

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

Departamento de Química

Thianny Savarez

Membranas baseadas em látex de borracha natural e suas aplicações

São Carlos - SP

2021

THAIANY SAVAREZ

Membranas baseadas em látex de borracha natural e suas aplicações

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Química da Universidade Federal de São
Carlos, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Química

Orientador: Prof. Dr. Caio Marcio
Paranhos Da Silva

SÃO CARLOS

2021

THAIANY SAVAREZ

Membranas baseadas em látex de borracha natural e suas aplicações

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Química da Universidade Federal de São Carlos, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Química.

São Carlos, 09 de dezembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.
Departamento

Prof.
Departamento

Prof.
Departamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me escolhido para a vida e iluminado todos os meus passos até então.

Agradeço ao meu falecido pai e também a minha mãe, Ernesto Savarez Filhos e Magaly Dos Santos Savarez, sem eles eu não seria metade do que sou. Foram e sempre serão a minha base de apoio e meus exemplos de como seguir na vida, mantendo a cabeça erguida e não desistindo dos meus sonhos. Me apoiando mesmo quando eles mesmo não concordavam com algumas de minhas decisões. Me dando todo o suporte emocional e financeiro para que eu pudesse passar por essa etapa da vida de uma forma mais leve. Minhas fontes de amor inesgotável.

Agradeço ao meu noivo, Guilherme Paixão De Rosa, que caminha lado a lado comigo todos os dias, me ensinando diariamente sobre a vida a dois e muito mais. Sempre trazendo a tona o melhor de mim e juntamente com meus pais, não me deixando desistir dos meus sonhos, pelo contrário, sempre me incentivando e me mostrando o quão capaz eu posso ser.

Agradeço a todos os meus familiares, aos familiares de meu noivo e aos meus amigos, cada um tem um papel importante em minha trajetória, em minha vida.

Agradeço à minha psicóloga Graziela Oliveira, que esteve ao meu lado em mais de um momento durante o período da faculdade, me trazendo um olhar mais presente e melhor discernimento sobre mim, a minha vida e a forma de encarar os problemas e as dificuldades. Me lembrando que apesar das nuvens carregadas e cinzas, o sol ainda está lá e me fazendo lembrar, constantemente que, às vezes, um pepino é só um pepino.

E por fim, mas não menos importante, agradeço ao meu orientador Caio Marcio Paranhos da Silva e a todos os meus professores, dos mais rígidos aos mais flexíveis, pela paciência e pelo desejo em ensinar. Por doarem seu tempo não só para aulas práticas ou teóricas mas também sobre ensinamentos da vida, do mercado de trabalho e de tantos outros assuntos que só temos contato quando entramos na faculdade. Por mesmo em tempos de pandemia, não desistirem dos alunos e enfrentarem as dificuldades (que foram para todos) dando continuidade em uma das coisas mais importantes que temos, que é a educação.

RESUMO

A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é uma árvore originária da região amazônica do Brasil. É responsável pela produção de matérias primas conhecidas como látex e borracha natural, produtos de suma importância econômica mundial. O Brasil possui um grande potencial para expansão de mercado e há grande possibilidade de implantação e uniformidade genética. O látex e a borracha são materiais muito interessantes por conta de suas propriedades, abundância e preço. Estudos com suas membranas têm ganhado muita importância nos últimos anos devido a sua ampla gama de processos e aplicações e membranas baseadas em látex de borracha natural têm sido muito estudadas e utilizadas nas mais diversas áreas, tais como engenharia de polímeros, engenharia química, imunologia, microbiologia, físico química, biologia celular, entre outros. Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta uma revisão da literatura sobre a borracha natural e seu látex e a relação entre suas propriedades e a aplicação de membranas em diferentes áreas do conhecimento.

Palavras-Chaves: Borracha natural; Látex de borracha natural; Membranas poliméricas; Polímeros.

ABSTRACT

The rubber tree (*Hevea brasiliensis*) is a native tree from Amazon, region of Brazil. It is responsible for the production of raw materials known as latex and natural rubber, products of great economic importance worldwide. Brazil has great potential for market expansion and there is great possibility of implantation and genetic uniformity. Latex and rubber are very interesting materials because of their properties, abundance and price. Membrane studies have gained great importance in recent years due to their wide range of processes and applications and membranes based on natural rubber latex have been studied and used in several areas, such as polymer engineering, chemical engineering, immunology, microbiology, physical chemistry, cell biology, among others. This final course paper presents a review of the literature on natural rubber and its latex and the relationship between their properties and the application of membranes in different areas of knowledge.

Keywords: Natural rubber; Natural rubber latex; Polymeric membranes; Polymers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Publicações sobre membranas baseadas em látex.....	11
Figura 3 - Histórico do extrativismo da borracha da Amazônia.	13
Figura 4 - Produção, exportação e importação de borracha natural no Brasil no período de 2004 a 2015.....	14
Figura 5 - Produtividade de Borracha Natural por hectare.	14
Figura 6 - Distribuição da produção de borracha seca brasileira em 2018.....	15
Figura 7 - Etapas da avaliação das propriedades e da qualidade da borracha natural.	16
Figura 8 - Sazonalidade da área foliar e fenologia da seringueira anual no Planalto Paulista.	17
Figura 9 - Seringueira e látex em coletor.....	20
Figura 10 - Passos e equipamentos para extração do látex (Recomendação Técnica EMBRAPA).	22
Figura 11 - Representação dos métodos: Arrocho e Tigelinhas.	23
Figura 12 - Painéis para extração de látex e outras substâncias.	24
Figura 13 - Estruturas químicas. A. Isopreno; B. 1,4-cis-poliisopreno e C. 1,4-trans-poliisopreno.	24
Figura 14 - Frações do látex de borracha natural. 1-3: fase branca, contém borracha; 4: camada alaranjada, constituída por partículas Frey-Wyssling; 5: soro; 6-11: fundo, onde a fração 8 é constituída por lutóides.	25
Figura 15 - Representação dos modelos propostos para a interface das partículas de borracha de látex com fosfolipídios e proteínas.	26
Figura 16 - Estruturas químicas de monômero de isopreno e cadeia polimérica da borracha.....	27
Figura 17 - Reação química que ocorre entre a borracha e o enxofre. Vulcanização.	28
Figura 18 - Representações estruturais de borracha não vulcanizada, vulcanizada sem tensão e vulcanizada com tensão.	29
Figura 19 - Biomembrana baseada em látex.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Típica composição do látex recém coletado.....	26
Tabela 2 - Composição da borracha natural seca.....	27

Sumário

1. Introdução	10
2. Objetivos e justificativa	12
3. Seringueira	12
3.1. Breve histórico e panorama econômico	12
3.2. Fitocaracterísticas	16
3.3. Clones e melhoramento genético	17
3.4. Impacto do SarS-CoV-2 na produção de borracha natural	18
4. Látex e borracha natural	19
4.1. Biossíntese	19
4.2. Extração	20
4.3. Composição e estrutura	24
4.4. Vulcanização	27
5. Estudos de casos	29
5.1. Pervaporação	29
5.2. Biomedicina	30
5.3. Isolamento Mecânico	32
5.4. Carregamento de fármacos	32
6. Considerações finais	33
7. Referências Bibliográficas	34

1. Introdução

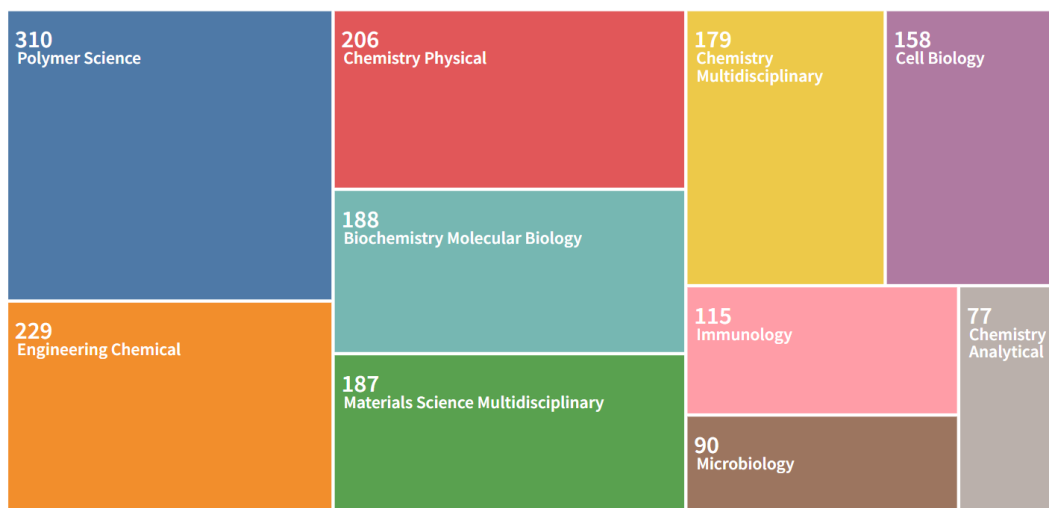
Do dicionário temos que “membrana” pode possuir diferentes significados dependendo da área de interesse, por exemplo, para a anatomia é um tecido que envolve alguns órgãos ou está destinado absorver ou segregar algum líquido; para a botânica é uma película exterior de alguns órgãos vegetais, etc. (PRIBERAM, 2021) De uma forma geral, uma membrana sempre será uma barreira que separa total ou parcialmente duas diferentes fases (líquidos, gases, etc...), permitindo o transporte de seus componentes. (HABERT; BORGES e NOBREGA, 2006)

