atualização dos custos com base nos dados da CE Index (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) entre os anos de 1986 – 2007. A seguir tem-se o gráfico desta projeção. Embora o coeficiente de correlação seja baixo, optou-se por deixar todos os pontos para evidenciar o crescimento mais recente.

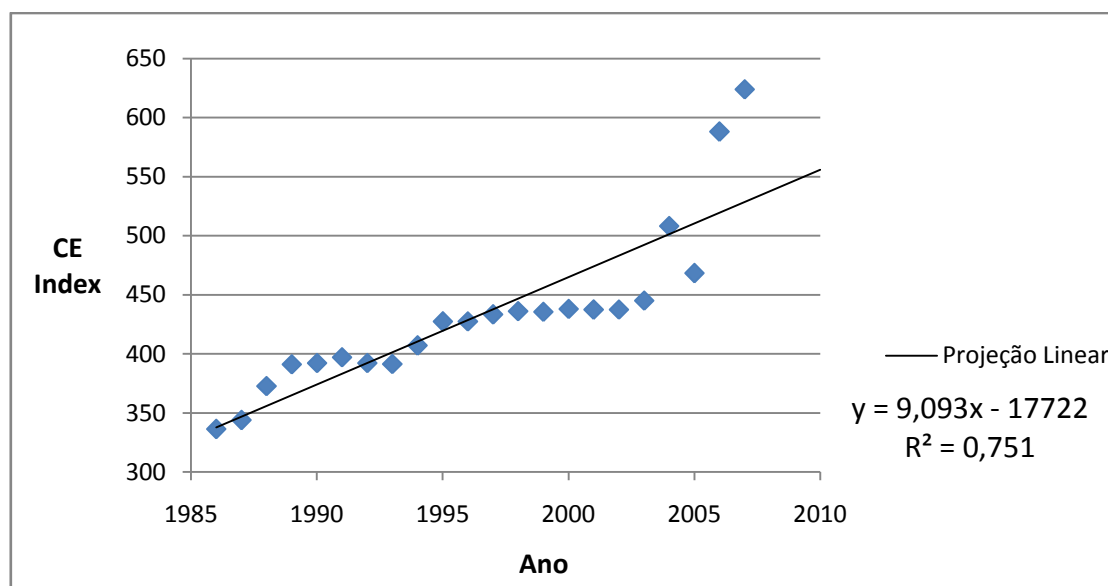


Figura 17 – Variação de projeção do CE Index

Fonte: Elaboração Própria

Os resultados estão apresentados na tabela a seguir, deve-se considerar que os custos dos equipamentos foram multiplicados por um determinado fator referente à atualização do custo para o ano de 2010. Os quatro fatores encontrados corrigem os custos através da equação da reta obtida no gráfico acima. Essa correção é referente aos custos de equipamentos calculados para os anos de 1990, 2004, 2007 e 2008, em dólares. O custo de cada equipamento foi estimado com base nos gráficos da literatura (Peter e Timerhaus, 1991) e em websites baseados no mesmo livro, com a correção automática para os anos referenciados a seguir.

Tabela 15 - Estimativa do Investimento Total

Equipamentos	Unidades	Fator de Correção	Ano referência	Custo unitário (US\$ mil)	Custo total (US\$ mil)
Moinho de Bolas	1	1,052	2007	351,582	369,718
Talha	1	1,034	2008	7,941	8,210
Tanque 1	1	1,052	2007	84,300	88,649
Tanque 2	1	1,052	2007	60,060	63,158
Filtro	1	1,052	2007	470,180	494,434
Trocador de Calor	1	1,052	2007	57,288	60,243
Spray-dryer	1	1,486	1990	1.617,000	2.402,774
Ciclone	1	1,052	2007	251,909	264,903

