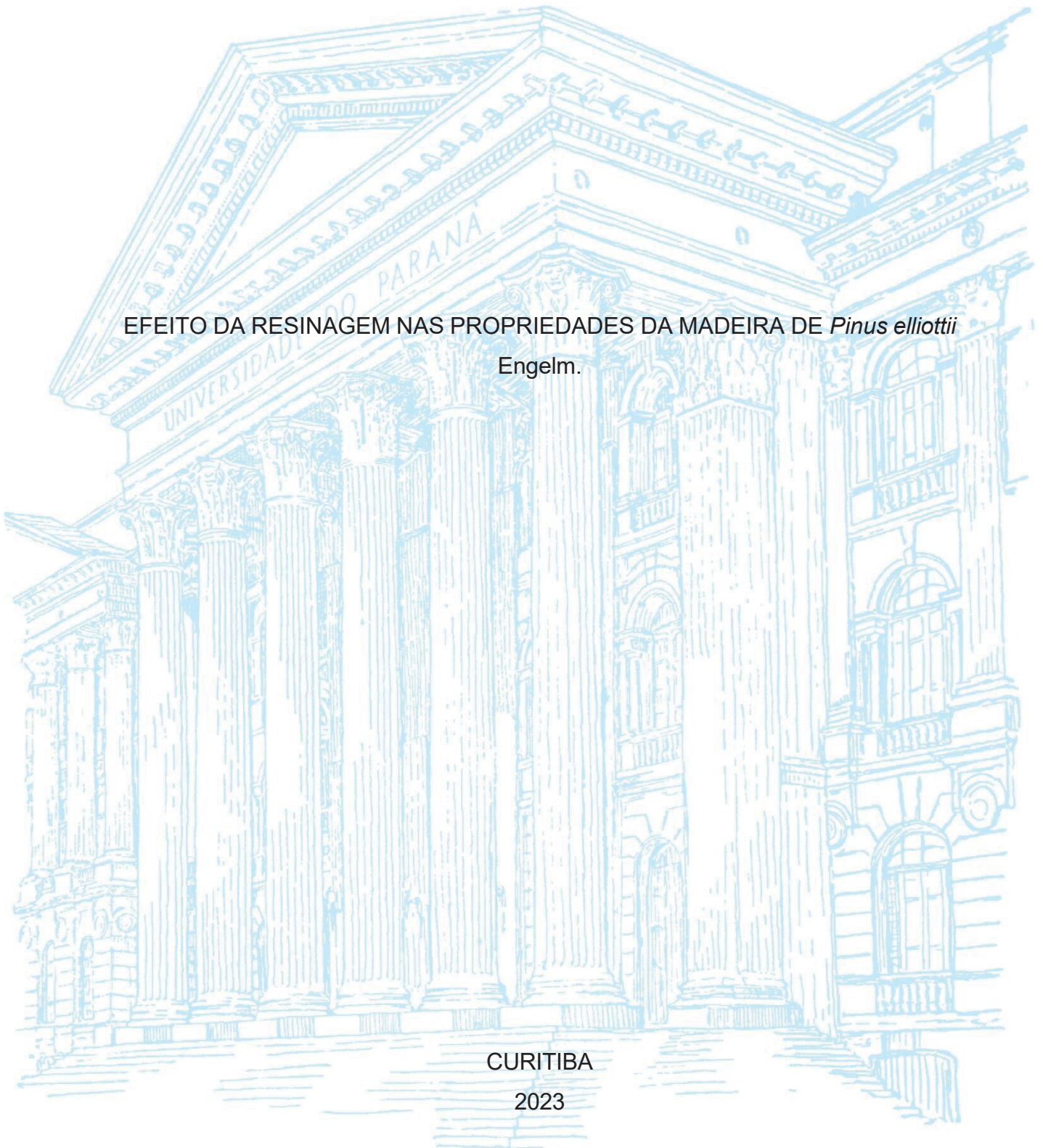


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA LOVISON

EFEITO DA RESINAGEM NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Pinus elliottii*
Engelm.

CURITIBA
2023



GABRIELA LOVISON

EFEITO DA RESINAGEM NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Pinus elliottii*
Engelm.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal. Área de Concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Nisgoski

Coorientadoras:

Profa. Dra. Graciela Inés Bolzon de Muñiz

Profa. Dra. Simone Ribeiro Morrone

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Lovison, Gabriela

Efeito da resinagem nas propriedades da madeira de *Pinus elliottii* Engelm /
Gabriela Lovison. - Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Nisgoski

Coorientadoras: Profa. Dra. Graciela Inés Bolzon de Muñiz

Profa. Dra. Simone Ribeiro Morrone

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa:
Curitiba, 31/08/2023.

1. Resinagem de árvores. 2. Resina de pinheiro. 3. *Pinus elliottii*. 4. Madeira -
Anatomia. 5. Madeira - Química. 6. Madeira - Densidade. 7. Colorimetria.
I. Nisgoski, Silvana. II. Bolzón de Muñiz, Graciela Inés. III. Morrone, Simone
Ribeiro. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD - 633.895

CDU - 634.0.284

634.0.866

634.0.81

630.81



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **GABRIELA LOVISON** intitulada: **Efeito da resinagem nas propriedades da madeira de *Pinus elliottii* Engelm.**, sob orientação da Profa. Dra. SILVANA NISGOSKI, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Agosto de 2023.


SILVANA NISGOSKI

Presidente da Banca Examinadora



MAYARA ELITA BRAZ CARNEIRO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



PATRICIA SOFFIATTI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

*Dedico este trabalho aos meus pais, Lilian e Irio,
E aos meus avós, Deolinda e Artêmio (in memoriam), Marly e Ezio.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer à minha orientadora, Profa. Silvana Nisgoski, por sua dedicação, conhecimento e paciência. Suas sugestões e seus ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico.

Agradeço também à minha família, aos meus pais, minha irmã Valentina e minha tia Ivânia. Em especial, agradeço ao meu noivo Paulo, por ser a minha dupla, pelo amor e apoio constante, agradeço imensamente por estar sempre ao meu lado e por fazer os problemas parecerem tão pequenos, sua presença foi essencial para conclusão desse trabalho. A todos vocês, obrigada por estarem sempre presentes!

Não posso deixar de agradecer a todos os meus “filhotes” que passaram pela minha vida nesse período, em especial ao Raul, meu fiel companheiro.

Agradeço também à minha amiga Andressa, por estar sempre comigo e tornar os dias mais leves e alegres, e, à minha amiga Vanessa, por me acalmar e me incentivar. Pela amizade de vocês, muito obrigada.

Agradeço ao meu comitê de orientação, professora Graciela e professora Simone, como também não posso deixar de agradecer a Eliane, por toda a ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Reginaldo e ao Gura, que cederam o material utilizado nesse estudo.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma maneira, participaram e contribuíram para a conclusão deste estudo. Sem o apoio, amor e compreensão de vocês, nada disso teria sido possível.

Muito obrigada a todos.