Estudos com membranas têm ganhado muita importância nos últimos anos devido a sua ampla gama de processos e aplicações, como por exemplo microfiltração, ultrafiltração, osmose reversa, eletrodialise, separação de gases, pervaporação, facilitador de transporte, entrega controlada de drogas, esterilização bacteriana, fracionamento/concentração de proteínas, purificação de enzimas, dessalinização de águas e etc. (BAKER, 2004) E podem ser produzidas a partir de diferentes materiais: polímeros orgânicos, materiais inorgânicos (óxidos, cerâmicas, metais), matrizes mistas ou materiais compostos. (ULBRICHT, 2006)

O látex e a borracha são materiais muito interessantes para a produção de membranas por conta de suas propriedades, abundância e preço. Estudos com a borracha datam do século XVIII, quando se buscava desenvolver algum material que fosse à prova de água e que possuísse elasticidade. Com a modernização das indústrias de polímeros, os franceses começaram a descobrir vantagens e aplicações desse material. Foi Charles Greville Williams que determinou sua estrutura química principal, o isopreno. Foi em 1839, quando a vulcanização foi descoberta, procedimento onde a borracha é misturada com enxofre e ligações cruzadas são formadas, melhorando algumas propriedades da borracha, o que a deixou ainda mais interessante para as indústrias que começaram a investir mais tempo e dinheiro no material. (HERCULANO, 2009)

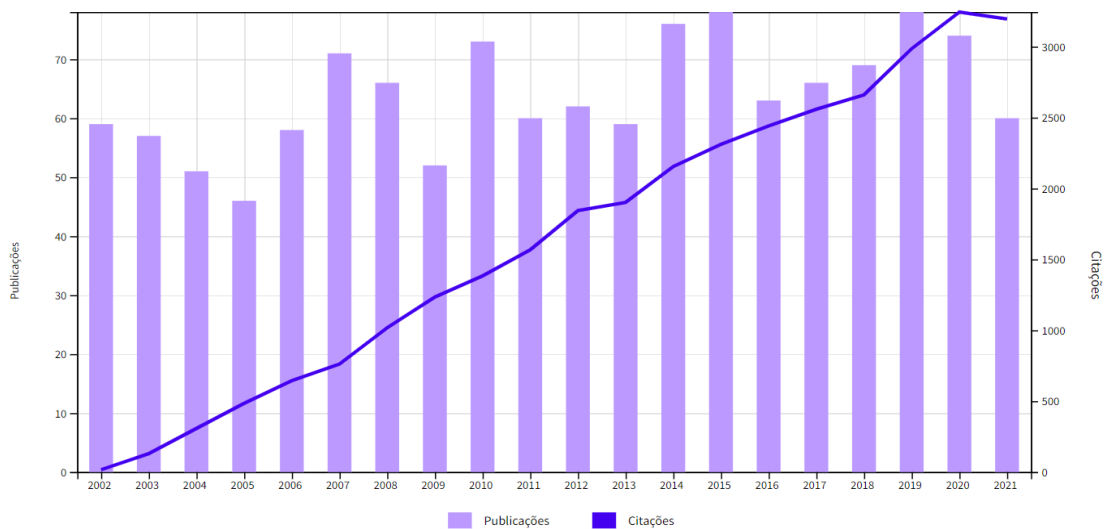
Membranas baseadas em látex de borracha natural têm sido muito estudadas nas mais diversas áreas, o que pode ser melhor visualizado através da Figura 1. São um total de 2079 publicações, sendo 784 publicações dos últimos dez anos.

Figura 1 - Publicações sobre membranas baseadas em látex.



Fonte: Web of Science (2021)

Além disso, os estudos com membranas baseadas em látex têm crescido muito nos últimos anos, podendo ser melhor visualizado através da Figura 2, onde mostra a quantidade de publicações a partir da pesquisa por *latex membranes* no *Web of Science* dos últimos dez anos.

Figura 2 - Publicações e citações dos últimos dez anos: *latex membrane*.

Fonte: Web of Science (2021)

2. Objetivos e justificativa

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar algumas aplicações de membranas baseadas em látex de borracha natural, que vem sendo amplamente estudado e aplicado nos últimos anos, sendo, portanto, necessário revisar conceitos relacionados à seringueira, látex e borracha natural, apresentando sua história, biossíntese, formas de extração, composição e estrutura, entre outros.

3. Seringueira

3.1. Breve histórico e panorama econômico

A seringueira (*Hevea brasiliensis*) é uma árvore originária da região amazônica do Brasil. É responsável pela produção de matérias primas conhecidas como látex e borracha natural, produtos de suma importância econômica mundial (ALVARENGA e CARMO, 2014).

No século XIX, houve uma alta exploração da floresta amazônica. Nesta época, houve a descoberta do processo de vulcanização, que tornava as propriedades químicas, físicas e mecânicas da borracha mais atrativas. Sendo assim, havia uma alta demanda de produção (DEUS, 2017).

No século XX, os asiáticos conseguiram plantar a seringueira tornando-se concorrentes diretos do Brasil. Possuíam certa vantagem, pois na Ásia, as seringueiras não eram atacadas pelos fungos *Microcyclus ulei*. Com isso, para tentar reduzir a queda na produção motivada pela ação dos fungos, o Brasil passou a plantar seringueiras em outras regiões fora da Amazônia (ALVARENGA e CARMO, 2014)

Durante a Segunda Guerra Mundial, o Brasil passou por um período de grande exportação de borracha devido a acordos realizados com o governo norte-americano. Porém, após a guerra, passou por uma grande queda de produtividade devido às arcaicas técnicas de cultivo e de árvores doentes (mal-das-folhas). Isso fez com que o centro de produção asiático se tornasse ainda mais relevante. Dessa forma, o Brasil passou de exportador a importador (ALVARENGA e CARMO, 2014).

Um breve histórico do extrativismo da borracha na Amazônia pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 - Histórico do extrativismo da borracha da Amazônia.

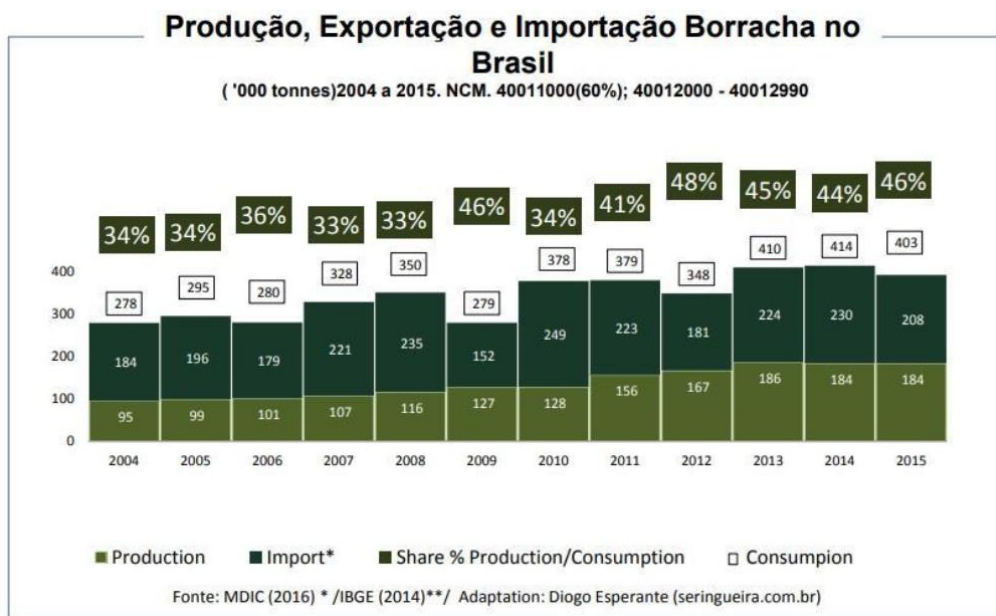


Fonte: PERES JUNIOR; PIMENTEL e PASTORE JÚNIOR (2019)

Apesar de toda a flutuação brasileira em relação à produção do látex e borracha natural, o país possui um grande potencial para expansão de mercado. No país há grande possibilidade de implantação e uniformidade genética. A cultura da seringueira é uma fonte renovável, seu cultivo renova solos degradados, protege os solos contra erosão e gera empregos fixos na área rural com qualidade de vida e o país já conta com tecnologia para alavancar ainda mais a produção (ALVARENGA e CARMO, 2014).