Silo	1	1,052	2007	16,863	17,733
Ventilador	1	1,486	1990	6,930	10,298
Aquecedor de ar	1	1,109	2004	550,000	609,829
Agitador	1	1,109	2004	42,658	47,298
Ensacadeira	1	–	2010	25,714	25,714
Bomba centrífuga	2	1,109	2004	97,020	215,148
Total de Equipamentos (TE)					4.678,109
Instalação de equipamentos				0,2* TE	935,622
Controle e Instrumentação				0,09* TE	421,030
Tubulações				0,16* TE	748,497
Edificação				0,15* TE	701,716
Utilidades				0,10* TE	467,811
Melhorias no Terreno				0,1* TE	467,811
Materiais e Equipamentos Elétricos				0,10* TE	467,811
Terreno				0,04* TE	187,124
ISBL					9.075,532
OSBL				0,45* ISBL	4.083,989
Custos diretos					13.159,522
Custos indiretos				0,25* custos diretos	3.289,880
Investimento Fixo (IF)					16.449,402
Capital de giro				0,15* IF	2.467,410
Custos de Partida				0,1* IF	1.644,940
Investimento Total					20.561,752

Fonte: Peter e Timmerhaus (1991)

6.2. Custos de Produção

Os custos de produção são compostos pelos custos variáveis, que dependem da quantidade produzida, representando os custos de matéria-prima (10 – 50%CP) e os

custos de utilidades (10 – 20 %CP); e os custos fixos que são divididos em caixa/diretos, caixa/indiretos e não-caixa. Neste trabalho, com o objetivo de se obter os melhores valores, foi estimado o valor de 26%CP para o custo de matéria-prima, pois dentro da faixa esse foi o valor que melhor se ajustou à soma dos custos variáveis e fixos, mantendo um custo de produção menor. Foi considerado também apenas 5%CP para o custo das utilidades, devido a este processo conter poucos dos itens comuns descritos na literatura.

Os custos caixa/diretos são ligados a produção específica, incluindo mão-de-obra de operação (10 – 20 %CP), supervisão e chefia, cargos de laboratório, manutenção e despesas gerais.

Os custos caixa/indiretos, como impostos, seguros e despesas gerais, não estão ligados à produção, sendo alocados a ela por critério de proporcionalidade, quando da fabricação de diferentes produtos em uma mesma planta.

Os custos não-caixa são relativos à depreciação, que é somada aos demais custos operacionais, representando a vida útil do investimento, correspondendo 10% do custo de investimento fixo por ano. (Peter e Timmerhaus, 1991)

Tabela 16 - Estimativa do Custo Total de Produção

Matéria-prima	Unidade	Custo Unitário (US\$)	Quant. anual	Custo anual (US\$ mil)
GOMA	kg	(R\$ 0,70)* (1US\$/R\$1,75)	2423076,00	969,230
Água	m ³	(R\$ 1,00)* (1US\$/R\$1,75)	12285,73	7,020
Carvão Ativado	kg	1,66	145200,00	240,752
Total MP				1217,002
Utilidades			0,05* CTP	234,039
Total custos variáveis			Total MP + Utilidades	1451,041
Operação (MOP)			0,1* CTP	468,078
Supervisão e chefia			0,1* MOP	46,808
Cargos de laboratório			0,1* MOP	46,808
Total de mão-de-obra (TMO)			MOP + Superv + Cargos	561,693
Manutenção			0,04* ISBL	363,021
Despesas gerais			0,2* TMO	112,339
Total custos diretos			TMO + Manutenção + Despesas gerais	1037,053
Despesas gerais			0,3* (TMO+Manutenção)	277,414
Impostos e seguros			0,015* IF	246,741
Total de custos indiretos			Despesas gerais + Impostos e seguros	524,155
Depreciação			0,1* IF	1644,940
Total de custos fixos			Total de custos indiretos + diretos + depreciação	3206,149
Custo total de produção (CTP)			Total de custos variáveis + fixos	4657,19

Fonte: Peter e Timmerhaus (1991)

Para o cálculo do custo total de produção fez-se uma estimativa do preço da goma de cajueiro bruta para R\$0,70/kg, sendo que este valor se encontra dentro da faixa de preço que normalmente se paga por materiais recolhidos por coletores.

Com os dados obtidos pelo balanço de materiais, foi possível estimar as quantidades anuais necessárias de matérias-primas e com isso desencadear o cálculo do custo total de produção.

6.3. Taxa Interna de retorno (TIR)

A taxa mínima de atratividade (TMA) é a taxa de juros abaixo da qual o investidor considera não-atrativa a realização do investimento. Considera-se a TMA como uma informação prévia para as análises de investimento, considerada nesse trabalho como 10%.

