



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS: DA EXTRAÇÃO À APLICAÇÃO

BREVE ENFOQUE DE LA RESINA DE PINUS: DE LA EXTRACCIÓN A LA APLICACIÓN

A BRIEF APPROACH TO PINUS RESIN: FROM EXTRACTION TO APPLICATION

Apresentação: Comunicação Oral

Afonso Henrique da Silva Júnior¹; Carlos Rafael Silva de Oliveira²; Toni Jefferson Lopes³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0390>

RESUMO

O setor de produtos florestais é fundamental para o desenvolvimento de um país. Ainda mais quando se trata do Brasil, reconhecido internacionalmente pelas grande extensão territorial e condições climáticas favoráveis para o manejo florestal. Nos últimos anos, observa-se que o país vem se destacando com a prática de silvicultura, somando números valiosos para a economia. Entre os recursos florestais mais importantes para se obter o êxito nesse segmento está um produto não madeireiro, a resina natural. A resina obtida principalmente de coníferas, se tornou expressiva com o passar dos anos no Brasil, principalmente devido aos incentivos fiscais ofertados nas décadas de 1960/1970 pelo Governo. Desde então, a área de florestas plantadas passou de 10 milhões de hectares. A goma é uma substância inflamável, de coloração amarelada, odor forte e insolúvel na presença de água. A partir dessa matéria-prima obtém-se dois componentes que são intrínsecos à indústria química, o breu e a terebentina. Esses compostos podem ser utilizados para uma infinidade de aplicações, como: tintas, vernizes, adesivos, colas, perfumes, bioherbicidas, bioinseticidas, produtos de higiene pessoal, medicamentos e entre outros. O setor de produtos derivados da resina tem conquistado notoriedade na indústria de transformação e as potencialidades desse nicho de mercado é a principal motivação desta pesquisa, que aproveitou esta oportunidade para apresentar uma breve abordagem sobre a resina de pinus, desde a extração à aplicação. Portanto, neste trabalho são apresentados uma visão geral sobre o contexto da resinagem no Brasil; os dados econômicos do segmento; as variáveis que influenciam na produção de resina; os processos industriais de separação dos componentes principais da goma (breu e terebentina); uma breve discussão das principais aplicações tecnológicas da resina natural e seus derivados; e por último, as perspectivas do setor florestal para o ramo de resinosos.

Palavras-Chave: recursos florestais não madeireiros, resinagem, produtos resinosos, breu, terebentina.

RESUMEN

El sector de productos forestales es fundamental para el desarrollo de un país. Más aún cuando se trata de Brasil, reconocido internacionalmente por su gran extensión territorial y condiciones climáticas favorables para el manejo forestal. En los últimos años, se observa que el país se ha destacado por la

¹ Engenheiro Agroindustrial-Agroquímico (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Estudante de mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, afonso.silva@posgrad.ufsc.br

² Engenheiro Têxtil (Universidade Estadual de Maringá – UEM), Estudante de doutorado em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, carlos.oliveira@posgrad.ufsc.br

³ Engenheiro de Alimentos (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Doutor em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), Professor Associado I – FURG, tjlopes@furg.br

UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS

prática de la silvicultura, agregando números valiosos a la economía. Entre los recursos forestales más importantes para tener éxito en este segmento se encuentra un producto no maderero, la resina natural. La resina obtenida principalmente de coníferas se volvió expresiva a lo largo de los años en Brasil, principalmente debido a los incentivos fiscales ofrecidos en los años sesenta/setenta por el Gobierno. Desde entonces, la superficie de bosques plantados ha aumentado a 10 millones de hectáreas. La resina es una sustancia inflamable, de color amarillento, de olor fuerte e insoluble en presencia de agua. De esta materia prima se obtienen dos componentes intrínsecos a la industria química, la brea y la trementina. Estos compuestos se pueden utilizar para multitud de aplicaciones, tales como: pinturas, barnices, adhesivos, colas, perfumes, bioherbicidas, bioinsecticidas, productos de higiene personal, medicamentos y entre otros. El sector de los productos de resina ha ganado notoriedad en la industria de la transformación y el potencial de este nicho de mercado es la principal motivación de esta investigación, que aprovechó esta oportunidad para presentar un breve acercamiento sobre la resina de pino, desde la extracción hasta la aplicación. Por lo tanto, este trabajo presenta una visión general del contexto de la resina en Brasil; datos económicos del segmento; las variables que influyen en la producción de resina; los procesos industriales para la separación de los principales componentes de la goma (brea y trementina); una breve discusión de las principales aplicaciones tecnológicas de la resina natural y sus derivados; y finalmente, las perspectivas del sector forestal para la industria de la resina.

Palabras Clave: recursos forestales no maderables, resina, productos de resina, colofonia, trementina.

ABSTRACT

The forest products sector is fundamental to a country's development. Even more when it comes to Brazil, internationally recognized for its great territorial extension and favorable climatic conditions for forest management. In recent years, it is observed that the country has been standing out with the practice of silviculture, adding valuable numbers to the economy. Among the most important forest resources to be successful in this segment is a non-wood product, natural resin. The resin obtained mainly from conifers, became expressive over the years in Brazil, mainly due to the tax incentives offered in the 1960s/1970s by the Government. Since then, the area of planted forests has grown to 10 million hectares. Gum is a flammable substance, yellowish in color, strong odor, and insoluble in the presence of water. From this raw material, two components are obtained that are intrinsic to the chemical industry, pitch, and turpentine. These compounds can be used for a multitude of applications, such as paints, varnishes, adhesives, glues, perfumes, bioherbicides, bioinsecticides, personal hygiene products, medicines, and among others. The resin products sector has gained notoriety in the transformation industry and the potential of this market niche is the main motivation of this research, which took this opportunity to present a brief approach on pine resin, from extraction to application. Therefore, this work presents an overview of the context of resin in Brazil; economic data for the segment; the variables that influence resin production; the industrial processes for separating the main components of the gum (pitch and turpentine); a brief discussion of the main technological applications of natural resin and its derivatives; and finally, the perspectives of the forestry sector for the resin industry.