As dificuldades têm ocorrido em todo o mundo. Atualmente, até mesmo os grandes produtores têm crescido mais em consumo do que em produção, o que faz com que os países dependentes comecem a buscar novas alternativas. É possível que a exportação de matérias brutas dos grandes produtores passe a se tornar exportação de produtos industrializados. A Figura 4 e Figura 5 mostram dados como produção, exportação e importação de borracha natural nos últimos anos.

Figura 4 - Produção, exportação e importação de borracha natural no Brasil no período de 2004 a 2015.



Fonte: ABRABOR (2018)

Figura 5 - Produtividade de Borracha Natural por hectare.



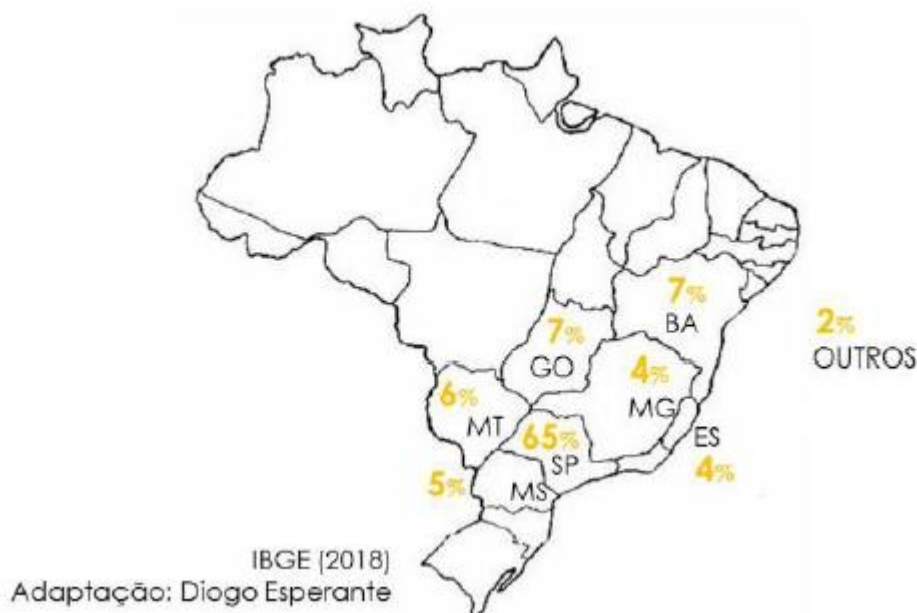
Fonte: ABRABOR (2018)

Os grandes produtores devem enfrentar problemas na expansão de produção devido à falta de terra e mão de obra, o que gera para os outros países a oportunidade de elevar a produção de

borracha. No Brasil, por exemplo, há uma grande área de terras degradadas que podem ser utilizadas para esse fim, sem que haja a necessidade de desmatamento (ROSMAN, 2004).

Atualmente, no Brasil, São Paulo é o Estado que possui a maior área de produção (65%), seguido por Bahia e Goiás (7%) (ABRABOR, 2018), mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Distribuição da produção de borracha seca brasileira em 2018.



Fonte: ABRABOR (2018)

Frente à situação mundial da borracha natural, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) tem realizado projetos visando à melhoria genética, obtenção e avaliação de novas regiões de cultivo de seringueira que tem apresentado desempenho agrônomo, alta produtividade, alta qualidade do látex e resistência a doenças. (SAVAREZ, 2019)

A Figura 7 apresenta as etapas da avaliação das propriedades e da qualidade da borracha natural até sua recomendação de plantio e produção de clones.

Figura 7 - Etapas da avaliação das propriedades e da qualidade da borracha natural.



Fonte: EMBRAPA (2019)

3.2. Fitocaracterísticas

A *Hevea brasiliensis*, também conhecida como seringueira, pertence ao gênero *Euphorbiaceae* e é a espécie mais importante do ponto de vista comercial (por conta da sua produção de látex e borracha natural) e também é a de maior interesse para o melhoramento genético (por apresentar maior capacidade produtiva e ter variabilidade para produção de borracha) (GONÇALVES e MARQUES, 2014).

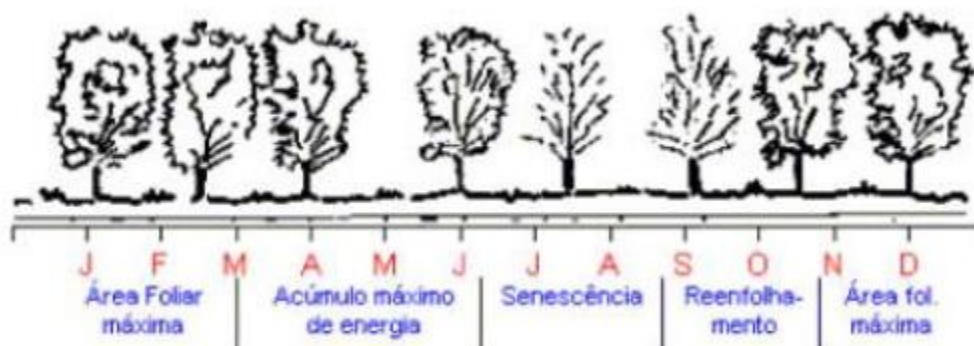
Todas as espécies *Hevea* produzem látex, umas produzem mais que as outras e a composição básica da borracha não costuma variar de uma espécie para a outra, porém, há grande variação nos componentes não borracha. Essas variações estão diretamente ligadas às condições climáticas tais como: estações do ano, umidade, temperatura, precipitação, entre outros. Até mesmo os diferentes horários do dia podem influenciar na porcentagem de borracha produzida pela árvore (ALVARENGA e CARMO, 2014).

Apesar de ser uma planta de origem amazônica, para plantações em larga escala, recomenda-se a plantação em regiões que possuam um período seco anual bem definido, que é

muito importante para a saúde da planta durante o período da refolha (entre agosto e setembro no hemisfério sul) (SOMAIN e DROULERS, 2016).

Segundo Gonçalves et al. (1989a), no Estado de São Paulo, verifica-se que as regiões situadas no Planalto Paulista, são aptas ao cultivo da seringueira por apresentarem clima com estações úmidas e seca bem definidas (ALVARENGA e CARMO, 2014). A sazonalidade da área foliar da seringueira é determinada pelo clima. Em São Paulo, essa sazonalidade compreende senescência (área foliar mínima), reenfolheamento e florescimento (área foliar máxima) e frutificação (início de aparecimento de frutos). O momento de maior produção, se dá entre os meses de março a junho, onde a planta possui o máximo de energia e melhores condições de produtividade. Todas essas informações são mostradas na Figura 8, para melhor visualização e compreensão (GONÇALVES et al., 2001).

Figura 8 - Sazonalidade da área foliar e fenologia da seringueira anual no Planalto Paulista.



Fonte: GONÇALVES, et al. (2001)

3.3. Clones e melhoramento genético

Um clone é um grupo de plantas obtidas através de uma planta dita como matriz. Os clones geralmente possuem as mesmas constituições genéticas, o que dá à planta certa uniformidade, ou seja, todas as plantas irão apresentar características muito similares, tais como: vigor, espessura de casca, produção, propriedade do látex, senescência anual das folhas, nutrição e tolerância a doenças. Essa uniformidade traz diversos benefícios em variados pontos de vista, por exemplo, o manejo torna-se mais fácil e econômico para o heveicultor, além disso, como as propriedades do látex serão as mesmas, é possível realizar uma seleção de material mais específica, o que é bem visto pelas indústrias (APABOR, 2003).

O melhoramento genético ocorre quando há o cruzamento entre diferentes espécies, no caso, tem sido feito cruzamento entre as espécies *Hevea*. (ALVARENGA e CARMO, 2014).

Os clones podem ser classificados como primários (provenientes de parentais desconhecidos), secundários (provenientes de árvores matrizes obtidas através do cruzamento controlado entre dois clones primários) e terciários (provenientes do cruzamento onde pelo menos um dos parentais é secundário) (APABOR, 2003).

Em geral, os clones recebem o nome da instituição de origem, porém, não existe uma entidade para regulamentar os registros, então, existe um consenso geral de que os clones devem receber o nome da instituição ou do local onde se originaram, como por exemplo RRIM, que vem de *Rubber Research Institute of Malaysia* (GONÇALVES e MARQUES, 2014).

A seleção de clones para plantio se baseia no potencial de produção de borracha e nas características de interesse comercial, tais como: rápido crescimento, resistência às principais doenças e ao vento, casca com espessura que permita boa regeneração e não ser facilmente afetado pela sangria. Em algumas regiões do Brasil, como Sudeste e Centro-Oeste, há uma certa preferência pelo uso de clones orientais, que apesar de serem bastante suscetíveis a doenças como o mal-das-folhas, apresentam grande potencial de produção, isso porque, nessas regiões, as condições climáticas não são favoráveis ao surgimento do mal-das-folhas (GONÇALVES e MARQUES, 2014).