A taxa interna de retorno (TIR) é o valor da taxa de juros que anula o Valor Presente Líquido (VPL), definido abaixo. A TIR pode ser vista como o valor limite da TMA, sendo a diferença (TIR – TMA) interpretada como a margem de segurança para a tomada de decisão.

Onde:

I – Investimento;

R_k – receita no período k ;

C_k – custo no período k ;

n – vida útil do projeto;

i – taxa mínima de atratividade.

Para a tomada de decisão, pode-se usar a tabela a seguir.

Tabela 17- Métodos de avaliação de viabilidade

TIR	VPL	Situação
TIR > TMA	VPL > 0	Atrativo
TIR = TMA	VPL = 0	Indiferente
TIR < TMA	VPL < 0	Não-atrativo

A seguir tem-se o fluxo de caixa, algumas considerações foram realizadas para o cálculo do mesmo:

- Produção anual: 1800 ton/ano;
- Preço de venda do produto final: R\$9,63/kg (US\$5,50/kg). Esse preço foi estimado com base no valor do preço FOB/kg de goma arábica (US\$4,50/kg) e considerando que seja possível cobrar US\$1,00/kg referente ao transporte para o cliente;
- 1US\$ = R\$ 1,75;
- Valores do fluxo de caixa em US\$ mil.

Tabela 18 - Fluxo de Caixa (US\$ mil)

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Entradas (vendas)		9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00	9.900,00
Saídas		3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25	3.012,25
Matérias-primas		1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00	1.217,00
Utilidades		234,04	234,04	234,04	234,04	234,04	234,04	234,04	234,04	234,04	234,04
Custos diretos		1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05	1.037,05
Custos indiretos		524,16	524,16	524,16	524,16	524,16	524,16	524,16	524,16	524,16	524,16
Investimentos	-20.561,75										
Saldo	-20.561,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75	6.887,75
VPL	-20.561,75	-14.300,16	-8.607,81	-3.432,94	1.271,49	5.548,24	9.436,19	12.970,70	16.183,88	19.104,96	21.760,49

A partir dos dados obtidos pelo fluxo de caixa para 10 anos, obteve-se, utilizando as ferramentas do *Microsoft Excel*, uma TIR de 31%, que segundo os métodos de avaliação torna o projeto atrativo. Também observou-se um VPL positivo, o que ratifica a atratividade do projeto.

É importante utilizar o método do tempo de retorno ou *pay back period* a partir do gráfico de VPL por tempo. O valor para VPL nulo que cruza o eixo do tempo é o tempo de retorno do investimento. Como observado abaixo, o tempo de retorno para este projeto é de 4,14 anos.

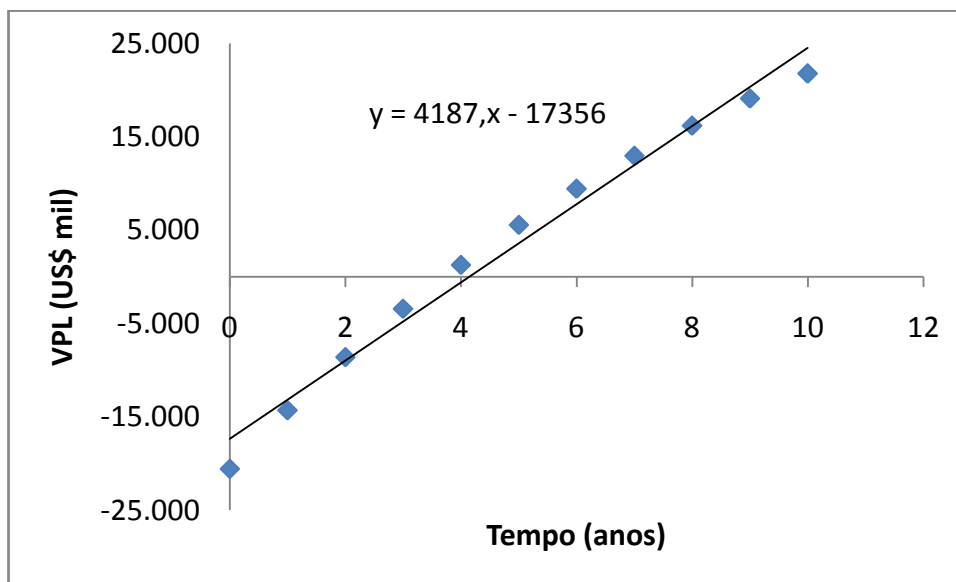


Figura 18 - Tempo de Retorno

Para finalizar, é possível avaliar também a relação de custo de produção por quantidade produzida e preço de venda por quantidade produzida. Neste caso, tem-se um custo de produção de aproximadamente R\$3,0/kg contra uma receita de R\$ 9,6/kg.