RESUMO

A resinagem consiste em um conjunto de operações que são realizadas a fim de extrair resina das árvores. A exploração de resina além de antecipar receitas para o proprietário, é fonte de emprego. Apesar de contar com grandes vantagens ao produtor de madeira, o setor enfrenta diversos problemas, exigindo novas pesquisas para seu desenvolvimento. O objetivo geral do trabalho foi avaliar as alterações na madeira de *Pinus elliottii* causadas pelo processo de resinagem. A madeira foi proveniente de dois plantios de *Pinus elliottii* Engelm, um que realiza extração de resina e o outro que não faz uso da técnica. A caracterização da estrutura macroscópica e microscópica das amostras foi realizada de acordo com as normas da IAWA (2004). Os corpos de prova foram lixados e com uso de uma régua de 1 cm² os elementos foram mensurados. O material dissociado foi produzido pelo método de Franklin (1945). Também foram calculados os índices de qualidade de papel de acordo com Barrichelo e Brito (1979). A molhabilidade foi analisada pela técnica do ângulo de contato, pelo método gota sésil; utilizando um goniômetro foram dispensadas três gotas de 5µL cada de água destilada nos tempos de 5 e 30 segundos. Os dados colorimétricos foram obtidos em um espectrofotômetro Konica Minolta CM-5, com faixa espectral de 350 - 750 nm, (CIE L*a*b* standard). Para análise química foi determinado o teor de extrativos totais, solubilidade em água, solubilidade em NaOH 1%, teor de cinzas e pH. Para análise física foram determinadas as densidades básica e aparente, contração e inchamento volumétrico, assim como coeficiente de anisotropia. Para determinação mecânica, foram obtidos dados de dureza. Foram encontradas diferenças significativas entre a madeira resinada e não resinada em relação às características anatômicas, para o número de anéis por cm², número de canais resiníferos por cm², em relação às dimensões dos traqueoides e para os índices de qualidade do papel. Para ângulo de contato os resultados demonstram a menor molhabilidade da madeira que passa pela extração de resina. Para todos os parâmetros colorimétricos foi encontrada diferença entre os tratamentos, indicando que a madeira resinada possui superfície mais escurecida. Para análise química houve diferença para solubilidade em água quente e em NaOH, como também para os extrativos totais, lado resinado apresentou o maior resultado, para análise do pH, os valores variaram significativamente para todos os tratamentos. Para as propriedades físicas, o processo de resinagem não influenciou nos valores de densidade aparente e básica. Para os resultados de contração e inchamento, a testemunha possui os valores mais baixos.

Palavras-chave: pinus, resinagem, propriedades da madeira.

ABSTRACT

The tapping process consists of a set of operations that are carried out in order to extract resin from the trees. The exploitation of resin, in addition to anticipating revenue for the owner, is a source of employment. Despite having great advantages for the wood producer, the sector faces several problems, requiring new research for its development. The general objective of this work was to evaluate the alterations in *Pinus elliottii* wood caused by the resin process. The wood came from two plantations of *Pinus elliottii* Engelm, one that performs resin extraction and the other that does not use the technique. The characterization of the macroscopic and microscopic structure of the samples was carried out according to the norms of the IAWA (2004). The specimens were sanded and, using a 1 cm² ruler, the elements were measured. The dissociated material was produced by Franklin (1945) method. Paper quality indices according to Barrichelo and Brito (1979) were also calculated. The wettability was evaluated using the contact angle technique with the sessile drop method; using a goniometer, three drops of 5µL of distilled water were dispensed at times of 5 and 30 seconds. Colorimetric data were obtained on a Konica Minolta CM-5 spectrophotometer, with a spectral range of 350 - 750 nm (CIE L*a*b* standard). For chemical analysis, total extractive content, solubility in water, solubility in 1% NaOH, ash content and pH were determined. For physical analysis, the basic and apparent densities, volumetric shrinkage and swelling, as well as the anisotropy coefficient were determined. For mechanical determination, hardness data were obtained. Significant differences were found between resin-treated and non-resin-treated wood in terms of anatomical characteristics, number of rings per cm², number of resin channels per cm², dimensions of tracheid and paper quality indices. For the contact angle, the results demonstrate the lower wettability of the wood that undergoes resin extraction. For all colorimetric parameters, a difference was found between treatments, indicating that resin-treated wood has a darker surface. For chemical analysis there was difference for solubility in hot water and in NaOH, as well as for the total extractives, resin side presented the highest result, for pH analysis, the values varied significantly for all treatments. For physical properties, resin extraction did not influence apparent and basic density values. For contraction and swelling results, trees without resin extraction had the lowest values.

Keywords: Pine, tapping, wood properties.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXTRAÇÃO DE RESINA: A) MÉTODO COVAS; B) MÉTODO CAIXAS; C) MÉTODO HUGUÊS; D) MÉTODO PORTUGUÊS	20
FIGURA 2 – EXTRAÇÃO DE RESINA PELO MÉTODO ALEMÃO (A) E AMERICANO EM CORTES PARALELOS (B) E EM FORMATO DE V (C)	21
FIGURA 3 – SISTEMA FECHADO PARA EXTRAÇÃO DE RESINA	22
FIGURA 4 – PREÇO MÉDIO DA RESINA DE <i>Pinus elliottii</i> NOS ANOS DE 2020 A 2023	26
FIGURA 5 - ILUSTRAÇÃO DAS ÁRVORES UTILIZADAS NO TRABALHO.....	33
FIGURA 6 - ESQUEMA DA RETIRADA DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES	33
FIGURA 7 – ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA NO VISÍVEL DA SUPERFÍCIE RADIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>P. elliottii</i> COMPARANDO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA PARA AS POSIÇÕES MEDULA, CASCA E INTERMEDIÁRIO.....	54
FIGURA 8 – ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA NO VISÍVEL DA SUPERFÍCIE TANGENCIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii</i> COMPARANDO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA PARA AS POSIÇÕES MEDULA, CASCA E INTERMEDIÁRIO.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) DE CADA ÁRVORE.....	32
TABELA 2 – ANÁLISES E NORMATIZAÇÃO.....	37
TABELA 3 – FREQUÊNCIA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO E CANAIS RESINÍFEROS DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> ANALISANDO A VARIAÇÃO MEDULA – CASCA ENTRE LADO RESINADO, LADO NÃO RESINADO E TESTEMUNHA.....	41
TABELA 4 – ANÁLISE DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO E DA PROPORÇÃO DE LENHO INICIAL E DE LENHO TARDIO DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS DIFERENTES TRATAMENTOS, LADO RESINADO, LADO NÃO RESINADO E TESTEMUNHA.....	42
TABELA 5 – DIMENSÕES MÉDIAS DOS TRAQUEOIDES DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS, LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	43
TABELA 6 – ÍNDICES MÉDIOS INDICATIVOS DA QUALIDADE DO PAPEL PARA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii</i> EM ANÁLISE AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	45
TABELA 7 – ÂNGULO DE CONTATO DA SEÇÃO TANGENCIAL DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> ANALISANDO O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA, E A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA.....	47
TABELA 8 – ÂNGULO DE CONTATO DA SEÇÃO RADIAL DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> ANALISANDO O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA, E A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA.....	48
TABELA 9 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE RADIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO À VARIAÇÃO MEDULA-CASCA E AOS	

TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	50
TABELA 10 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE TANGENCIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii elliottii</i> EM RELAÇÃO À VARIAÇÃO MEDULA-CASCA E AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	51
TABELA 11 – VARIAÇÃO TOTAL DA COR DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE <i>Pinus elliottii</i> EM COMPARAÇÃO COM A TESTEMUNHA.....	53
TABELA 12 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	56
TABELA 13 – DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	58
TABELA 14 – DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA	59
TABELA 15 – CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	60
TABELA 16 – INCHAMENTO VOLUMÉTRICO DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	61
TABELA 17 – ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	62
TABELA 18 – DUREZA ROCKWELL F DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i> EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGEFLOR	- Associação Gaúcha de Empresas Florestais
ARESB	- Associação dos Resinadores do Brasil
DAP	- Diâmetro à altura do peito
IAWA	- <i>International Association of Wood Anatomists</i>
IBÁ	- Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
TAPPI	- <i>Technical Association of Pulp and Paper Industry</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. RESINAGEM.....	17
3.2. RESINA.....	18
3.3. EXTRAÇÃO DE RESINA	19
3.4. FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DE RESINA.....	23
3.5. RESINAGEM NO BRASIL.....	25
3.6. PROPRIEDADES DA MADEIRA APÓS EXTRAÇÃO DE RESINA.....	27
3.7. <i>Pinus elliottii</i> ENGELM	28
3.8. MOLHABILIDADE	29
3.9. DENSIDADE	30
3.10. COLORIMETRIA.....	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 ANÁLISE ANATÔMICA.....	34
4.2 DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO.....	35
4.3 COLORIMETRIA	36
4.4 ANÁLISE QUÍMICA.....	37
4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS	37
4.6 DUREZA	39
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 ANÁLISE ANATÔMICA.....	41
5.2 ÂNGULO DE CONTATO.....	47
5.3 COLORIMETRIA	49
5.4 ANÁLISE QUÍMICA.....	55
5.5 PROPRIEDADES FÍSICAS	58
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7. RECOMENDAÇÕES	65
REFERÊNCIAS	66

1. INTRODUÇÃO

A área ocupada por florestas plantadas no Brasil vem crescendo consideravelmente a cada ano, a fim de suprir a demanda interna e externa por madeira. Basicamente, essas áreas são compostas por duas principais espécies, pinus e eucalipto, sendo que este último se destaca com os maiores volumes de áreas plantadas no Brasil (IBÁ, 2022).

Os plantios de pinus estão em sua maioria concentrados na região sul. De acordo com a Associação dos Resinadores do Brasil (ARESB, 2017), os plantios de pinus no país estão em fase de corte raso e nenhuma atitude foi tomada para sustentar o maciço florestal implantado ainda na década de 60. Em contrapartida, o eucalipto ganha cada vez mais espaço, com pesquisas e tecnologias que possibilitam alta produtividade, deixando os plantios de pinus em segundo plano.

Conforme pode ser observado nos recentes relatórios fornecidos pelo IBÁ (2022), a produção de pinus vem diminuindo, porém, a procura pela madeira se mantém, como por exemplo, o aumento de 6% no volume na exportação de madeira serrada de pinus. Além dos mais conhecidos produtos derivados do pinus, como papel e celulose, madeira para construção civil, carvão vegetal, móveis e laminação, existe a possibilidade de se extrair resina.

A resinagem do *Pinus elliottii* é realizada ainda na árvore viva e o produto desta atividade é utilizado para obtenção de breu e terebintina, produtos utilizados como matéria-prima na confecção de tintas, vernizes, cosméticos, esmaltes, entre outros. A exploração de resina além de antecipar receitas para o proprietário, é fonte de emprego, a técnica também possui o diferencial de não possuir grande horizonte de amortização do investimento como outras atividades florestais (FERREIRA, 2001).

Apesar de contar com grandes vantagens ao produtor de madeira, a técnica é vista como uma atividade danosa para o rendimento da madeira, e que acarreta no aumento da densidade, dificultando o desdobro (IPEF, 1978; GARRIDO et al., 1998), em decorrência dos problemas que o setor enfrenta, novas pesquisas são essenciais para o desenvolvimento da resinagem.

Cademartori et al. (2012) citam a relevância econômica da resinagem, sendo constituída como uma atividade secundária e rentável de aproveitamento de floresta plantada, ainda de acordo com os autores, a resinagem pode influenciar em vários

aspectos qualitativos da madeira, tornando necessário estudos deste material, a fim de abrir espaço no mercado a produtos oriundos de florestas resinadas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi avaliar as alterações na madeira de *Pinus elliotii* Engelm causadas pelo processo de resinagem.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para a caracterização da madeira após o processo de resinagem, definiu-se como objetivos específicos:

- Avaliar a variação dimensional dos caracteres anatômicos de *Pinus elliotii* em indivíduos resinados e não resinados;
- Avaliar a variação colorimétrica do material;
- Analisar comparativamente a composição química básica da madeira resinada e não resinada;
- Determinar a densidade, contração e inchamento volumétrico, coeficiente de anisotropia e dureza do material resinado e não resinado.
- Descrever alterações na higroscopicidade da madeira através do ângulo de contato.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. RESINAGEM

A resinagem consiste em um conjunto de operações que são realizadas a fim de extrair resina das árvores, a partir da abertura de estrias que fazem com que a exsudação ocorra (ARESB, 2015).

Citada desde a antiguidade, a literatura expõe a utilização da resina pelo povo egípcio, que utilizavam o material para embalsamento de cadáveres. Na Idade Média, em Portugal, a resina foi utilizada como vedação dos navios, e na Grécia, houve utilização do breu para desenvolvimento de armas (RODRÍGUEZ-GARCIA et al., 2016).

No século XIX, o uso da resina nos navios foi substituído pelo uso de metal, mas com o avanço tecnológico, novas possibilidades de uso surgiram; a importância do material era tão grande, que o próprio rei de Portugal nomeou um comitê para estudar a resina de pinus (DUARTE, 2016).

Durante os séculos XIX e XX o foco de produção de resina acontecia nos Estados Unidos, com o passar dos anos acabou migrando para a França, e mais tarde para o restante da Europa. A resinagem exige alta demanda de mão-de-obra, sendo este um dos principais custos da operação, e esse fator fez com que grandes economias perdessem espaço para países subdesenvolvidos, como China, Brasil e Indonésia (SOLIÑO et al., 2018).

A China detém 60% de toda a produção de goma resina do mundo, e é responsável pela comercialização de 50% da resina vendida. A produção dos últimos anos no país atingiu 0,6 milhões de toneladas, utilizando o *Pinus elliottii* como principal fonte de matéria-prima (YI et al., 2021).

A China, mesmo sendo o maior produtor de resina no mundo, está em meio a dificuldades de manter a extração de resina sustentável e saudável economicamente, devido ao baixo rendimento por unidade produtora, gerando baixa lucratividade para as plantações (YI et al., 2021).