3.4. Impacto do SarS-CoV-2 na produção de borracha natural

O ano de 2020 foi marcado por uma pandemia decorrente de um vírus (SarS-CoV-2) altamente contagioso e que levou a óbito mais de um milhão de pessoas ao redor de todo o mundo. No Brasil, medidas mais rígidas para controle da disseminação da doença, começaram por volta do mês de março, quando foi decretado o regime de quarentena. Tal regime prejudicou diversos setores, entre eles, o setor da borracha natural (ABRABOR, 2020).

Grandes indústrias automotivas e produtoras de pneus (um dos setores de maior consumo da borracha natural) fecharam no início da pandemia para manter seus funcionários em segurança e também por possuírem grande estoque de produtos. Com menor consumo da borracha natural, houve preocupações por parte dos sangradores, pois muitos trabalham em regime de parceria, onde recebem remuneração de certa porcentagem da produção e dependem dessa renda para viver (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2020).

Havia uma positividade em relação a produção no ano 2020, pois as previsões climáticas eram favoráveis para os produtores, com isso, esperava-se uma elevação no preço, porém, com o fechamento da indústria de pneumáticos, os produtores ficaram dependentes de usinas de beneficiamento que passaram a oferecer preços muito baixos e longos prazos para pagamentos. Em abril de 2020, o preço médio do coágulo (suas definições serão melhor apresentadas no tópico 4.2. Extração) estava em torno de R\$ 2,71/kg, mas há relatos de produtores que chegaram a receber R\$ 1,80/kg. A queda de valores desestimula os produtores, pois o custo de produção (inclusive o custo operacional) encontra-se por volta de R\$ 3,68/kg de coágulo por hectare. Mesmo que algumas indústrias e pneumáticos tenham retornado com as atividades atualmente, a expectativa encontra-se bastante baixa, pois as usinas possuem estoque suficiente, sem necessidade de reposição e a importação encontra-se em baixa por conta da falta de atividade industrial (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2020).

4. Látex e borracha natural

Produzido pela seringueira e de aspecto leitoso, o látex é um sistema coloidal polidisperso onde as partículas de borracha se encontram suspensas em um soro (GALIANI, 2010). A borracha natural é obtida através do látex após um processo de coagulação (que pode ser natural ou com utilização de ácidos), calandragem e secagem até que se obtenha a borracha natural seca.

4.1. Biossíntese

Existem outras plantas além da *Hevea brasiliensis* que produzem látex, mas não são todas e por isso, ainda hoje, não se sabe exatamente qual é a função biológica dos poli(isoprenos). Há muita especulação sobre a função do látex nas plantas, diversas sugestões já foram propostas como a possibilidade de o látex ser responsável por transporte e estocagem de nutrientes ou também como reserva energética, também há sugestões de que o látex é responsável por proteger em caso de ataques mecânicos, mas não há evidências que comprovem. (GALIANI, 2010)

Na biossíntese do látex, existe uma proporção significativa de proteínas codificadas relacionadas a estresse ou defesa, isso é o que diz um estudo sobre a biossíntese da borracha a partir da análise do transcriptoma do látex da *Hevea brasiliensis*, no mesmo estudo há informações de que a biossíntese de isoprenóides vem sendo estudada desde 1950, mas só recentemente uma possível rota alternativa para a biossíntese foi considerada. (CHOW et al, 2007)

Sabe-se com certeza que o isopreno não é o precursor da biossíntese. E se tem o conhecimento de que a formação da borracha requer três etapas bioquímicas distintas: iniciação, alongamento e terminação. Na primeira, uma molécula de pirofosfato alílico, pirofosfato de farnesil e pirofosfato de geranil são catalisados pela trans-prenil transferase. Na segunda etapa tem-se o início da polimerização cis-1,4 das unidades a partir dos pirofosfatos alílicos catalisada pela borracha transferase (*rubber transferase*) e por fim, na etapa de terminação, ocorre a liberação do polímero da borracha transferase. (GALIANI, 2010)

Recentes estudos propuseram um esquema em que a biossíntese é dividida em duas fases do poli(isopreno), que envolvem a formação de moléculas de acetato (precursor), ATP, NADPH e pirofosfato de isopentenil. Para a formação de uma longa cadeia polimérica, a membrana fosfolipoproteica da borracha natural deve ser catalisada por duas enzimas: fator de alongamento de borracha (*rubber elongation fator*) e cis-prenil transferase. (EHABE, NKENG e BONFILS, 2006)

4.2.Extração

A extração do látex acontece através de uma prática conhecida como sangria. Nela são feitas incisões que seccionam os vasos lactíferos presentes na casca da árvore. (CORREDATO, et al., 2014) A sangria é de extrema importância pois determina a vida útil e produtiva do seringal. (GONÇALVES, et al., 2000)

A Figura 9 nos mostra uma seringueira com seu látex sendo coletado em caneca coletora.

Figura 9 - Seringueira e látex em coletor.



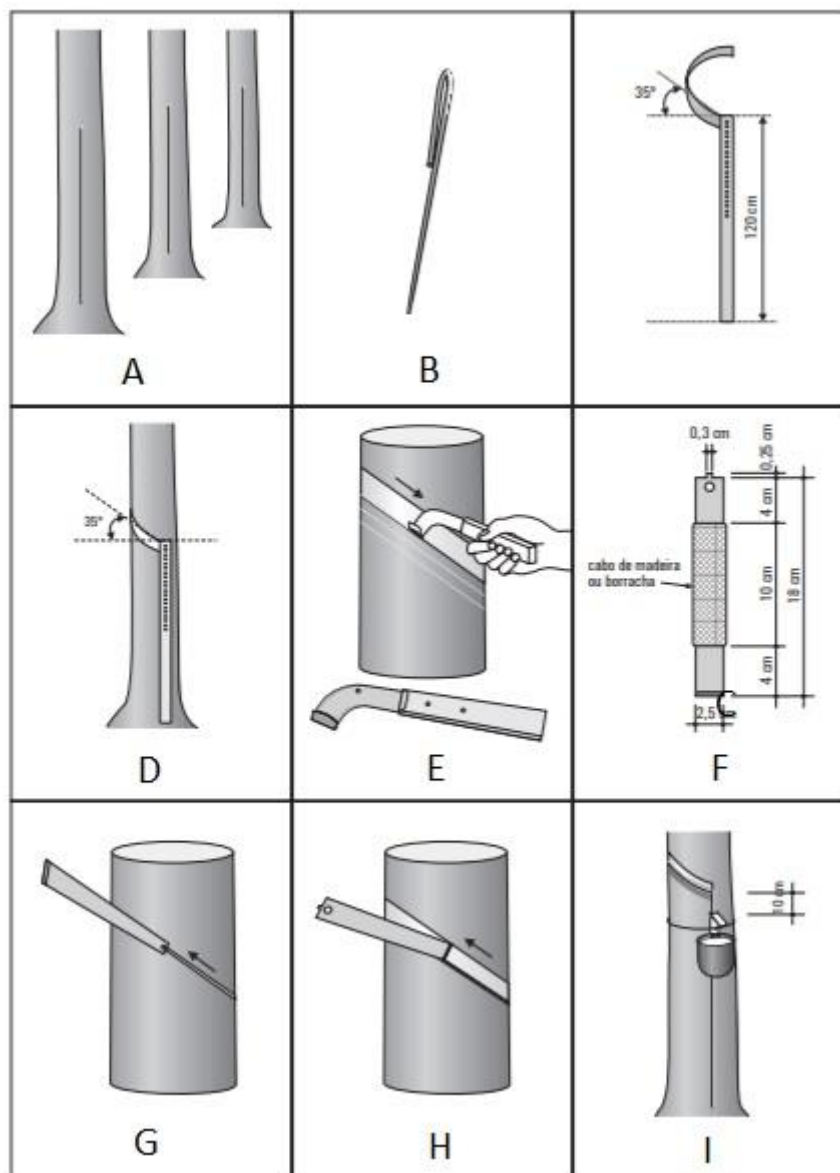
Fonte: Moreno (2006)

Existe um pré-preparo da árvore para que a prática tenha início, esse processo é conhecido como abertura do painel de sangria. (PEREIRA e PEREIRA, 2001) Seis meses antes de iniciar a prática, são feitas marcações e contagem das árvores aptas à exploração (pelo menos 50% das plantas devem estar aptas), isso porque após o início da exploração do seringal, é observado uma redução no ritmo de crescimento das plantas. Os fatores que influenciam no crescimento da seringueira são idade, método de exploração, estado fitossanitário, condições edafoclimáticas e vigor. (VIRGENS FILHO, 2014) As plantas devem ter pelo menos 50 cm de circunferência do caule e casca com espessura de 6 mm ou mais. (PEREIRA e PEREIRA, 2001).

Existe uma recomendação técnica da EMBRAPA para a sangria, onde constam os passos do início ao fim da prática, sendo eles: marcação das linhas geratrizes, marcação do ângulo de corte, abertura do painel, aprofundamento da canaleta e abertura com raspador. Os passos podem ser melhor observados na Figura 10.