Keywords: non-wood forest resources, resination, resin products, rosin, turpentine.

INTRODUÇÃO

O segmento da silvicultura é responsável por aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil e as exportações de produtos desse ramo somaram a quantia de US\$ 10 bilhões no ano de 2019. A expressividade dos números citados anteriormente na economia é atribuída por muitos pesquisadores devido as condições favoráveis do clima e do solo para o manejo florestal. Também, outro ponto positivo historicamente para o êxito do segmento é com relação aos incentivos fiscais nas décadas de 1960/70, quando o Governo Federal possibilitou que as empresas pudessem abater um percentual significativo do imposto de renda para investirem em projetos ambientais. E desde então, o sucesso do segmento florestal foi

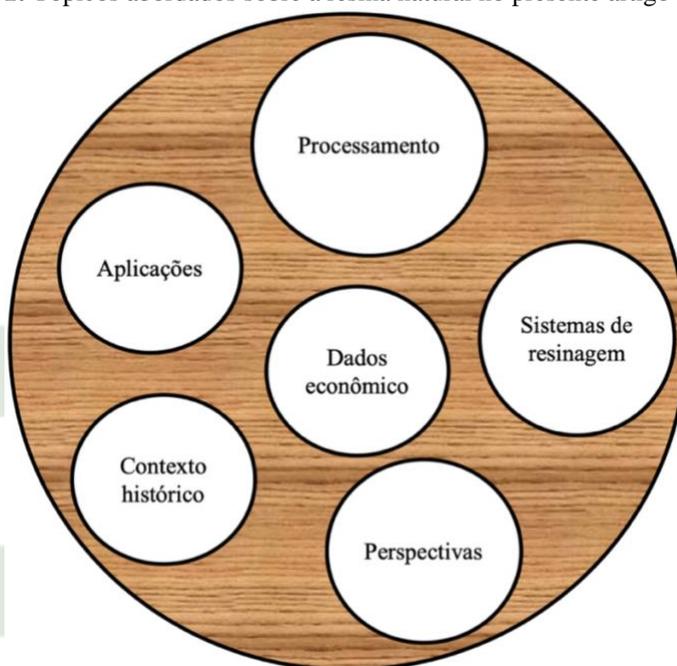
perceptível na economia brasileira, principalmente em valores de área total de florestas plantadas (cerca de 10 milhões de hectares até o ano de 2019) (AGEFLOR, 2020).

Os principais gêneros plantados ao longo dos anos foram o eucalipto e o pinus, especialmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Bahia. Os destinos dessas árvores cultivadas foram inúmeros, desde para a indústria de papel e celulose até para o setor energético. Contudo, com o passar do tempo a finalidade do plantio desses gêneros, principalmente o pinus, começaram a ser explorados de maneira mais nobre como, por exemplo, para a resinagem. Assim, os produtores perceberam que ao invés de cultivar o pinus para apenas carvão vegetal, podiam aproveitar um recurso florestal pouco explorado que é a extração da resina natural. De acordo com a Associação dos Resinadores do Brasil (ARESB) a produção nacional de goma resina entre as safras 2016/2018 ultrapassaram 350 mil toneladas (ARESB, 2020).

A resina natural é uma substância insolúvel na presença de água, de coloração amarelada e inflamável (ZAS et al., 2020a). Além disso, possui muitas aplicações industriais, como por exemplo na produção de tintas, colas, adesivos, perfumes, medicamentos, defensivos e entre outros (LOPEZ et al., 2020; RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2014). Os componentes derivados da resina são a terebentina e o breu, obtidos a partir da destilação a vácuo ou atmosférica. O percentual de cada um após o processamento é de aproximadamente 80% para o breu e 20% para a terebentina (SALVADOR et al., 2020). Apesar do alto rendimento médio para o breu, o mesmo apresenta baixo valor econômico quando comparado à terebentina. A produção de resina nas árvores está relacionada ao mecanismo de defesa da planta, contra fungos patogênicos, insetos e entre outros agentes que possam prejudicar a espécie. A goma resina é produzida nas células do parênquima nas coníferas e são encontradas em conjuntos de estruturas anatômicas especiais chamados de canais resiníferos (CREGG; ZHANG, 2001).

A resina natural por ser um recurso renovável com componentes químicos que podem ser modificados, o interesse é enorme por parte das empresas no uso da goma em aplicações tecnológicas, principalmente para o desenvolvimento de novos produtos (MUMM; HILKER, 2006). Portanto, o presente trabalho de revisão objetiva apresentar uma visão geral sobre o contexto da resinagem no Brasil; os dados econômicos do segmento; as variáveis que influenciam na produção de resina; o processo industrial de separação dos componentes principais da goma (breu e terebentina); uma breve discussão das principais aplicações tecnológicas da resina natural e seus derivados; e por último, as perspectivas do setor florestal para o ramo de resinosos. Na Figura 01 são ilustrados os tópicos abordados neste artigo de revisão.

Figura 01: Tópicos abordados sobre a resina natural no presente artigo de revisão.



Fonte: Própria (2020).