7. Conclusões

Neste projeto foi verificada a importância da possibilidade do uso da goma de cajueiro como um produto novo, não existente no mercado, principalmente como substituinte da goma arábica devido à similaridade de composição e propriedades, totalmente importada. Além do cunho econômico, a exploração da goma de cajueiro traria um ganho a mais à sociedade, principalmente do Nordeste brasileiro, por representar uma nova fonte de renda à população local.

Pelos métodos de avaliação de viabilidade, o projeto proposto se mostrou altamente atrativo, correspondendo de forma positiva aos métodos utilizados. A taxa interna de retorno (TIR) apresentou um valor de 31%, o valor presente líquido (VPL) de aproximadamente US\$21 milhões no décimo ano e o tempo de retorno de 4,14 anos.

O novo produto tem totais condições de competir no mercado, em vista da demanda crescente da goma arábica no mundo. Embora o trabalho feito tenha considerado a substituição de 50% da demanda brasileira de goma arábica em 2020 (3600 ton), o Brasil tem potencial hoje (estimado em mais de 51 mil toneladas) para suprir totalmente esta demanda, o que reforça a viabilidade de uma planta de produção de goma de cajueiro no Brasil.

8. Referências Bibliográficas

- [1] 500 perguntas e 500 respostas. [Disponível em <http://www.sct.embrapa.br/500p500r/Produto.asp?CodigoProduto=00063740>]. Acessado em 15/09/2009.
- [2] ACACIA GUM - EU Specification, Cybercolloides Ltd. [Disponível em <http://www.cybercolloids.net/library/euspecs/e-414-acacia-gum>]. Acessado em 03/07/2010.
- [3] Acacia Gum, Material Safety Data. Science Stuff, Inc. [Disponível em <http://www.sciencestuff.com/msds/C1115.html>]. Acessado em 03/07/2010.
- [4] Al Arabiya News Channel. [Disponível em <http://www.alarabiya.net/articles/2009/06/05/74939.html>]. Acessado dia 05/06/2009]
- [5] Associação Brasileira de Enologia. [Disponível em <http://www.enologia.org.br/conteudo>]. Acessado em 26/11/2009].
- [6] Cajueiro, Wikipédia. [Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Caju>]. Acessado em 27/10/2009.
- [7] Cecil, Charles O. Gum Arabic. [Disponível em <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200502/gum.arabic.htm> - Acessado em 09/10/2009]
- [8] Colloides Naturels International, CNI. [Disponível em <http://www.cniworld.com/index.php/en/about-cni/gum-acacia> - Acessado em 12\10\2009]
- [9] Cunha, Pablyana Leila R. da; Paula, Regina Célia M. de; Feitosa, Judith P. A.. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: Uma oportunidade de transformar

- conhecimento em valor econômico. Química Nova, São Paulo, Vol. 32, n.3, 646-660, 2009. [Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300017&script=sci_arttext]. Acessado em 27/10/2009.
- [10] FAO, 2005. Dirección de Estadística. [Disponível em <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=es&item=217&year=2005>]. Acessado em 27/10/2009.
- [11] Ferreira, J.S.G; Castilho, L.R.; Paiva, S.P.; Produção de Pectinases para a Indústria de Bebidas, Rio de Janeiro, 168 pp.; Projeto Final de Curso, Escola de Química, UFRJ, 1995.
- [12] Glicksman, M., and Sand, R. Gum Arabic, 1973. In L. Whistler, editor: Industrial Gums, Chapter X, Academic press, NY, P.197-263.
- [13] Goma Arábica, Wikipédia. [Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Goma-ar%C3%A1bica>]. Acessado em 27/10/2009.
- [14] Gomas Exudadas de plantas. Aditivos & Ingredientes, Agosto/Setembro de 2006, nº45, páginas 43-57. Editora Insumos, São Paulo, SP.
- [15] Gomide, R. Operações Unitárias IV. Ed. do autor, SP, 1988.
- [16] Gum Arabic and Gum Resins, Market News Service (MNS), Bulletin March, 2009 – International Trade Center, Report prepared for ITC's Market News Service by: Mr. Salif Touré. [Disponível em: http://www.cbam.edu.vn/data/upload_file/File/BaoCaoTM/03q09%20Gum-Resin.pdf . Acessado dia 23/03/2010]
- [17] IBGE, Produção Agrícola Municipal 2007; Malha municipal digital do Brasil: situação em 2007. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