A marcação das linhas geratrizes é a marcação de duas linhas verticais, posicionadas diametralmente opostas às linhas de plantio, dividindo o caule longitudinalmente em duas metades (painéis) que delimitam a extensão do corte. Geralmente é feito com um instrumento denominado riscador. A marcação do ângulo é feita com uma chapa galvanizada que é colocada entre as duas linhas geratrizes em um ângulo de 35° da esquerda para a direita (no plano horizontal) e descendente. A abertura do painel é feita com a faca de sangria, raspando-se a casca entre 2,0 a 2,5 cm acima da canaleta de corte. O aprofundamento do corte é realizado de baixo para cima no painel até o fundo da canaleta por onde escoo o látex. A abertura é concluída quando o raspador atinge o fundo da canaleta, formando uma rampa uniforme do fundo da canaleta até a superfície da casca. Por fim, colocam-se as bicas e canecas coletoras que são fixadas ao caule com cintas ou arames podendo-se enfim iniciar a sangria. (PEREIRA e PEREIRA, 2001)

Figura 10 - Passos e equipamentos para extração do látex (Recomendação Técnica EMBRAPA).



Fonte: PEREIRA e PEREIRA (2001)

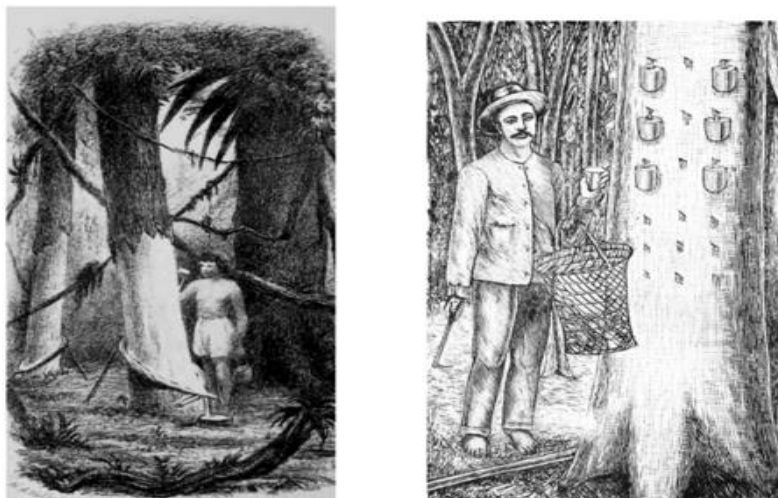
O processo de sangria é complexo e exige mão de obra especializada, necessitando-se de um certo tempo para treinamento para que a tarefa seja realizada e isso torna a mão de obra de alto custo, 60% dos custos totais da borracha diz respeito à sangria. (GONÇALVES, et al., 2000).

A sangria nem sempre foi feita como da forma mencionada acima, as informações históricas não são precisas quanto às primeiras formas de extrair o látex, mas alguns relatos são encontrados com diferentes formas de extração, como por exemplo o arrocho. Acredita-se que o

arrocho era um método utilizado pelos índios tapajós, onde cipós ou outros materiais eram amarrados à árvore de modo a estrangulá-la e formar uma calha complementada com argila por onde o látex escorreria. As incisões eram feitas através de inúmeras machadadas ou outros instrumentos na área acima dessa “calha”. (DEUS, 2017) Outro método encontrado na literatura é o sistema de tigelinhas, neste método a machadinha era utilizada de forma mais sutil e logo abaixo era colocada uma tigelinha para cada corte. Há um estudo comparativo, onde apresenta-se diversos painéis e conseqüentemente vários modos de sangrar, porém seu estudo não se trata apenas da sangria de seringueiras, mas sim de diversas árvores produtoras também de outras substâncias, como por exemplo o xarope de bordo (*maple syrup*). (DEUS, 2017)

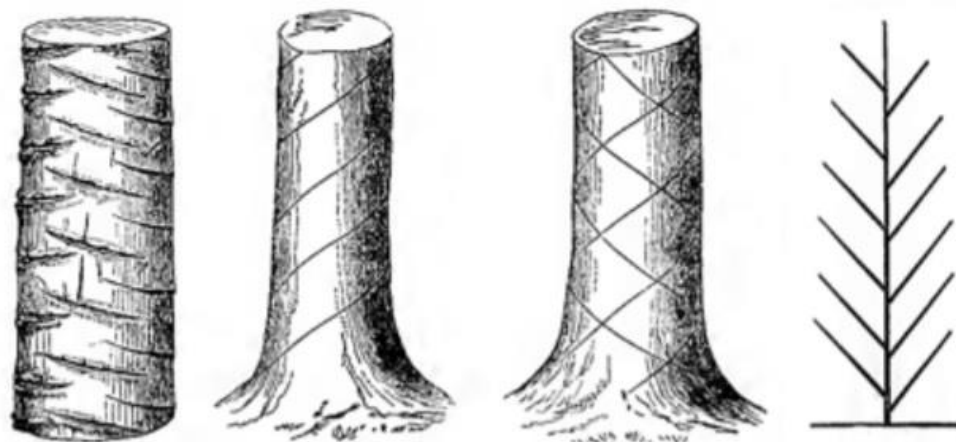
A Figura 11 e Figura 12 mostram as representações dos métodos de arrocho e tigelinhas e também os diferentes painéis para extração de látex e outras substâncias.

Figura 11 - Representação dos métodos: Arrocho e Tigelinhas.



Fonte: DEUS (2017)

Figura 12 - Painéis para extração de látex e outras substâncias.



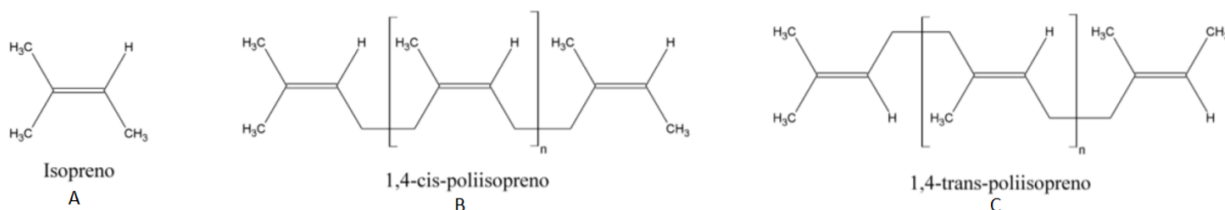
Fonte: DEUS (2017)

4.3. Composição e estrutura

Látex e borracha natural não são o mesmo produto. Como dito anteriormente, o látex é um sistema polidisperso onde as partículas de borracha se encontram suspensas em um soro. Esse soro é constituído por 25 a 50% de material seco onde 94% corresponde ao poli (cis-1,4-isopreno) e 6% corresponde a substâncias não borracha. (GALIANI, 2010). Seu sistema coloidal é constituído por três componentes fundamentais: isopreno (37%, principalmente na configuração cis, mas sendo possível conter pequenas frações de configuração trans), soro (48%, sendo proteínas e sais dissolvidos em água) e fração de fundo ou depósito (15%, sendo constituído de lutóides e partículas de Frey-Wyssligins). (HONORATO, 2005)

A Figura 13 apresenta as estruturas do isopreno, 1,4-cis-poliisopreno e 1,4-trans-poliisopreno.

Figura 13 - Estruturas químicas. A. Isopreno; B. 1,4-cis-poliisopreno e C. 1,4-trans-poliisopreno.



Fonte: <https://loosa.paginas.ufsc.br/polimeros-elastomeros/>

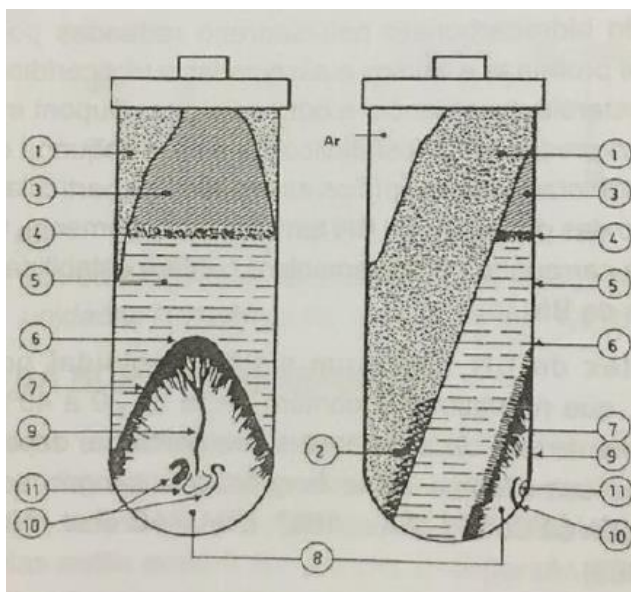
Os lutóides são partículas muito pequenas que estão rodeadas por uma frágil membrana. São compostos por proteínas, fosfolipídios e sais minerais. Seu interior é preenchido por um soro com carga elétrica positiva, conhecido também como soro B. A membrana dos lutóides é polarizada, sendo positiva em sua parte interna e negativa em sua parte externa. (MORENO, et al., 2014)

As partículas de Frey-Wyssiling são constituídas de carotenóides e lipídios que conferem coloração à borracha (amarelada). São esféricos, com tamanho variável e ligados por uma dupla membrana. Acredita-se que estão ligadas às atividades metabólicas sendo possíveis sítios da biossíntese da borracha. (AGOSTINI, 2009).