3.2. RESINA

A resina é um líquido viscoso inflamável de cor amarelada e de cheiro forte (SILVA JÚNIOR et al., 2021), composta principalmente por α e β -pineno (MISSIO et al., 2015). A resina é um exsudato vegetal, produzida pelas células epiteliais que delimitam os canais resiníferos, composta por ácidos resínicos, ácidos graxos, ésteres ácidos, esteróis, álcoois, ceras e resenos (mistura contendo carbono, hidrogênio e oxigênio, além de compostos resistentes a álcalis) (CABRITA, 2018).

É uma substância para sustentação e proteção da árvore, podendo escorrer a partir de um ferimento, como a retirada de sua casca (CARVALHO; GODINHO; MOREIRA, 2018). É uma substância natural, produzida principalmente por coníferas, e comercializada mundialmente a partir de espécies de pinus.

As coníferas contam com a resina como uma primeira barreira para se proteger de insetos, que neste momento atua como defesa química e mecânica, que ao exsudar pela casca forma um bloqueio físico, pois, quando exposta à atmosfera, as substâncias voláteis que compõe a resina evaporam, e a parte composta por ácidos polimerizam, selando o local (RISSANEN et al., 2021; RODRIGUES et al., 2008).

No passado era utilizada no tratamento de inflamações e para tosse, atualmente, estudos mostram que a resina possui funções biológicas e farmacológicas, como por exemplo, apresentando propriedades anti-inflamatórias e antibacterianas (YANG et al., 2017).

A resina extraída do pinus tem importância social e econômica (MEDEIROS et al., 2017); os produtos oriundos da resina são grandes fontes de terpenos, e a parte sólida é chamada de breu (diterpenos). O breu corresponde à parte não volátil da resina, tem aspecto vítreo e quebradiço, com coloração âmbar. A fração líquida é denominada de terebintina, se trata da fração volátil, constituída por mono e sesquiterpenos, e por vezes substâncias não terpênicas (LIMA et al., 2016; SILVA JÚNIOR, 2018).

Após o processamento, a quantidade de breu representa cerca de 80% da resina, enquanto o percentual de terebintina é em torno de 20% (SALVADOR et al., 2020). Ambos são matéria-prima para indústrias, utilizados na produção de colas, vernizes, tintas, na indústria farmacêutica, gomas de mascar, entre outras coisas (CARVALHO; GODINHO; MOREIRA, 2018).

Para a separação do breu e da terebintina o processo realizado é o de destilação. Basicamente, a resina passa por um tratamento com ácido oxálico para que ocorra a precipitação de ferro do produto. Após, ocorrem as etapas de filtração, decantação e destilação para obtenção do breu. A seguir, a matéria-prima é condensada, resfriada, e após a cristalização se obtém a terebintina (SILVA JÚNIOR; OLIVEIRA; LOPES, 2020).

Silva et al. (2019) analisaram as propriedades antibacterianas da resina de *Pinus elliottii* e *Pinus tropicalis* contra agentes cariogênicos. Os resultados obtidos no estudo foram positivos, e de acordo com os autores, o trabalho serve como base de incentivo para novas pesquisas com o uso da resina do pinus.

De acordo com Yi et al. (2021), a resina de pinus possui mais de 400 opções de uso, como para produção de papel, sabão, tintas, borrachas, adesivos, dispositivos eletrônicos, na indústria alimentícia, em máquinas, defensivos, entre outros.

3.3. EXTRAÇÃO DE RESINA

De acordo com Rodrigues et al. (2008), a extração de resina ocorre em plantios de árvores adultas, e o DAP para início da extração varia conforme a região, podendo ocorrer quando as árvores atingem 20 cm, e em alguns lugares o limite pode passar para 25 cm de DAP. De acordo com a ARESB (2015), o DAP mínimo para resinagem em *Pinus elliottii* está entre 15 e 16 cm.

Após selecionadas as árvores para extração com base em seus diâmetros, a próxima etapa é a de raspagem da casca, após, o recipiente coletor é instalado, e por fim é realizada a abertura do corte seguida da aplicação da pasta estimulante (ARES B, 2015).

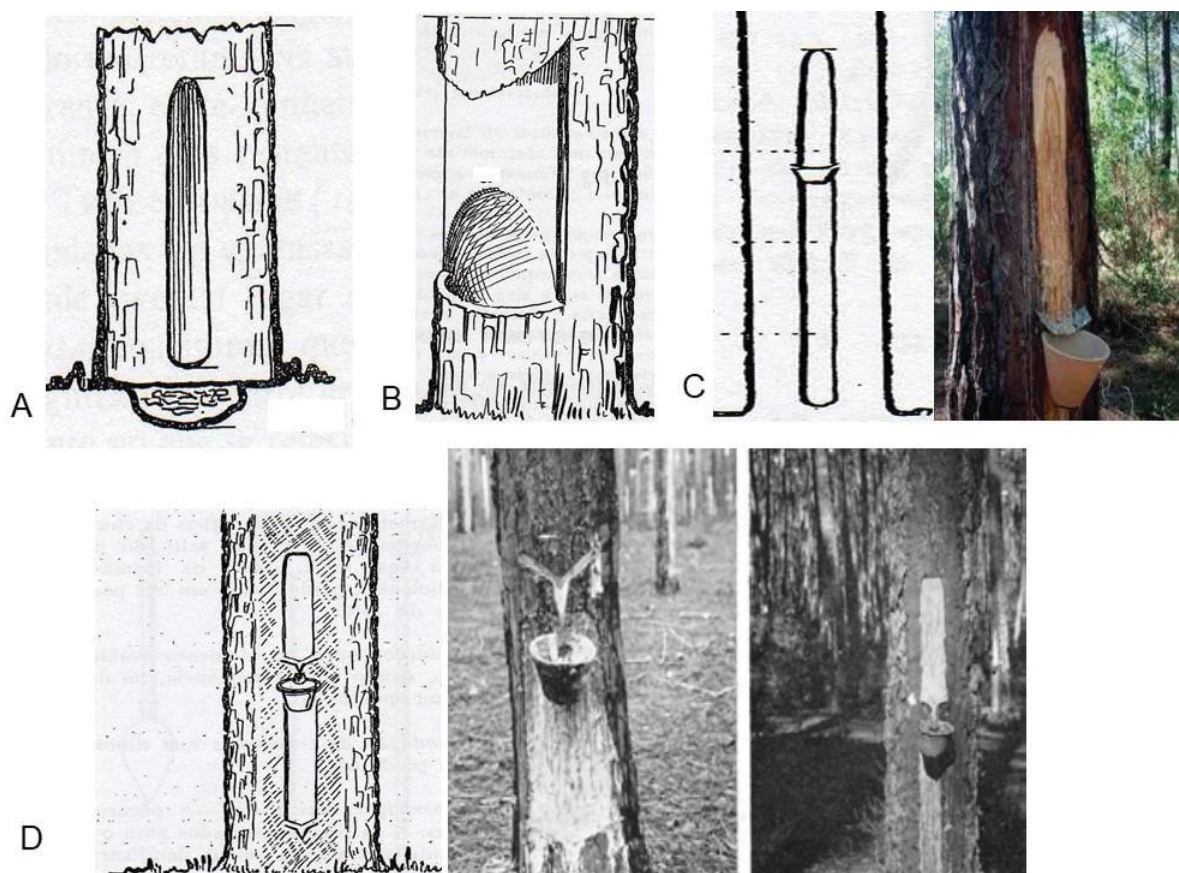
No momento da extração é importante se atentar à profundidade do corte em relação ao alburno, pois, para o sucesso da operação é necessário que o alburno continue capaz de responder aos estímulos naturais (CANDATEN et al., 2021). Ainda de acordo com os mesmos autores, a extração de resina possui uma linha histórica que pode ser vista em três momentos, 1º momento, com uso do sistema Primitivo, 2º momento, com o sistema Sem Estimulantes e o 3º momento, conhecido como sistema Com Estimulantes.