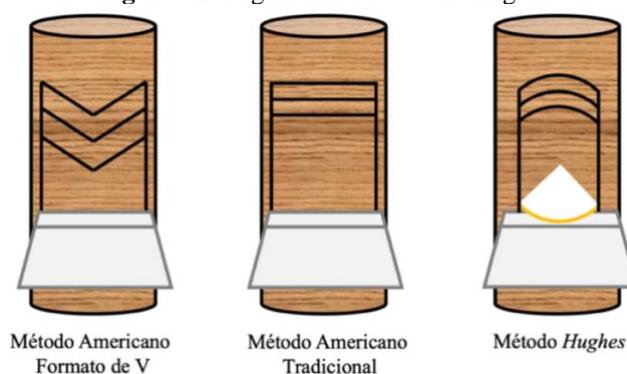
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A recente história da resinagem em território brasileiro começou na década de 1930, quando os primeiros ensaios experimentais foram realizados com o intuito de promover o progresso da atividade no Brasil. Esses estudos se restringiam exclusivamente à espécie de *Pinus elliottii*, e somente depois que inseriram as espécies tropicais. Contudo, as primeiras mudas de pinus no Brasil são datadas de 1880 no Estado do Rio Grande do Sul, trazidas das Ilhas Canárias. E desde então, o cultivo do pinus sempre esteve presente em território nacional e se intensificou com os incentivos do Governo com a criação de leis fiscais da década de 1960/1970. No início, as árvores foram cultivadas com o propósito de apenas produzir matéria-prima para as indústrias de celulose e papel e com o tempo, perceberam que se o pinus fosse cultivado adequadamente, permitiria a extração de resina (SILVA; DAL BEM, 2020).

Dados reportados recentemente, mostram que o Brasil é o segundo produtor mundial, estando a China na primeira posição, como responsável por abastecer quase que a totalidade da demanda mundial (LIN et al., 2017). No entanto, a resinagem vem crescendo em território nacional e cada vez mais novas florestas estão sendo implantadas, principalmente utilizando espaçamentos menores entre as árvores. Atualmente, o maior produtor de goma resina no Brasil é o Estado de São Paulo, seguido pelos Estados do Rio Grande do Sul e do Paraná. Os três juntos são responsáveis por cerca de 80 % da produção nacional de oleoresina de pinus (RODRIGUES et al., 2008).

A resina natural pode ser extraída de diferentes espécies vegetais e tem como papel biológico de proteger as plantas contra alguns insetos e pragas (KOPACZYK; WARGUŁA; JELONEK, 2020). Os métodos de extração da goma são os mais variados, que com o passar do tempo foram otimizados, compreendendo o que é hoje o sistema denominado “à americana” (amplamente utilizado pelo mundo) (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2016). Este método surgiu através do aperfeiçoamento do sistema alemão, o qual utilizava uma solução ácida na resinagem. Posteriormente, pesquisadores americanos melhoraram essas substâncias químicas que eram aplicadas no painel, esse método promovia os cortes menos profundos sobre a madeira para que em seguida o ácido fosse aplicado, com isso promovia a não desvalorização da madeira, aumentando a rentabilidade do produtor. A eficácia desse sistema é tão grande que quando comparado aos demais métodos, observa-se o aumento da produção, diminuição da mão-de-obra e a possibilidade de obtenção de uma madeira conservada ao fim da vida da árvore que por consequência pode ser comercializada. Assim, a prática da resinagem com o passar dos anos começou a ser valorizada e muito mais lucrativa ao produtor do que simplesmente destinar a madeira somente para a queima e/ou indústria madeireira (DUARTE, 2016). Na Figura 02 são ilustrados alguns sistemas utilizados na resinagem.

Figura 02: Alguns métodos de resinagem.



Fonte: Própria (2020).

A goma não possui ordenação espacial, por isso é amorfa e apresenta alta complexidade química. O processo de separação da oleoresina é através da destilação, podendo ser realizada a vácuo ou atmosférica. Por fim, obtém-se os componentes comercialmente importantes desse recurso florestal, o breu e a terebentina. O breu é a fração não volátil, apresenta em sua composição ácidos monocarboxílicos derivados do ácido abiético, tem aspecto vítreo e quebradiço, com coloração que pode variar do âmbar ao amarelo e é utilizado principalmente para a fabricação de colas para papel, vernizes, tintas, borrachas, medicamentos, perfumes e adesivos (YANG et al., 2017). O rendimento de obtenção para o breu no processo de destilação

UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS

pode mudar conforme a espécie da árvore em que é extraído o produto. Na Tabela 01 são mostrados os rendimentos médios para algumas variedades de pinus cultivadas para resinagem no Brasil.

Tabela 01: O rendimento médio do breu no processo de destilação da resina natural.

Espécie	Rendimento médio (%)
<i>Pinus elliottii</i>	78,9
<i>Pinus caribaea</i>	80,3
<i>Pinus kesiya</i>	87,3
<i>Pinus oocarpa</i>	82,1

Fonte: BRITO; BARRICHELO; GUTIERREZ, (1980).

A terebentina é outro componente da goma resina e apresenta o maior valor de comercialização. Essa substância é caracterizada pela volatilidade e odor intenso e pode ser utilizada na fabricação de solventes, tintas, vernizes, desinfetantes, sabões, fragrâncias, medicamentos, biopesticidas, bioherbicidas e cânfora sintética (ULUKANLI et al., 2014). É uma mistura de isômeros na forma de hidrocarbonetos, em que o constituinte predominante, é o α -pineno, seguido pelo seu isômero β -pineno (RUBINI et al., 2021). Como apresentado anteriormente, a terebentina possui inúmeras aplicações no campo químico e farmacêutico, sendo utilizada como solvente de tintas, vernizes, matéria-prima para a síntese de polímeros e entre outros (COSTA; ALVES; MULINARI, 2017). Também, há biofungicidas e biogermicidas que incluem essa substância em sua composição. Os monoterpenos presentes na terebentina são olefinas que podem ser transformados em produtos da química fina (RODRIGUES; FETT-NETO, 2009). O rendimento médio de obtenção da terebentina no processo de destilação da goma resina é apresentado na Tabela 02 para algumas espécies de pinus cultivadas em território nacional.