As frações do látex podem ser separadas quando submetidas a uma ação de centrífuga e é possível observar com clareza seus componentes na Figura 14.

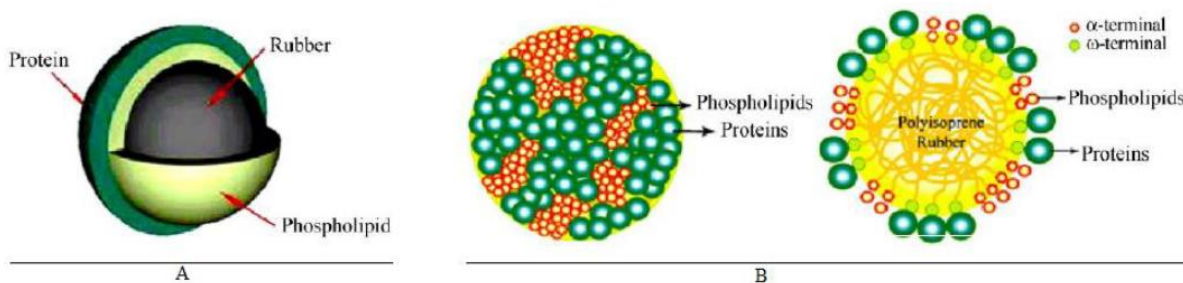
A Figura 15 mostra uma representação dos modelos propostos para a interface das partículas de borracha de látex com fosfolipídios e proteínas. Em A, os fosfolipídios estão localizados perto das partículas de borracha e as proteínas distribuídas entre a fração de soro e partículas não borracha. Em B, o modelo apresenta uma mistura de proteínas e fosfolipídios em volta das partículas de borracha.

Figura 14 - Frações do látex de borracha natural. 1-3: fase branca, contém borracha; 4: camada alaranjada, constituída por partículas Frey-Wyssling; 5: soro; 6-11: fundo, onde a fração 8 é constituída por lutóides.



Fonte: MORENO (2014)

Figura 15 - Representação dos modelos propostos para a interface das partículas de borracha de látex com fosfolipídios e proteínas.



Fonte: SILVA (2017)

Uma típica composição do látex recém coletado, pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1- Típica composição do látex recém coletado.

CONSTITUINTE	%
Substâncias Nitrogenadas	1,6
Lipídios	1,6
Cinzas	0,6
Carboidratos e Inositóis	1,6
Borracha	35

Fonte: Galliani (2010)

Alguns componentes não borracha, que são solúveis em água, são perdidos durante o processo de coagulação do látex para a obtenção da borracha natural seca, mas ainda é possível encontrar alguns lipídios, proteínas, substâncias inorgânicas e outros que ficam retidos na borracha seca. (SILVA, 2017) A Tabela 2 apresenta uma típica composição da borracha natural seca.

Tabela 2 - Composição da borracha natural seca.

Composição	Porcentagem (%)
Hidrocarboneto	93,7
Lipídios neutros	2,4
Glicolipídios e fosfolipídios	1,0
Proteínas	2,2
Carboidratos	0,4
Constituintes inorgânicos	0,2
Outros	0,1

Fonte: SILVA (2017)

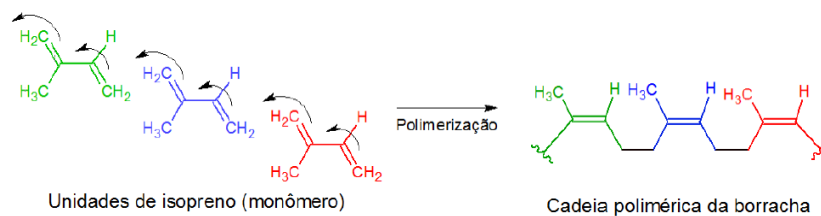
4.4. Vulcanização

A borracha natural é um polímero que em seu estado natural apresenta baixa resistência mecânica, limitando a sua aplicabilidade em grandes indústrias e é por isso que em grande parte dos produtos (principalmente em pneumáticos) são utilizadas borrachas vulcanizadas. (SANTOS, 2020)

Elastômero é uma definição tecnológica para polímeros com grande capacidade de recuperação elástica quando deformados. (CRIPA, et al., 2016)

A Figura 16 apresenta as estruturas de um monômero de isopreno e também a cadeia polimérica da borracha.

Figura 16 - Estruturas químicas de monômero de isopreno e cadeia polimérica da borracha.



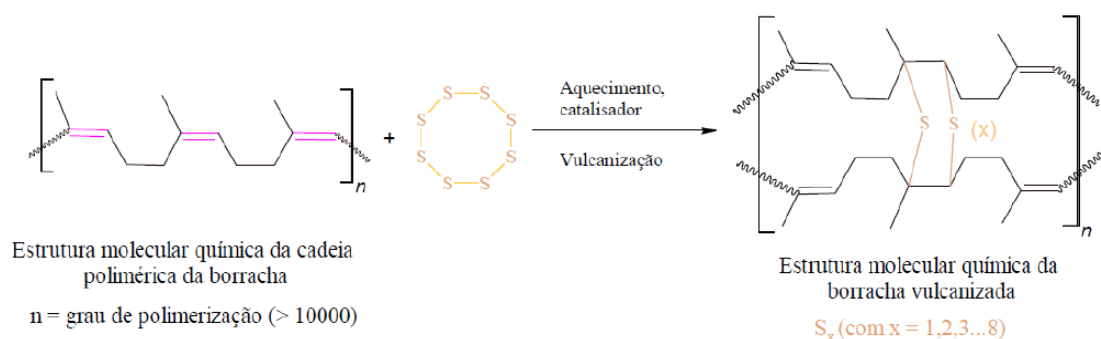
Fonte: ANDRIGHETTO (2020)

A vulcanização é um processo químico, aplicado às borrachas naturais e sintéticas, onde as cadeias de poli(isopreno) reagem com o enxofre e então são formadas ligações cruzadas entre

as cadeias poliméricas. A produção dessas cadeias polisulfídicas confere à borracha natural uma estrutura reticulada, porém ainda flexível e moldável, sendo capaz de recuperar grande parte da deformação aplicada. (COSTA, et al., 2003) Geralmente o procedimento é realizado com aquecimento e mistura de agentes vulcanizantes (sendo o enxofre o principal) em um molde sob pressão. Pode-se também adicionar aceleradores para diminuir o tempo de formação das reticulações e controlar a reação. (SANTOS, 2020) Atribui-se a descoberta do processo de vulcanização a Charles Goodyear e Thomas Hancock. As patentes foram desenvolvidas em 1840. (COSTA, et al., 2003)

A Figura 17 mostra uma representação da reação química que ocorre entre a borracha e o enxofre.

Figura 17 - Reação química que ocorre entre a borracha e o enxofre. Vulvanização.

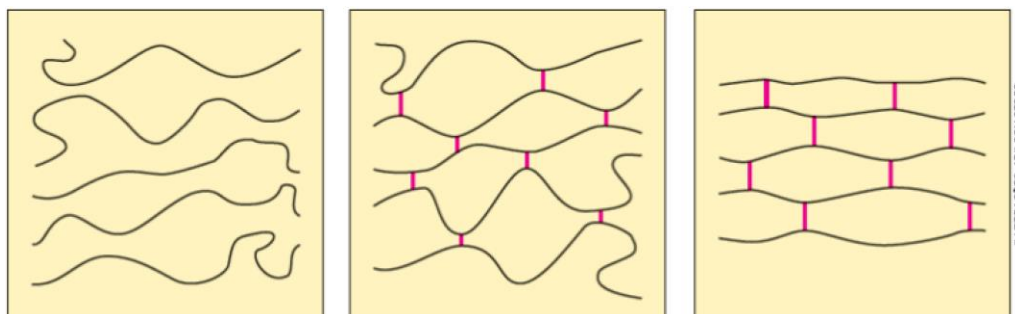


Fonte: ANDRIGHETTO (2020)

A borracha não vulcanizada apresenta moléculas que podem deslizar uma sobre as outras e se separar quando é esticada, resultando em uma estrutura com pouca resistência à deformação. Com o processo de vulcanização, a formação das ligações cruzadas mantém as moléculas da borracha mais unidas e quando esticada são essas ligações que dificultam o escoamento e a ruptura do material. (PERUZZO e CANTO, 2010)

Para melhor entendimento, representações estruturais da borracha não vulcanizada, vulcanizada sem tensão e vulcanizada com tensão estão representados na Figura 18.