O sistema primitivo não considerava o aproveitamento da madeira após a extração de resina, e dois métodos eram aplicados, de Covas (Figura 1A) e de Caixas

(Figura 1B), e ambos utilizavam a própria árvore para armazenar a resina, com realização de aberturas profundas (DUARTE, 2016).

O segundo momento foi marcado pelo avanço da técnica com o uso de recipientes para armazenamento, não mais prejudicando o aproveitamento de madeira. O método Huguês (Figura 1C) se baseava na utilização de um elemento de metal que escoava a resina para outro recipiente que a armazenava (MUÑOS, 2006). O método Português (Figura 1D) consistia em realizar cortes descontínuos, com uma distância de até 10 cm entre as estrias (DUARTE, 2016).

FIGURA 1 – EXTRAÇÃO DE RESINA. A) MÉTODO COVAS; B) MÉTODO CAIXAS; C) MÉTODO HUGUÊS; D) MÉTODO PORTUGUÊS.

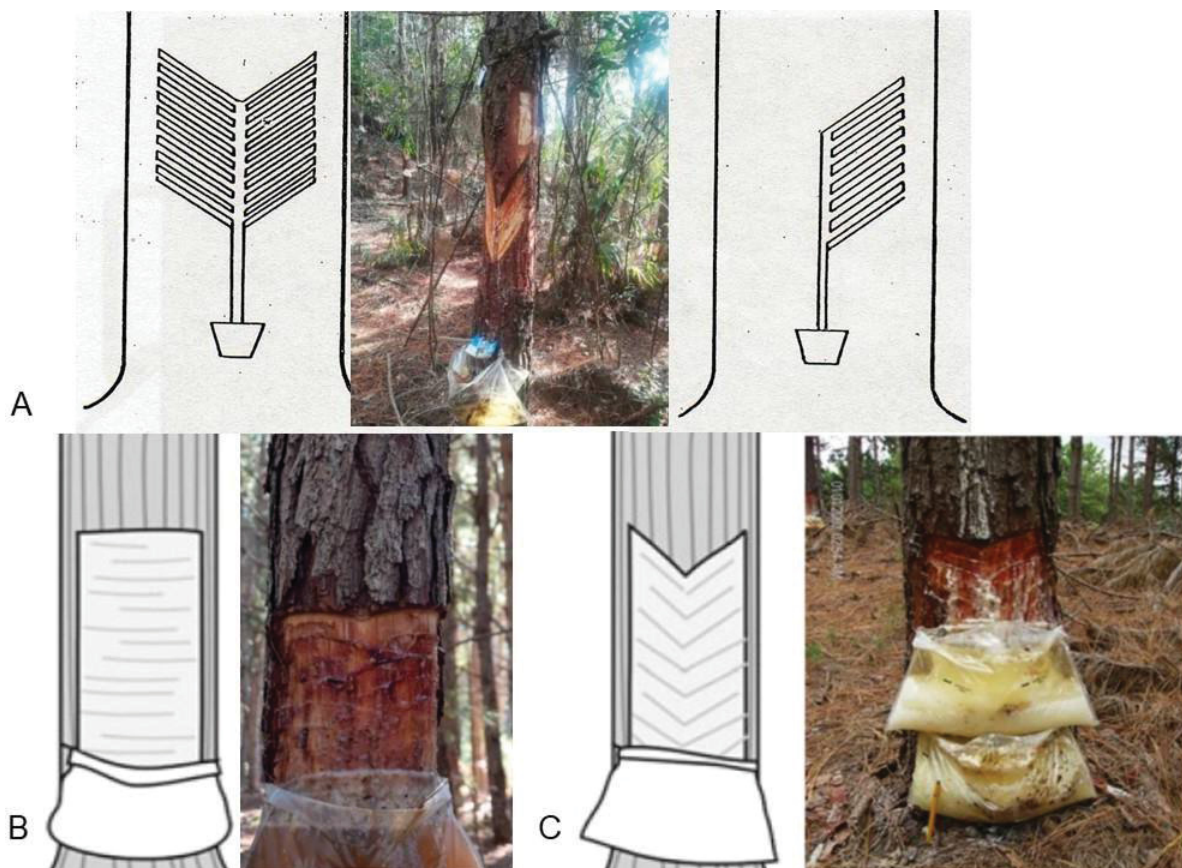


FONTE: DOMINGUES (1948) apud DUARTE (2016); CANDATEN et al. (2021).

O terceiro momento é evidenciado pelo uso dos estimulantes químicos, que permitem que apenas a casca seja retirada da árvore (CANDATEN et al., 2021). O método Alemão (Figura 2A) pulverizava uma solução ácida nas estrias de extração. Com base no método Alemão, o método Americano (Figura 2B, 2C) aperfeiçoou a solução ácida utilizada como estimulante (DUARTE, 2016), possibilitou o aumento de

produção de resina, com menor necessidade de mão-de-obra, garantindo melhores ganhos ao produtor (RODRÍGUES-GARCÍA et al., 2016).

FIGURA 2 – EXTRAÇÃO DE RESINA PELO MÉTODO ALEMÃO (A) E AMERICANO EM CORTES PARALELOS (B) E EM FORMATO DE V (C).



FONTE: DOMINGUES (1948) apud DUARTE (2016); RODRIGUES-CORRÊA; LIMA; FETT-NETO (2012); CANDATEN et al. (2021).

Atualmente, o método Americano é também conhecido como método convencional ou sistema aberto e é a principal forma utilizada para extração de resina (OLIVEIRA et al., 2019). O método consiste na raspagem da casca para preparação da árvore, e posteriormente são feitos os cortes no painel de resinagem, que apresentam em média de 18 a 22 cm de comprimento e em média de 2 cm de largura (FUSATTO et al., 2013).

Para os cortes existem o estriador comum, ferramenta cortante de base reta, e o estriador de bico, que tem formato de “V”. Uma forma bastante difundida é de iniciar os cortes de forma paralela, até a 3ª safra e a partir seguir com cortes em “V” (ARES, 2015). Abaixo dos cortes são posicionados os recipientes, que podem ser sacolas ou potes plásticos para coletar a resina. Estimulantes são utilizados nas estrias, e

normalmente novas estrias são feitas a cada 15 dias, para manter o fluxo da resina (YI et al., 2021; ARESB, 2015).