- [18] Jornal Sudan Tribune. [Disponível em: <http://www.sudantribune.com/spip.php?article34490>. Acessado em 01/05/2009]
- [19] Jumbo Acacia Co.,Ltd. [Disponível em: <http://www.jumbo.th.com/application.html>. Acessado em 03/11/2009].
- [20] Ludwig, Ernst E. Ludwig, Ernest E. Applied process design for chemical and petrochemical plants - 3rd ed., Vol.1. Gulf Publishing Company, 1999, EUA.
- [21] Mazzeto, Selma Elaine; Lomonaco, Diego; Mele, Giuseppe. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. Quím. Nova, São Paulo, v. 32, n. 3, 2009. [Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300017&script=sci_arttext]. Acessado em 27/10/2009.
- [22] Menestrina, J.M.; Iacomini, M.; Jones, C.; et al. Similarity of monosaccharide, oligosaccharide and polysaccharide structures in gum exudate of *Anacardium occidentale*. Phytochemistry, v.47, No.5, p.715-721, 1998.
- [23] Oliveira, V.H.; Montenegro, A.A.T.; Carbajal, A.C.R.; et al. Cultivo do Cajueiro. Embrapa Agroindústria Tropical. Sistemas de Produção, 2003. [Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/index.htm>]. Acessado em 03/11/2009.
- [24] Paula, R. C. M. de; Rodrigues, J. F. Composition and rheological properties of cashew tree gum, the exudate polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. Carbohydrate Polymers, nº26, p.177-181, 1995.
- [25] Perlingeiro, C.A.G.; Engenharia de Processos – Análise, Simulação, Otimização e Síntese de processos Químicos, Edgard Blücher, 2005.

- [26] Perry, R.H.; Green, D.W.; Maloney, J.O.; Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th ed., The McGraw-Hill Companies, Inc.; New York, 1999.
- [27] Peters, M.S.; Timmerhaus, K.D.; Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4th ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1991
- [28] Portal de informação multilíngüe de alimentos. [Disponível em: <http://www.food-info.net/pt/qa/qa-wi5.htm> - Acessado em 24/11/2009].
- [29] Revista Fator Brasil. [Disponível em www.revistafatorbrasil.com.br 16/05/2007. Acessado em 24/11/2009.]
- [30] Revista Química e Derivados. [Disponível em: <http://www.quimicaederivados.com.br/revista/qd430/aditivos2.htm> - Acessado em 23/03/2010]
- [31] Revista Saudi Aramco World. [Disponível em <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200502/gum.arabic.htm> - Acessado em 03/11/2009].
- [32] Rosenthal, F.R.T. Goma do cajueiro: estudo químico e tecnológico. Rio de Janeiro, RJ : Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, Instituto Nacional de Tecnologia, 1951. 35p. (Documentos, sn).
- [33] Separação de Sólidos e Líquidos, Material Didático, UFSC. [Disponível em http://www.enq.ufsc.br/muller/operacoes_unitarias_qm/Camsedimentacao_ciclos.pdf. - Acessado em 03/07/2010]
- [34] Silva, Tatiana Carestiato da. Estudo dos efeitos funcionais da goma de cajueiro, *Anacardium occidentale* L., sobre o sistema cardiovascular de ratos espontaneamente hipertensos / Tatiana Carestiato da Silva. Rio de Janeiro, 2006.

[35] Sistema Alice Web – MDIC. [Disponível em:

<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acessado em 05/06/2009]

[36] Tassara, Helena. Frutas no Brasil. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.