Tabela 02: O rendimento médio da terebentina no processo de destilação da resina natural.

Espécie	Rendimento médio (%)
<i>Pinus elliottii</i>	15,9
<i>Pinus caribaea</i>	15,5
<i>Pinus kesiya</i>	7,1
<i>Pinus oocarpa</i>	12,7

Fonte: BRITO; BARRICHELO; GUTIERREZ, (1980).

O setor químico brasileiro, obteve um faturamento total em torno de US\$ 124 bilhões no ano de 2018 e apresenta uma estimativa de ultrapassar US\$ 110 bilhões em 2019/2020. Apesar de uma pequena queda entre os anos de 2018 e a estimativa para 2019/2020, o setor ainda demonstra boas perspectivas econômicas para o ramo, consequentemente, expectativas

favoráveis ao crescimento. Do faturamento total no ano de 2018, quase 56% foram de produtos químicos de uso industrial, 17,2% para produtos farmacêuticos e 3,7% para as indústrias de tintas, vernizes e esmaltes. Além desses ramos industriais citados antes, os componentes da resina natural estão presentes em outros segmentos, como por exemplo, no de defensivos agrícolas (ABIQUIM, 2020). Na Tabela 03 são observados os valores de faturamento do setor químico nacional de 2018 separados por setores industriais.

Tabela 03: A distribuição do faturamento total do setor químico no Brasil no ano de 2018.

Setor	Faturamento líquido (US\$ bilhões)
Produtos químicos de uso industrial	55,5
Produtos farmacêuticos	17,2
Fertilizantes	10,6
Higiene pessoal, perfumaria e cosméticos	10,9
Produtos de limpeza e semelhantes	6,1
Defensivos agrícolas	11,8
Tintas, esmaltes e vernizes	3,7
Fibras artificiais e sintéticas	0,8
Outros	2,1

Fonte: ABIQUIM (2020).

O setor de produtos resinosos é dividido pelo conjunto de atividades que englobam a extração, industrialização e a comercialização da oleoresina e derivados. Portanto, trata-se de um sistema agroindustrial, que pode ser também pertinente a outros produtos florestais. No Brasil, nesses últimos anos foi verificado uma produção de produtos da goma resina considerada expressiva, pois além de ter se intensificado a exploração recentemente, houve um crescimento rápido das produções, passando de categoria de importador para exportador. O mercado produtor vem basicamente todo da extração de pinus. Na Tabela 04 são mostrados os valores de exportações entre os anos de 2010 e 2015.

Tabela 04: Exportação nacional dos componentes da resina natural entre os anos de 2010 e 2015.

Ano/Produto	Terebentina (toneladas)	Breu (toneladas)
2010	6.779	26.386
2011	6.772	18.909
2012	9.014	45.809
2013	11.443	44.002
2014	12.561	45.341
2015	15.205	61.277

Fonte: ARESB (2020).

METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste artigo é de caráter investigativa e bibliográfica. Foram

UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS

levantadas referências publicadas em meios eletrônicos e impressos. Como ponto de partida, foram escolhidas 10 palavras-chave em três idiomas selecionados (português, inglês e espanhol): breu, terebentina, resinagem, resina natural, pinus, setor florestal, produtos resinosos, recursos florestais, engenharia florestal e destilação da resina natural. Em seguida, buscou-se em diferentes bases de dados possíveis trabalhos para incluir nessa revisão (*Science Direct, Scopus, Scielo, Web of Science* e entre outros). Também, foram realizadas buscas no Google Acadêmico e por artigos em outras revistas não indexadas às principais bases de dados que apresentavam escopo voltado ao segmento florestal. No Google, foram encontrados inúmeros websites vinculados ao setor de interesse da pesquisa. Com base nessa coleta de artigos, foi observado que existem poucos trabalhos que abordam uma visão geral sobre o setor de produtos resinosos e seus derivados, realizando uma discussão desde o processo de extração até as suas respectivas aplicações. No Quadro 01 são mostrados alguns trabalhos de revisão relacionados ao tema, juntamente com os respectivos objetivos.

Quadro 01: Alguns trabalhos da literatura com a abordagem sobre a resina de pinus e derivados.

Título	Objetivo	Referência
<i>Multiple industrial uses of non-wood pine products</i>	Abordaram as aplicações atuais e emergentes de produtos não madeireiro de pinus de uma forma sustentável para a geração máxima de receita.	(NEIS et al., 2019)
<i>A review of southern pine decline in North America</i>	Abordaram os fatores abióticos e bióticos que afetam a saúde do pinus. E realizaram recomendações de manejo para proprietários de terras.	(COYLE et al., 2015)
<i>Direct and indirect chemical defence of pine against folivorous insects</i>	Abordaram o papel das respostas induzidas do pinus no ataque de herbívoros e a importância de analisar a variabilidade da defesa dos pinheiros.	(MUMM; HILKER, 2006)

Fonte: Própria (2020).