Durante a exsudação da resina, parte do material não escoa até o recipiente de armazenagem e fica grudada no painel, nesses casos é necessário que seja feita a raspagem de goma com uso do raspador. Para árvores de *P. elliotii* é recomendado que essa raspagem seja feita uma vez ao ano (ARESB, 2015).

Além do sistema aberto, outro método é o sistema fechado (Figura 3), que consiste em se fazer um furo de 12 cm com auxílio de uma furadeira, após, a pasta estimulante é borrifada no orifício, e neste, deve ser posicionado um tubete plástico ou sacos plásticos (AOKI; CRUZ, 1998; MENDES, 2021).

Estudando o sistema fechado, observa-se que o método apresenta as vantagens de obter uma resina mais limpa, sem impurezas, redução da mão-de-obra necessária e garantir maior longevidade à árvore (AOKI; CRUZ, 1998).

FIGURA 3 –SISTEMA FECHADO PARA EXTRAÇÃO DE RESINA.



Fonte: AOKI; CRUZ (1998).

Oliveira et al. (2019) comparando os sistemas aberto e fechado, notaram que em relação ao tempo de instalação, o sistema aberto é muito mais rápido, mas em relação à manutenção, o sistema fechado se sobressai, necessitando de manutenção apenas a cada 3 meses, enquanto no aberto a manutenção deve ser feita a cada 15 dias.

Tanto o sistema aberto como o fechado fazem uso das pastas estimulantes. De acordo com Fusatto (2006), as pastas estimulantes atuam nas células epiteliais que envolvem os canais resiníferos, e provocam uma contração da parede celular que resulta no aumento do lume dos canais resiníferos, contribuindo para a saída da resina.

A composição das pastas estimulantes se baseia em dois componentes químicos, o ácido sulfúrico e um precursor do etileno, chamado de ácido 2-cloroetilfosfônico, CEPA, sendo este último, o componente mais caro da pasta estimulante. A pasta é utilizada na superfície do corte para aumentar o fluxo e prolongar o período de exsudação (RODRIGUES et al., 2008).

Liu et al. (2021) ao estudarem a produção de resina do *Pinus elliottii* x *P. caribaea*, notaram que o uso de pastas estimulantes possibilitou aumento no rendimento do produto em cerca de 4,5 a 5,4 vezes. Os autores ainda observaram que ao cessar o uso de estimulante nas estrias o rendimento de resina dessas árvores caiu consideravelmente, uma diminuição de 25,1 a 44,5% menor do que as árvores que nunca haviam recebido aplicação de estimulantes.

A principal preocupação em relação ao uso das pastas estimulantes é devido ao componente CEPA que faz com que a operação tenha alto custo, em alguns locais o valor aplicado na compra das pastas chega a ser maior que os gastos com mão de obra (LIU et al., 2021).

Além do método de extração, é importante observar a etapa de coleta da resina. Por vezes esse processo não conta com um padrão nos plantios, e em consequência a resina acaba sendo comercializada com substâncias indesejadas, como terra ou pedaços de casca e isso interfere no valor de comercialização do produto (SILVA JÚNIOR et al., 2021).

3.4. FATORES QUE INFLUENCIAM NA PRODUÇÃO DE RESINA

A quantidade de resina que flui de uma lesão na árvore, assim como a velocidade do escoamento varia entre as espécies do gênero pinus, sofrendo interferência da genética da árvore, tamanho, crescimento e idade dos indivíduos, como também pode ser influenciada por variáveis ambientais, como a disponibilidade de água e temperatura do local (RISSANEN et al., 2021; NEIS et al., 2019).

Em uma revisão sobre resinagem em pinus, López-Álvarez, Zas e Marey-Perez (2023), citam artigos que descrevem diversos fatores que influenciam na produção de resina, entre eles:

- Fertilidade do solo, que interfere no crescimento da planta, e em consequência no metabolismo da planta;
- Fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa e ocorrência de chuvas. Quanto mais frio o ambiente, menor será a capacidade de escoamento da resina;
- Idade da árvore, que está relacionada ao seu desenvolvimento vegetal;
- Dimensão da planta, a produção de resina está correlacionada ao diâmetro da árvore, altura e copa;
- Sanidade das plantas, uma questão de grande importância, e está relacionada ao vigor da árvore;
- Composição genética, devido ao fato que a produção de resina é um fator hereditário;
- Operações mecânicas, o manejo do plantio e das operações da resinagem podem, se executadas de maneira inadequada, prejudicar de forma extrema a produção de resina.

De acordo com Fusatto (2006), a temperatura é o fator climático mais importante para produção de resina, sendo que temperaturas mais baixas levam à cristalização da resina ainda nos canais resiníferos. A temperatura também foi estudada por Popp, Johnson e Massey (1991), os autores observaram aumento de produção de resina em ambientes com maior temperatura, e quando comparado a um ambiente com elevada precipitação e alta umidade relativa, levaram a uma menor produção de resina.

Yi et al. (2021), ao estudarem o comportamento da resina de *Pinus elliottii* em plantios na China, notaram que o maior fluxo de resina acontece em meses de maior temperatura, enquanto no inverno os valores observados foram em torno de 33% menores. Além da baixa temperatura, a menor ocorrência de chuva no inverno também pode ter influenciado os resultados obtidos.

Estudo semelhante conduzido no Brasil, revelou que meses de maior temperatura possibilitam maior rendimento de resina, concluindo que a temperatura

tem mais influência sobre a capacidade de produção do que a precipitação (RODRIGUES; FETT-NETO, 2009). Ainda de acordo com o mesmo estudo, durante o inverno da região Sul do Brasil a solução é fazer uso de pastas estimulantes, para se obter quantidades satisfatórias de resina.

A resina, por ser produto do sistema fisiológico da árvore, será também afetada pelos fatores que influenciam o crescimento da planta (ABDILLAH; MUHARYANI; NAIEM, 2020). Sukarno et al. (2015) relatam que a produtividade de resina aumentou significativamente da 3ª para a 4ª idade, corroborando com a ideia de que o crescimento da árvore afeta a produção de resina, assim como Michavila et al. (2020), que notaram que o diâmetro da árvore interfere na quantidade de resina produzida, e que árvores mais grossas geram maior produção.

3.5. RESINAGEM NO BRASIL

A atividade florestal brasileira apresenta grande variedade de produtos, compreende desde o uso da madeira serrada, transformação para celulose e papel, fabricação de painéis, utilização como energia, além dos produtos não madeireiros (MOREIRA; OLIVEIRA, 2017).

Os plantios de pinus no Brasil ganharam força na década de 60, a partir da lei de incentivos fiscais. Atualmente as plantações do gênero somam 1,93 milhão de hectares, e 88,9% dos plantios de pinus estão concentrados na região Sul, sendo o Paraná e Santa Catarina os maiores produtores (IBÁ, 2022).

Durante a década de 70 a resinagem foi introduzida no Brasil, e em 1989 o país já alcançava a posição de exportador do produto. A técnica possibilita antecipar receita para o proprietário da floresta além de contribuir na geração de empregos, pois a extração de resina exige elevada quantidade de mão-de-obra (FIGUEIREDO FILHO et al., 1992).