Figura 18 - Representações estruturais de borracha não vulcanizada, vulcanizada sem tensão e vulcanizada com tensão.



Fonte: PERUZZO e CANTO (2010)

Um procedimento conhecido como pré-vulcanização pode anteceder a vulcanização, nele são adicionados enxofre e aceleradores ao látex quente (50 a 90°C), dessa forma, as ligações são formadas, porém sem alterar o caráter do soro coloidal, mantendo fluidez e aparência. Já as propriedades podem ser alteradas dependendo da quantidade de acelerador utilizada, tempo, temperatura e da razão molar entre o acelerador e o enxofre. (SANTOS, 2020)

5. Estudos de casos

Neste tópico, serão apresentados alguns exemplos de aplicação de membranas baseadas em borracha natural, com o intuito de se demonstrar a versatilidade e potencial deste sistema na superação de desafios científicos e tecnológicos.

5.1. Pervaporação

Nos três estudos aqui apresentados, as membranas baseadas em látex foram produzidas de forma muito similar, com um ou dois passos adicionais dependendo de sua necessidade. A produção das membranas envolveu a mistura do látex com outros polímeros nas proporções desejadas, então essa mistura foi posta em agitação e para finalizar a mistura foi posta em placas de vidro e colocadas para secagem em estufa, obtendo-se assim as membranas baseadas em látex.

Em 2009, foi publicado um estudo onde membranas foram preparadas através do látex de borracha natural enxertadas com poli(metacrilato de 2-hidroxi-etil) para separação de misturas de água e acetona. A copolimerização foi feita através de enxerto-emulsão, em busca de diminuir o inchaço, melhorar a seletividade e miscibilidade da membrana, problemas que pode ser encontrado

quando as membranas são feitas apenas de polímeros hidrofílicos ou hidrofóbicos. Nas conclusões, os autores informam que o enxerto foi bem sucedido, havendo uma melhora na hidrofobicidade da membrana, melhora no fluxo de água em contraste com a acetona e melhora na permeação quando em altas temperaturas, podendo chegar a permeação total por conta da mobilidade da cadeia. (AMNUAYAPANICH e RATPOLSAN, 2009)

Em 2010, foi publicado um estudo onde membranas foram preparadas a partir de uma mistura de poli(ácido acrílico) e enxerto de borracha natural poli(álcool vinílico) para separação de água e álcool. No estudo, as mesmas problemáticas foram apresentadas: inchaço excessivo, baixa seletividade e etc. Como proposta ao enfrentamento destes problemas, foram produzidas membranas ditas copolimerizadas. Nesse estudo, as membranas foram preparadas a partir do poli(ácido acrílico) (material hidrofílico) misturada com a borracha natural (hidrofóbica), a copolimerização foi também preparada através de enxerto. As conclusões apresentaram que o enxerto foi bem-sucedido, mostrando, em diferentes concentrações que o inchaço da membrana foi diminuído, principalmente quando a porcentagem de água era inferior a 30% em volume. (WONGTHEP, RUKSAKULPIWAT e AMNUAYPANICH, 2010)

Em 2021, foi publicado um estudo onde membranas foram produzidas a partir de nitrocelulose e poliéster enxertado com borracha natural (estireno-co-acrilonitrila) para separação de álcoois alifáticos (metanol, etanol e álcool isopropílico) e água. A mistura foi escolhida para melhorar o produto, o tornando mais estável e mecanicamente durável uma vez que o enxerto resulta da ligação covalente entre dois polímeros. A escolha de nitrocelulose se deu por conta da sua solubilidade (pouco solúvel) em água e forte afinidade pelos álcoois e éteres. Em suas conclusões mostram que a membrana apresentou excelente estabilidade em termos de seletividade de pervaporação, estabilidade estrutural e maior fluxo. Relatando também se tratar de uma membrana ótima para separação de orgânicos com polaridades semelhantes e parâmetros de solubilidade de água ou outros orgânicos por pervaporação. (BANERJEE e RAY, 2021)

5.2.Biomedicina

Nos dois estudos aqui apresentados, não há como dizer se a produção das membranas foi feita de forma similar, isso por que no primeiro estudo não há a apresentação da produção da membrana. No segundo estudo, a produção da membrana se deu forma muito similar ao

apresentado nos estudos de pervaporação, onde o látex foi vertido em placas petris, submetido a diferentes temperaturas e então foi seco em forno convencional para polimerização.

Em 2012 foi publicado um estudo com objetivo de investigar os efeitos de uma biomembrana de látex (Figura 19) e biomembrana de silicone no fechamento de perfurações timpânicas, foram utilizados dois tipos de membranas para poder mostrar a diferença entre elas e avaliar de fato os efeitos da biomembrana de látex. Existem vários estudos que indicam uma maior vascularização dos enxertos de membrana timpânica quando é utilizado membrana de látex natural como implante transitório em timpanoplastia. Foi avaliado a biocompatibilidade, possível toxicidade ou reações alérgicas e comparado a efetividade de ambas na recuperação auditiva funcional proporcionada pela cicatrização da membrana timpânica. Em suas conclusões apresentam que a biomembrana de látex apresentou uma satisfatória interação com os tecidos da membrana timpânica e boa biocompatibilidade sem sinais de toxicidade ou manifestações alérgicas. Quando analisada a melhora da audição, não houve grandes diferenças quando as duas membranas foram comparadas. (ARAUJO, MASSUDA e HYPOLITO. 2012)

Figura 19 - Biomembrana baseada em látex



Fonte: ARAUJO, MASSUDA e HYPOLITO (2012)

Em 2017, foi publicado um estudo apresentando a aplicação de látex de borracha natural como andaime para osteoblasto para regeneração óssea guiada. Mostram que isso é possível por conta das propriedades angiogênicas do látex. O objetivo principal foi a avaliação na separação de fases induzidas sob várias temperaturas para induzir a porosidade no látex de borracha natural e testar suas propriedades mecânicas, toxicidade, adesão celular e mineralização. Em suas conclusões, apresentam que as porosidades só foram produzidas em temperaturas de 20 e 10°C, sendo em 20°C a de maior porosidade, em outras temperaturas foi observado regiões ricas e pobres em polímeros. Por microscopia eletrônica, foi observado que células aderiram às membranas de

látex submetidas em diferentes tratamentos e apresentando matriz mineral. Não houve apresentação de toxicidade o que permitiu a adesão de osteoblastos, proliferação e decomposição de matriz extracelular mineral, sendo então uma biomembrana adequada para regeneração óssea guiada. (BORGES, et al. 2017)

5.3. Isolamento Mecânico

Em 2012, foi publicado um estudo de isolamento de vibração usando mola magnética combinada com membrana de borracha. Uma característica de um isolador de vibração passivo é a sua frequência natural e capacidade de carga que podem ser melhoradas pela redução de sua frequência de entrada natural e a membrana de borracha auxilia nesta redução. O trabalho mostra que a borracha natural possui propriedades desejáveis para o estudo, como alongamento e rigidez e após análises experimentais, confirmam que a frequência foi reduzida em aproximadamente 50% por conta da membrana de borracha. Concluindo então que a membrana de borracha é recomendada para estudos mais aprofundados na área. (Li, et al., 2012)

5.4. Carregamento de fármacos

Nos dois estudos apresentados a seguir, o modo de produção das membranas foi muito similar as já apresentadas anteriormente. O látex foi vertido em placa de Petri (ou de aço inoxidável) juntamente com o fármaco de interesse e então deixadas então para secar (podendo ser até mesmo em temperatura ambiente, porém por tempo prolongado).

Em 2018, foi publicado um estudo mostrando as vantagens do uso de membranas de látex de borracha natural na redução dos efeitos sistêmicos adversos relacionados ao cetoprofeno, um analgésico com potente ação anti-inflamatória. O látex de borracha natural também se mostra interessante por seu baixo custo e propriedades físico químicas como flexibilidade, estabilidade, porosidade superficial e permeabilidade, além de ser um material biocompatível que também apresenta atividade biológica para estimular a angiogênese podendo ser utilizada na reparação de tecidos. O estudo demonstra que o cetoprofeno foi incorporado com sucesso nas membranas de látex natural para administração de drogas. Análises indicam que a droga não interagiu quimicamente com a membrana. Além disso, as membranas liberaram 60% do cetoprofeno incorporado em 50h. O estudo também mostra que o cetoprofeno não alterou as propriedades do polímero. (FLORIANO et al., 2018)

Também em 2019 temos a publicação de um estudo apresentando membranas de látex de borracha natural incorporadas com três diferentes tipos de própolis, tendo suas propriedades físico-químicas, antimicrobiana e comportamentos analisados. O própolis é um complexo produto resinoso elaborado por abelhas (*Abis melífera*) com o objetivo de proteger as colméias contra microrganismos infecciosos. O estudo visou avaliar a liberação controlada ideal de compostos antimicrobianos do própolis contra *Candida albicans*. O própolis foi classificado como vermelho, verde e choupo de acordo com suas composições químicas determinadas por cromatografia. O estudo sugeriu que própolis vermelha pode ser incorporada em membranas de látex de borracha natural para a preparação de bandagens para cicatrização de feridas. As incorporações não alteraram as propriedades da membrana. (ZANCANELA et al., 2019)

6. Considerações finais

Ao decorrer do trabalho, foram apresentadas diversas características do látex, tais como flexibilidade, baixo custo, angiogênese, resistência mecânica, etc. Acreditando-se que essas características, intrínsecas ao material, pudessem favorecer de alguma forma a produção de membranas para diferentes aplicações.