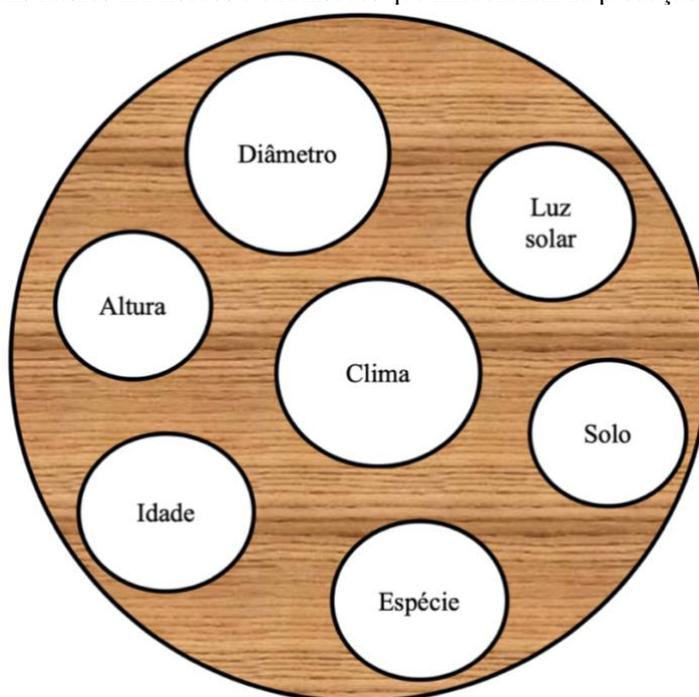
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os recursos florestais foram e ainda são importantes fontes para o desenvolvimento da humanidade e um desses recursos é a resina oriunda de pinus (KOLICHESKI, 2006). Por exemplo, na civilização antiga a resina natural era muito utilizada para o embalsamento de corpos e para a construção de grandes navios. E hoje em dia, a goma e derivados ainda continuam sendo fundamentais, principalmente para a indústria de transformação, desde como solvente à fabricação de colas e adesivos. A resina é produzida por todas as espécies de pinus,

seja em maior ou menor quantidade. Algumas dessas espécies se destacam pela maior produtividade e melhor qualidade. Em território brasileiro, o *Pinus elliottii* se destacou com o passar do tempo, devido as médias de produções desse produto, podendo chegar a valores extraordinários ao ano (CAETANO DA SILVA et al., 2014).

No entanto, para se alcançar o êxito na resinagem depende de inúmeros fatores, seja pela espécie cultivada ou até mesmo devido ao clima. Essas variáveis são divididas em intrínsecas e extrínsecas (ZAS et al., 2020b). As variáveis intrínsecas que influenciam na produção de resina estão relacionadas com a espécie da árvore, a idade, a altura, a genética e entre outras. E as variáveis extrínsecas são as condições do clima, do solo, a exposição do painel, pasta utilizada e etc (LU et al., 2020). A Figura 03 ilustra alguns dos fatores que influenciam na produção de resina.

Figura 03: Alguns fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam na produção de resina natural.



Fonte: Própria (2020).

A espécie e a origem da planta impactam grandemente na produção de resina, por exemplo, o *Pinus caribaea* apresenta um grande potencial para a extração da goma quando comparado com as demais (DUARTE, 2016). Porém, quando o quesito é qualidade, são consideradas as melhores o *Pinus elliottii* e o *Pinus pinaster* (TÓRO et al., 2003). Com relação à variável origem da espécie, existem trabalhos que reportam diferenças significativas na produção de oleoresina entre diferentes origens para uma mesma espécie. Uma outra variável importante é a idade da árvore, em que está ligado intrinsecamente à produção de resina. Essa

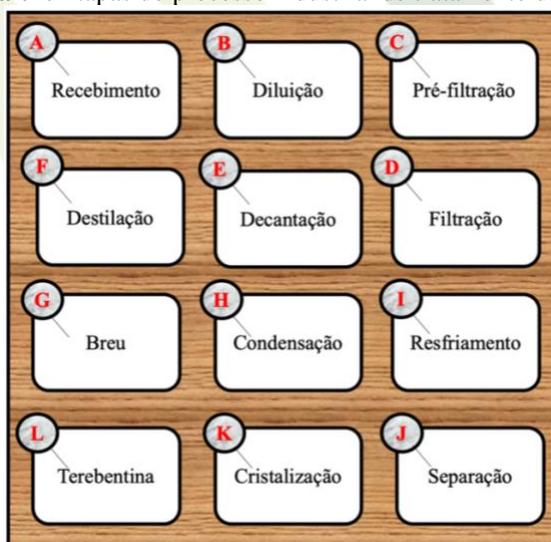
UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS

variável deve ser considerada fundamental devido ao desenvolvimento da planta estar ligado à idade, no qual envolve desde o diâmetro e altura da árvore e até mesmo as condições climáticas e do solo em que o vegetal se encontra (WANG; CALDERON; CARANDANG, 2006). Geralmente, a produção de resina é sempre maior em árvores de maior diâmetro, por isso que a prática de resinagem é restringida a diâmetros iguais ou superiores a 15 cm (SIMPSON; OSBORNE, 2006).

Com relação às variáveis extrínsecas relacionadas com a produção de goma resina são muito influenciadas pelas condições climáticas durante os meses do ano. Por exemplo, temperaturas entre 20 e 25°C são favoráveis para o fluxo da resina (WILL et al., 2001). Ao contrário de temperaturas altas em que podem influenciar desde o rendimento da oleoresina presente no recipiente de coleta, devido a evaporação dos componentes e até mesmo no desempenho da árvore na exsudação da substância. Também, a abertura da estria no painel é mais um fator determinante na produção de resina e é por isso que se utilizam as pastas ácidas, em que atuam no prolongamento do período de exsudação (DE OLIVEIRA JUNKES et al., 2019).

O processo de separação da resina em breu e terebentina é através da destilação, seja atmosférica ou a vácuo. Em um primeiro momento, a matéria-prima deve passar por um tratamento com ácido oxálico para a precipitação de ferro presente na amostra. Posteriormente, são realizadas as operações de filtração, decantação, destilação propriamente dita e novamente decantação para se obter um dos componentes (terebentina) (KELKAR et al., 2006). Por fim, obtém-se o breu que é a fração sólida da resina e a terebentina, a fração líquida. Na Figura 04 são ilustradas as etapas do processo industrial de destilação da goma resina.