Segundo o IBGE (2019), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de resina, e, de acordo com dados da ARESB (2023), a produção nacional de resina de pinus é de cerca de 240 mil toneladas/ano. Ainda segundo acompanhamento da ARESB, nos últimos 20 anos a produção de resina é crescente, devido às dificuldades de produção da China e a disponibilidade de pinheiros e mão-de-obra no Brasil.

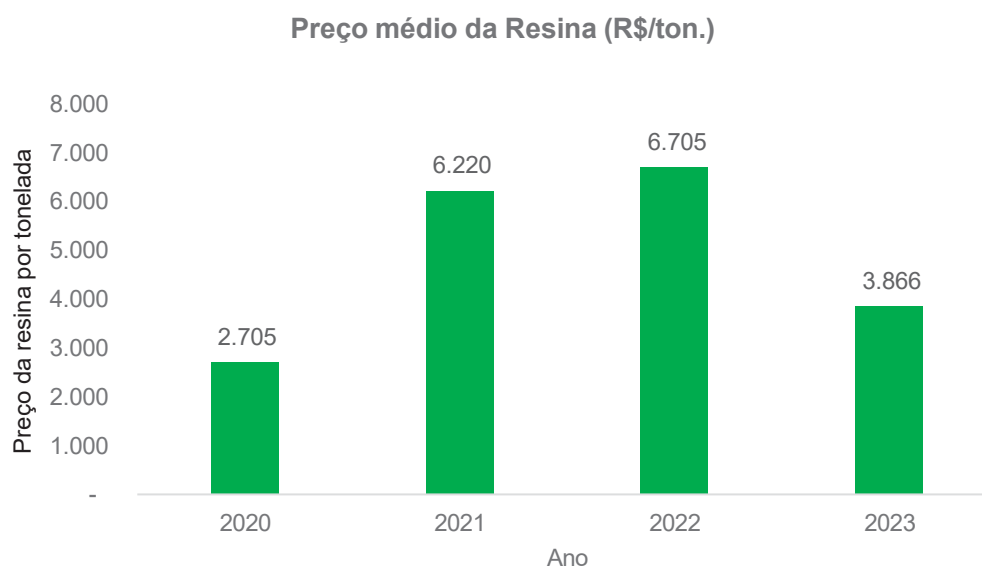
Somado a esses fatos, Candaten et al. (2021) citam as ações realizadas de melhoramento genético e melhoria nas técnicas de produção. Entretanto, de acordo

com a ARESB (2023), o ritmo atual de produção de resina não é algo sustentável para a economia brasileira, uma vez que se projeta escassez de florestas de pinus e maior dificuldade para encontrar a mão-de-obra necessária.

Os maiores produtores de resina do país são, São Paulo, em segundo lugar o Rio Grande do Sul, seguido pelo Paraná. Em 2021 o Brasil exportou 31.600 toneladas de resina, representando US\$ 39,3 milhões e os principais destinos da resina brasileira são Portugal, Vietnã e China (ARESBS, 2023).

A resina é uma *comoditie* agroindustrial, e seu preço é regulado pelo mercado, o que leva a uma variação ao longo dos anos. Em relação ao preço médio do produto, o mercado passou pelo aumento de valores durante 2021 e 2022, porém em 2023 o preço médio de comercialização está mais baixo (Figura 4) (AGEFLOR, 2022; ARESB, 2023).

FIGURA 4 – PREÇO MÉDIO DA RESINA DE *Pinus elliottii* NOS ANOS DE 2020 A 2023.



FONTE: ARESB (2023).

A informação a respeito da resinagem não representa sua importância na indústria madeireira brasileira. Há pouco conhecimento sobre o tema, o que dificulta soluções de problemas do cotidiano (MARCELINO, 2004). Apesar da força do setor de produtos resinosos, ainda existe muito a se investir e se estudar para que nos próximos anos o setor atinja um patamar de alta performance (SILVA JÚNIOR et al., 2021).

3.6. PROPRIEDADES DA MADEIRA APÓS EXTRAÇÃO DE RESINA

Na literatura, os resultados descritos em relação à influência da resinagem no crescimento das árvores são divergentes. Enquanto alguns autores verificaram impactos negativos da técnica (CHEN, 2015), outros estudos relatam que a resinagem não proporcionou qualquer impacto no crescimento da árvore (van der MAATEN et al., 2017).

A abertura de estrias na madeira com o objetivo de extrair resina leva à diminuição de seiva elaborada que é conduzida na árvore, e isso pode contribuir em possíveis consequências nas propriedades da madeira (Rincoski, 1994).

Zeng et al. (2021) observaram que o crescimento dos anéis foi menor nas árvores exploradas, mas esse efeito durou apenas por dois anos, e os autores sugerem mais estudos a fim de se obter informações concretas sobre o assunto. Zaluma et al. (2022) comentam que a resinagem não apresentou influência significativa em relação à saúde e vitalidade nos plantios de *Pinus sylvestris*, estudados, sendo os resultados favoráveis para o incentivo da prática.

As árvores com maior produção de resina possuem maior número de canais axiais, os quais também são maiores do que em árvores de menor produção, e a relação α -pineno/ β -pineno é menor em árvores mais produtivas, as quais também apresentam mais limoneno nos terpenos totais quando comparado àquelas de menor rendimento (NEIS et al., 2019). A estrutura do canal, transporte de resina, cristalização e viscosidade da resina afetam o fluxo e podem explicar a diferença entre as espécies (CABRITA, 2018).

Outra característica observada após a operação de resinagem, é o aumento da ocorrência de bolsas de resina, principalmente nas toras basais das árvores, resultando na classificação da madeira serrada em classes inferiores (CADEMARTORI et al., 2012).

Rodríguez-García et al. (2016) notaram que após a resinagem houve alteração na largura do anel de crescimento, diminuindo nas árvores resinadas, além disso, a frequência de canais resiníferos aumentou nas árvores resinadas.

Missio et al. (2015), obtiveram maiores valores de densidade aparente na madeira resinada de *P. elliottii*, tanto no lenho juvenil como no adulto. Os mesmos autores também estudaram a influência da resinagem sobre a velocidade de

propagação de ondas, que diminuiu nos corpos de provas resinados, evidenciando que a resina diminui essa velocidade.

Tomaselli et al. (1981), citado por Figueiredo Filho (1991) concluíram que a resinagem não influenciou na densidade e na contração da madeira, mas para flexão estática e compressão paralela, a madeira resinada apresentou resultados menores. Os mesmos autores também relatam que a aparência da madeira sofreu alteração pela resinagem, com a formação de manchas, interferindo no preço de comercialização do produto.

Em seu trabalho com *P. elliotii* resinado, Rincoski (1994) conclui que a técnica apresentou os seguintes efeitos: i) diminuição na porcentagem de lenho tardio na altura do painel de resinagem; ii) aumento do número de canais resiníferos; iii) redução do comprimento dos traqueóides; iv) redução nos coeficientes de retratibilidade radial, tangencial e volumétrico.