Ao final, com a apresentação de estudos de diferentes áreas e diversas aplicações, pode-se observar que o látex é de fato benéfico na produção de membranas para fins de pervaporação, biomedicina, isolamento mecânico e carregamento de fármaco.

Para a pervaporação, o uso do látex melhorou as membranas em questão de hidrofobicidade, fluxo, permeação, menor inchamento, estabilidade, seletividade e etc. Na biomedicina, as biomembranas se apresentaram com boa biocompatibilidade e sem toxicidade ou reações alergênicas sendo então considerado um ótimo material para restauração de tecidos e ossos. Para isolamento mecânico, suas características melhoram o material em questão de alongamento e rigidez. E em carregamento de fármaco, as membranas baseadas em látex mostraram-se eficientes na liberação controlada de drogas nos organismos.

Os estudos apresentados são uma pequeníssima fração de aplicações possíveis e bem sucedidas de membranas produzidas a partir do látex e borracha natural. Como mostrado, nos últimos anos, membranas de látex vem sendo muito estudadas e os números de publicações vem crescendo, o que mostra a importância e relevância desse material.

7. Referências Bibliográficas

ALVARENGA, A.P.; CARMO, C. A. F. Santana. **Seringueira**. 2. ed. Viçosa: Epamig, 2014.

AGOSTINI, D. L. S. **Caracterização dos constituintes do látex e da borracha natural que estimulam a angiogênese**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de materiais) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2009.

AMNUAYPANICH, S; RATPOLSAN, P. Pervaporation membranes from natural rubber latex grafted with poly (2-hydroxyethyl methacrylate)(NR-g-PHEMA) for the separation of water–acetone mixtures. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 113, n. 5, p. 3313-3321, 2009.

ANDRIGHETTO, R. et al. ACD/CHEMSKETCH® em investigações da borracha: um polímero versátil do cotidiano ao inusitado. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 1, p. 03-32, 2020.

ARAUJO, M. M.; MASSUDA, E.T.; HYPPOLITO, M.A. Anatomical and functional evaluation of tympanoplasty using a transitory natural latex biomembrane implant from the rubber tree *Hevea brasiliensis*. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 27, p. 566-571, 2012.

BAKER, R.W. **Membrane Technology and Applications**. California: John Wiley & Sons, Ltd, 2004.

BANERJEE, A.; RAY, S.K. Nitrocellulose filled and natural rubber grafted poly (styrene-co-acrylonitrile) organophilic membranes for pervaporative recovery of aliphatic alcohols from water. **Separation and Purification Technology**, v. 266, p. 118563, 2021.

BORGES, F.A. et al. Application of natural rubber latex as scaffold for osteoblast to guided bone regeneration. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 39, p. 45321, 2017.

CHOW, K-S. et al. Insights into rubber biosynthesis from transcriptome analysis of *Hevea brasiliensis* latex. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 10, p. 2429-2440, 2007.

COSTA, H.M. da et al. Aspectos históricos da vulcanização. **Polímeros**, v. 13, p. 125-129, 2003.

CRIPA, B. H. S. et al. Vulcanização da borracha natural com enxofre. **Gestão em Foco**, Amparo, p.204-215, 2016. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/018_borracha_natural.pdf. Acesso em 05 de março de 2021.

DEUS, E. **A dança das facas: trabalho e técnica em seringais paulistas**. 2017. Tese (Doutorado em Antropologia Social) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

EHABE, E.E.; NKENG, G. E.; BONFILS, F. Mechanistic proposals for variations in the macrostructure of natural rubber. A review. **Recent Research and Development in Bioenergy**, p.1-26, 2006.

FLORIANO, J. et al. Ketoprofen loaded in natural rubber latex transdermal patch for tendinitis treatment. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 26, n. 6, p. 2281-2289, 2018.

GALIANI, P. D. **Avaliação e caracterização da borracha natural de diferentes clones de seringueira cultivados nos estados de Mato Grosso e Bahia**. 2010. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

GONÇALVES, P. S.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; FONSECA, F. S. **Manual de Heveicultura para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

GONÇALVES, P.S.; MARQUES, J.R.B. Melhoramento genético da seringueira: passado, presente e futuro. In: Alvarenga, A.P.; CARMO, C.A.F.S. **Seringueira**. Viçosa: Epamig, 2014. p. 489–593

GONÇALVES, P.S. et al. Efeito da frequência de sangria e estimulação no desempenho produtivo e econômico de clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1081-1091, 2000.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de separação por membranas**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2006

HERCULANO, R.D. **Desenvolvimento de membranas de látex natural para aplicações médicas**. 2009. Tese (Doutorado em Física Aplicada à Medicina e Biologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

HONORATO, S. B. **Efeito antioxidante de componentes do látex da seringueira e mangabeira sobre a degradação termo-oxidativa do poli(1,4-cis-isopreno) sintético**. 2005. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica e Inorgânica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

LI, Q. et al. A negative stiffness vibration isolator using magnetic spring combined with rubber membrane. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 813-824, 2013.

MORENO, R. M. B. et al. Propriedades físicas e propriedades tecnológicas da borracha natural. In: Alvarenga, A.P.; CARMO, C.A.F.S. (eds) **Seringueira**. Viçosa: Epamig, 2014, p. 961-1014.

MORENO, R. M. B.; GONÇALVES, P. de S.; MATTOSO, L.H.C. **Desempenho da borracha natural crua de novos clones de seringueira (hevea spp.) da série IAC para recomendação ao plantio no Estado de São Paulo: II - As propriedades tecnológicas DRC (%),% de nitrogênio,% de cinzas e% de extrato acetônico**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26289/1/CiT32-2006.pdf>. Acesso em 08 de março de 2021.

OLIVEIRA, M. D. M.; GONÇALVES, E. C. P. Impactos da SarS-CoV-2 na produção de borracha natural do Estado de São Paulo. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 15, n. 8, ago. 2020.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. **Abertura de painel de sangria de seringueira com raspador de casca**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Recomendação Técnica, No 44). p. 1-3.

PERES JUNIOR, J. B. R.; PIMENTEL, L. C.; PASTORE JÚNIOR, F. **A borracha e a história da amazônia**. In: Fórum Internacional Sobre a Amazônia 2., 2019, Brasília. ANAIS... Brasília: Universidade de Brasília, 2020. P.43

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Ed. Moderna, 2010, 3 v.

SANTOS, D. R. **Estudo da relação entre propriedades mecânicas e ligações cruzadas em filmes de borracha natural pré-vulcanizada**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Física) - Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças, 2020.

SAVAREZ, T. et al. **Monitoramento das propriedades tecnológicas da borracha natural dos clones de seringueira RRIM 710, RRIM 728, RRIM 729 e RRIM 806 de janeiro a junho de 2019**. In: Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária, 2019, São Carlos. Anais... São Carlos, 2019. P. 466 - 470

ROSSMAN, H.; GAMEIRO, A.; PEROZZI, M.; PEREZ, P. A vez da borracha. **Agroanalysis: a revista de agronegócios da FGV**, vol 24, n 4, p.16 - 18, 2004.

SILVA, M.J. **Estudo da influência da composição química nas propriedades da borracha natural dos novos clones de seringueira RRIM 711, RRIM 926 e RRIM937**. 2017. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

SOMAIN, R.; DROULERS, M. **A seringueira agora é paulista**, In: Confins (Online), 2016. Disponível em URL: <http://journals.openedition.org/confins/10906>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.10906> Acesso: 30/11/2021 17:58

ULBRICHT, M. Advanced functional polymer membranes. **Polymer**, v. 47, n. 7, p. 2217-2262, 2006.

VIRGENS FILHO, A.C. Organização e exploração do seringal. In: ALVARENGA, A.P.; CARMO, C.A.F.S. (eds) **Seringueira**. Viçosa: Epamig, 2014, p. 146 – 245.

WONGTHEP, W.; RUKSAKULPIWAT, C.; AMNUAYPANICH, S. **Membranes prepared from a blend of poly (acrylic acid) and natural rubber-graft-poly (vinyl alcohol)(PAA/NR-g-PVA)**. In: Advanced Materials Research. Trans Tech Publications Ltd, 2010. p. 268-271.

ZANCANELA, D.C. et al. Natural rubber latex membranes incorporated with three different types of propolis: Physical-chemistry and antimicrobial behaviours. **Materials Science and Engineering: C**, v. 97, p. 576-582, 2019.