Figura 04: Etapas do processo industrial de tratamento da resina.



Fonte: Própria (2020).

Pela Figura 04 compreende-se que existem algumas etapas a mais e que são denominadas de purificação. Após a destilação a fração líquida passa pelas operações de condensação, separação e cristalização e somente depois se torna adequada para a comercialização e as inúmeras aplicações.

Prakoso e colaboradores reportaram a síntese do terpineol, derivado da resina de pinus, utilizando uma rota economicamente viável e investigaram o efeito de catalisadores no rendimento de obtenção desse composto (PRAKOSO et al., 2020). O terpineol é um produto de alto valor agregado derivado da oleoresina e é utilizado na fabricação de sabonete, desinfetante, produtos de limpeza em geral, perfumes e medicamentos. A síntese do terpineol é a partir da separação do α -pineno da terebentina e posteriormente a hidratação com auxílio de catalisadores ácidos.

Ballesteros e equipe utilizaram a terebentina para se produzir um potencial biocombustível, composto por α -pineno, nopol e α -terpineol (BALLESTEROS et al., 2020). Os autores reagiram o β -pineno com o paraformaldeído para sintetizarem a oxiterebentina, um novo combustível. Os autores reportaram que para ser usado como biocombustível é preciso que o produto atenda a critérios exigidos por normas regulamentadoras da área, com isso são necessários mais ensaios experimentais. Também, os resultados desse estudo mostraram que a funcionalização com oxigênio da terebentina melhorou a lubricidade, volatilidade e tendência a fuligem. E compararam a outros compostos oxigenados usados em misturas de combustíveis, como álcoois e ésteres, e observaram que a oxiterebentina reduziu alguns problemas (alta volatilidade e baixa viscosidade), apresentando ótima performance.

Ljunggren e colaboradores avaliaram o potencial da terebentina, em diferentes frações e condições operacionais, como um antifúngico (*Coniophora puteana*) (LJUNGGREN et al., 2020). Os primeiros testes realizados pela equipe foram utilizando diversas recombinações das frações de terebentina na concentração de 1000 ppm, em que foram exibidos ótimos resultados quanto à propriedade antifúngica. Por último, realizaram análise de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa para avaliarem as composições químicas das frações de terebentina usadas nos ensaios e encontraram compostos como: epicubenol e α -cadinol.

Frances et al. (FRANCES et al., 2020) avaliaram as propriedades do breu após diferentes tratamentos térmicos para a utilização como verniz de óleo de linhaça. Nesse estudo o grupo observou que houve mudanças nas propriedades do breu devido ao tratamento térmico, especialmente no ponto de amolecimento e na transição vítrea, que aumentaram proporcionalmente com a temperatura. Também, visualizaram alterações químicas, como o

UMA BREVE ABORDAGEM SOBRE A RESINA DE PINUS

aparecimento de formas desidrogenadas e oxidadas do ácido abiético. Mais um ponto fundamental reportado nessa pesquisa são as mudanças nas propriedades do produto final (verniz), tais como: a diminuição do brilho e da resistência aos solventes. Outras aplicações importantes dos componentes derivados da resina são no efeito virucida e quimiopreventivo. Tanaka, Tokuda e Ezaki (TANAKA; TOKUDA; EZAKI, 2008) avaliaram os possíveis efeitos quimiopreventivos e inibitórios na ativação do antígeno precoce do vírus Epstein-Barr. Como resultado, obtiveram que a resina possuía atividade anticarcinogênica devido os diterpenos presentes na substância.

Com isso, compreende-se que a resina natural obtida do pinus é um produto não madeireiro valioso para o progresso humano, seja na diversidade de aplicações industriais ou até mesmo no aumento de rentabilidade do pequeno produtor. Portanto, as perspectivas são crescentes no que tange essa matéria-prima, principalmente pela facilidade operacional na indústria e cultivo das plantações.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, percebe-se que o segmento de produtos resinosos tem um papel significativo na economia nacional, especialmente devido as inúmeras aplicações industriais no setor químico dos componentes dessa matéria-prima (breu e terebentina). O breu e a terebentina estão presentes nas atividades do homem desde a antiguidade, como por exemplo, para o embalsamento de corpos e a construção de grandes navegações para o transporte de especiarias. Com isso, ao observar todo o contexto histórico da resinagem no mundo e no Brasil, é compreensível que aos poucos as perspectivas estão crescendo. Assim, com o passar do tempo é certo que a participação do segmento florestal no PIB mundial e em específico no Brasil será ainda maior. Mais um ponto importante e que é perceptível com a linha do tempo da resina natural são os diversos métodos de extração, desde o de *Hughes* ao sistema “à americana” em que se utiliza pastas ácidas. Também, mais uma abordagem de progresso com relação a esse setor é nos inúmeros estudos para o conhecimento das variáveis intrínsecas e extrínsecas na produção de resina. Portanto, apesar de ter discutido e apresentado o quão forte está o segmento de produtos florestais não madeireiros atualmente, em específico da oleoresina, ainda tem muito a se investir e estudar. Para que assim, em alguns anos seja possível visualizar um setor de alta performance e com êxitos em pesquisas de diferentes áreas, desde a medicina ao setor de combustíveis.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química. **O desempenho da indústria química brasileira**. Disponível em: https://abiquim-files.s3-us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/Livreto-Enaiq2019_Abiquim_.pdf. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

AGEFLOR. Associação Gaúcha de Empresas Florestais. **Setor de Base Florestal**. Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/wp-content/uploads/2018/12/Sumario-Executivo-AGEFLOR-2018-ano-base-2017.pdf>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

ARESB. Associação dos Resinadores do Brasil. **Produção nacional de goma resina de pinus**. Disponível em: <http://www.aresb.com.br/portal/estatisticas/>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

BALLESTEROS, Rosario; GARCÍA, Duban; BUSTAMANTE, Felipe; ALARCÓN, Edwin; LAPUERTA, Magín. Oxyfunctionalized turpentine: Evaluation of properties as automotive fuel. **Renewable Energy**, [S. l.], p. 105398, 2020. ISSN: 09601481. DOI: 10.1016/j.renene.2020.10.026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2020.08.008>.

BRITO, José; BARRICHELO, Luiz; GUTIERREZ, Luiz. Qualidade do breu e terebintina de pinheiros tropicais. **IPEF**, p. 55–63, 1980.

CAETANO DA SILVA, Sandro Donizete; MENDES DE SOUZA, Maria Gorete; CARDOSO, Miguel Jorge Oliveira; DA SILVA MORAES, Thais; AMBRÓSIO, Sérgio Ricardo; VENEZIANI, Rodrigo Cássio Sola; MARTINS, Carlos Henrique G. Antibacterial activity of *Pinus elliottii* against anaerobic bacteria present in primary endodontic infections. **Anaerobe**, [S. l.], v. 30, p. 146–152, 2014. ISSN: 10958274. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2014.09.013.

COSTA, Isabella L. M.; ALVES, Allan R. R.; MULINARI, Daniella Regina. Surface Treatment of *Pinus Elliottii* Fiber and its Application in Composite Materials for Reinforcement of Polyurethane. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 200, p. 341–348, 2017. ISSN: 18777058. ISBN: 9781510849884. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.07.048. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.048>.

COYLE, David R.; KLEPZIG, Kier D.; KOCH, Frank H.; MORRIS, Lawrence A.; NOWAK, John T.; OAK, Steven W.; OTROSINA, William J.; SMITH, William D.; GANDHI, Kamal J. K. A review of southern pine decline in North America. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 349, p. 134–148, 2015. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.04.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.007>.

CREGG, B. M.; ZHANG, J. W. Physiology and morphology of *Pinus sylvestris* seedlings from diverse sources under cyclic drought stress. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 154, n. 1–2, p. 131–139, 2001. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00626-5.

DE OLIVEIRA JUNKES, Camila Fernanda et al. Resin tapping transcriptome in adult slash pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii*). **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 139, n. June, p. 111545, 2019. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2019.111545. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111545>.

DUARTE, Célio. **Evolução do Setor da Resinagem em Portugal**. 2016. 146 f. Dissertação (Recursos Florestais) – Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2016.

FRANCES, M.; GARDERE, Y.; DURET, E.; LEROYER, L.; CABARET, T.; RUBINI, M.; BI ATHOMO, A. Bikoro; CHARRIER, B. Effect of heat treatment on Pinus pinaster rosin: A study of physico chemical changes and influence on the quality of rosin linseed oil varnish. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 155, n. January, p. 112789, 2020. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112789. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112789>.

KELKAR, Vasant M.; GEILS, Brian W.; BECKER, Dennis R.; OVERBY, Steven T.; NEARY, Daniel G. How to recover more value from small pine trees: Essential oils and resins. **Biomass and Bioenergy**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 316–320, 2006. ISSN: 09619534. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.07.009.

KOPACZYK, Joanna Maria; WARGUŁA, Joanna; JELONEK, Tomasz. The variability of terpenes in conifers under developmental and environmental stimuli. **Environmental and Experimental Botany**, [S. l.], v. 180, n. May, p. 104197, 2020. ISSN: 00988472. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2020.104197. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104197>.

LIN, Zhibin et al. Effects of Different Biochars on Pinus elliottii Growth, N Use Efficiency, Soil N₂O and CH₄ Emissions and C Storage in a Subtropical Area of China. **Pedosphere**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 248–261, 2017. ISSN: 10020160. DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60314-X. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60314-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60314-X).

LJUNGGREN, Joel; BYLUND, Dan; JONSSON, Bengt Gunnar; EDMAN, Mattias; HEDENSTRÖM, Erik. Antifungal efficiency of individual compounds and evaluation of non-linear effects by recombining fractionated turpentine. **Microchemical Journal**, [S. l.], v. 153, n. October 2019, p. 104325, 2020. ISSN: 0026265X. DOI: 10.1016/j.microc.2019.104325. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104325>.

LOPEZ, Yonny Martinez; GONÇALVES, Fabricio Gomes; PAES, Juarez Benigno; GUSTAVE, Donatian; THEODORO NANTET, Anna Clara; SALES, Tiago Jose. Resistance of wood plastic composite produced by compression to termites *Nasutitermes corniger* (Motsch.) and *Cryptotermes brevis* (Walker). **International Biodeterioration and Biodegradation**, [S. l.], v. 152, n. May, p. 104998, 2020. ISSN: 09648305. DOI: 10.1016/j.ibiod.2020.104998. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.104998>.

LU, Deliang; PILE, Lauren S.; YU, Dapao; ZHU, Jiaojun; BRAGG, Don C.; WANG, G. Geoff. Differential responses of tree species to a severe ice storm and their implications to forest composition in the southeast United States. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 468, n. May, p. 118177, 2020. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118177. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118177>.

MUMM, Roland; HILKER, Monika. Direct and indirect chemical defence of pine against folivorous insects. **Trends in Plant Science**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. 351–358, 2006. ISSN: 13601385. DOI: 10.1016/j.tplants.2006.05.007.

NEIS, Franciele A.; DE COSTA, Fernanda; DE ARAÚJO, Artur T.; FETT, Janette Palma;

FETT-NETO, Arthur G. Multiple industrial uses of non-wood pine products. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 130, n. August 2018, p. 248–258, 2019. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.12.088. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.088>.

PRAKOSO, Tirto; ARDIYANTO, Ilham; HANDOJO, Lienda; HERNAS, Tatang. Heliyon A method to control terpineol production from turpentine by acid catalysts mixing. **Heliyon**, [S. l.], v. 6, n. September, p. e04984, 2020. ISSN: 2405-8440. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04984. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04984>.

RODRIGUES, K. C. S.; AZEVEDO, P. C. N.; SOBREIRO, L. E.; PELISSARI, P.; FETT-NETO, A. G. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* plantations in a subtropical climate: Effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 322–327, 2008. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2007.11.010.

RODRIGUES, Kelly C. S.; FETT-NETO, Arthur G. Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 316–320, 2009. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2009.06.004.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, Aida; LÓPEZ, Rosana; MARTÍN, Juan Antonio; PINILLOS, Felix; GIL, Luis. Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 313, p. 47–54, 2014. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.10.038.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, Aida; MARTÍN, Juan Antonio; LÓPEZ, Rosana; SANZ, Adoración; GIL, Luis. Effect of four tapping methods on anatomical traits and resin yield in Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 86, p. 143–154, 2016. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.03.033. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.033>.

RUBINI, Morandise; FEUILLERAT, Lisa; CABARET, Thomas; LEROYER, Léo; LENEVEU, Luc; CHARRIER, Bertrand. Comparison of the performances of handheld and benchtop near infrared spectrometers: Application on the quantification of chemical components in maritime pine (*Pinus Pinaster*) resin. **Talanta**, [S. l.], v. 221, n. April 2020, 2021. ISSN: 00399140. DOI: 10.1016/j.talanta.2020.121454.

SALVADOR, Vitor Thomé; SILVA, Erickson S.; GONÇALVES, Paulo G. C.; CELLA, Rodrigo. Biomass transformation: Hydration and isomerization reactions of turpentine oil using ion exchange resins as catalyst. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, [S. l.], v. 15, n. October 2019, 2020. ISSN: 23525541. DOI: 10.1016/j.scp.2020.100214.

SIMPSON, John; OSBORNE, David. Performance of seven hardwood species underplanted to *Pinus elliottii* in south-east Queensland. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 233, n. 2–3, p. 303–308, 2006. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.05.021.

TANAKA, Reiko; TOKUDA, Harukuni; EZAKI, Yoichiro. Cancer chemopreventive activity of “rosin” constituents of *Pinus spez.* and their derivatives in two-stage mouse skin carcinogenesis test. **Phytomedicine**, [S. l.], v. 15, n. 11, p. 985–992, 2008. ISSN: 09447113.

DOI: 10.1016/j.phymed.2008.02.020.

TÓRO, Rosa M.; GESSNER, Alaíde A. F.; FURTADO, Niede A. J. C.; CECCARELLI, Paulo S.; DE ALBUQUERQUE, Sérgio; BASTOS, Jairo K. Activity of the *Pinus elliottii* resin compounds against *Lernaea cyprinacea* in vitro. **Veterinary Parasitology**, [S. l.], v. 118, n. 1–2, p. 143–149, 2003. ISSN: 03044017. ISBN: 5516602416. DOI: 10.1016/j.vetpar.2003.08.008.

ULUKANLI, Zeynep; KARABÖRKLÜ, Salih; BOZOK, Fuat; ATES, Burhan; ERDOGAN, Selim; CENET, Menderes; KARAASLAN, Merve Göksin. Chemical composition, antimicrobial, insecticidal, phytotoxic and antioxidant activities of Mediterranean *Pinus brutia* and *Pinus pinea* resin essential oils. **Chinese Journal of Natural Medicines**, [S. l.], v. 12, n. 12, p. 901–910, 2014. ISSN: 18755364. DOI: 10.1016/S1875-5364(14)60133-3. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1875-5364\(14\)60133-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1875-5364(14)60133-3).

WANG, Zanxin; CALDERON, Margaret M.; CARANDANG, Myrna G. Effects of resin tapping on optimal rotation age of pine plantation. **Journal of Forest Economics**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 245–260, 2006. ISSN: 16181530. DOI: 10.1016/j.jfe.2005.10.001.

WILL, Rodney E.; BARRON, Greg A.; BURKES, E. Colter; SHIVER, Barry; TESKEY, Robert O. Relationship between intercepted radiation, net photosynthesis, respiration, and rate of stem volume growth of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different densities. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 154, n. 1–2, p. 155–163, 2001. ISSN: 03781127. ISBN: 1706542682. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00625-3.

YANG, Zhong; JIANG, Zhehui; HSE, Chung Y.; LIU, Ru. Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [S. l.], v. 117, p. 123–127, 2017. ISSN: 09648305. DOI: 10.1016/j.ibiod.2016.12.003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.12.003>.

ZAS, Rafael; QUIROGA, Ricardo; TOUZA, Roberto; VÁZQUEZ-GONZÁLEZ, Carla; SAMPEDRO, Luis; LEMA, Margarita. Resin tapping potential of Atlantic maritime pine forests depends on tree age and timing of tapping. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 157, n. April, 2020 a. ISSN: 09266690. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112940.

ZAS, Rafael; TOUZA, Roberto; SAMPEDRO, Luis; LARIO, Francisco José; BUSTINGORRI, Gloria; LEMA, Margarita. Variation in resin flow among Maritime pine populations: Relationship with growth potential and climatic responses. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 474, n. June, p. 118351, 2020 b. ISSN: 03781127. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118351. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118351>.