De acordo com Fusatto (2006), as árvores resinadas de pinus podem sofrer algumas anomalias em função da instalação de pragas e doenças, mas quando a resinagem é feita seguindo boas práticas, o risco dessas plantas sofrerem com esse tipo de dano é menor, sendo mais propenso acontecer com árvores que tiveram o alburno mais exposto.

3.7. *Pinus elliotii* ENGELM

O *Pinus elliotii* possui madeira branca-amarelada de densidade baixa, e com boa trabalhabilidade, apresenta facilidade para aplinar, desdobrar, lixar, colar e permite bom acabamento. Sua madeira é amplamente destinada para o processamento mecânico, utilizada desde a construção civil, fabricação de móveis, como também para produção de celulose, papel e extração de resina (AGUIAR; SOUZA; SHIMIZU, 2014; IPT, 2018).

Originária dos Estados Unidos é a espécie mais utilizada para produção de resina no país, por ser mais fluida e não formar crostas endurecidas, quando comparada a outras espécies do gênero. Foi introduzida na década de 60 no Brasil e atualmente é considerada espécie padrão para extração de resina. Apresenta plantios no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e no Sudoeste paulista devido ao clima predominante ser subtropical e temperado (MARCELINO, 2004).

De acordo Godinho et al. (2018), todas as espécies de *Pinus sp.* são resinosas, algumas mais e outras menos; o *Pinus elliottii* apresenta goma resina de grande aceitação no mercado por possuir alta concentração de pineno, enquanto o *Pinus caribaea*, também utilizado na extração de resina, não possui a mesma constituição e propriedades do *Pinus elliottii*.

Em relação às características anatômicas da madeira de *Pinus elliottii*, Trevisan et al. (2014) observaram que o comprimento dos traqueoides conta um padrão de crescimento no sentido medula-casca, encontrando valores de 1.401 a 3.442 μm , Muñiz (1993) notou que o ponto máximo de comprimento dos traqueoides tanto de *Pinus taeda*, como do *Pinus elliottii* é de até 50% da altura comercial da árvore e Andrade (2006), aponta que a largura dos traqueoides frequentemente varia de 20 a 70 μm .

Em análises químicas feitas com *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, Muñiz (1993) constatou que a parte interna do lenho apresenta queda na quantidade de extrativos à medida que a árvore cresce, isto ocorre até certo ponto onde alcança estabilidade. Já internamente ao lenho ocorre a situação inversa.

3.8. MOLHABILIDADE

De acordo com Bica (2011), a molhabilidade possibilita quantificar a maneira como um líquido se espalha sobre uma superfície. O grau de molhabilidade é definido pela relação entre as forças de adesão e coesão. As forças de adesão causam o espalhamento do líquido na superfície, enquanto a coesão não permite que a gota sofra deformidades, permanecendo intacta.

A madeira de *Pinus elliottii* possui extrativos em sua composição química, e estes possuem o potencial de selamento da superfície da madeira, podendo comprometer sua molhabilidade (ALBINO; MORI; MENDES, 2012). Madeiras com alta concentração de extrativos podem apresentar a superfície inativada, comprometendo a molhabilidade da madeira (FRIHART; HUNT, 2010).

Outro fator que pode interferir na molhabilidade, é a rugosidade da superfície. A rugosidade da madeira é afetada por irregularidades, pela estrutura celular e pelo método de processamento (AMORIM et al., 2013). O molhamento é definido através do ângulo de contato entre a gota líquida depositada e a superfície (LUZ; RIBEIRO; PANDOLFELLI, 2008).

No que diz respeito à água, classifica-se as superfícies como hidrofóbicas (ângulo de contato maior que 90 graus) ou como hidrofílicas (ângulo de contato menor que 90 graus). Destaca-se ainda a existência de casos extremos quando o ângulo de contato é superior a 150 graus a superfície é chamada superhidrofóbica e quando este ângulo é zero, a superfície é chamada superhidrofílica (LATTHE et al., 2012).

3.9. DENSIDADE

A densidade da madeira é uma das mais importantes propriedades, pois está fortemente relacionada à qualidade da madeira e também a outras propriedades, como dureza e resistência (DIAS; LAHR, 2004).

A determinação da densidade da madeira observando as variações dentro da árvore, como no sentido medula até casca ou até mesmo base ao topo, permitem o máximo entendimento da qualidade do material (OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005).

De acordo com Valério et al. (2008), a densidade da madeira sofre influências de diversos fatores, como idade da árvore, local de crescimento, espaçamento e genética. Uma propriedade de grande variabilidade dependendo da espécie, mas, pode-se dizer que a densidade da madeira se encontra na faixa de 320 a 720 kg/m³ (SIMPSON; TENWOLDE, 1999).

Para madeira de *Pinus sp.*, Reis et al. (2019) encontraram valores de densidade entre 0,420g/cm³ a 0,491 g/cm³. Mendes et al. (2004) relatam que o valor médio considerado para densidade de pinus é de 0,446 g/m³, e ao estudarem a madeira de *Pinus elliottii*, Mattos et al. (2011) obtiveram o resultado de 0,46 g/cm³ no DAP.

A densidade da madeira varia conforme a espessura da parede celular como também pelo tamanho do lume (LIU et al., 2021). Essa variação também pode ser vista nos lenhos de formação da árvore, enquanto no lenho juvenil os anéis de crescimento são mais largos e resultam em uma madeira menos densa, o inverso ocorre com o lenho adulto (ALBUQUERQUE; LATORRACA, 2000).

3.10. COLORIMETRIA

De acordo com Camargos e Gonzalez (2001), quando associada a aspectos como textura e desenho, a cor pode ser considerada como uma das mais importantes

características de identificação de madeira. A cor é suscetível a alterações através do teor de umidade e temperatura do ambiente, como também pela ação de agentes xilófagos ou até mesmo por reações dos seus próprios elementos químicos.

Existem dois métodos que podem ser utilizados para determinação da cor, o comparativo e o método quantitativo. Em estudo realizado com 98 espécies florestais Vetter et al. (1990), compararam o método Munsell (comparativo) e a colorimetria (quantitativo) e concluíram que com o uso da colorimetria foi possível atingir maior precisão nas análises.

O método quantitativo mais utilizado é a colorimetria, que é capaz de avaliar cientificamente a cor de um material (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI, 2018). Segundo Mori et al. (2005) a colorimetria utiliza uma fonte de luz e iluminação nas leituras com o objetivo de eliminar a variante da luz natural do dia, que apresenta grande oscilação, e partindo de uma sensibilidade próxima ao do olho humano, o colorímetro ou espectrofotômetro é capaz de registrar até mesmo as mínimas variações de cores.

Nessa técnica, cada elemento que compõe a cor é descrito numericamente, e a forma mais utilizada de medição das cores é o CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes) que é alcançado a partir das coordenadas cromáticas L^* , a^* , b^* , C^* e h (MORI et al., 2005).

A coordenada L^* é a que representa a luminosidade, que pode variar de zero (preto) a 100 (branco), a^* e b^* representam as coordenadas cromáticas, que variam de - 60 a + 60. A letra C^* caracteriza a saturação ou cromaticidade, e está relacionada à concentração do pigmento, enquanto h retrata a tonalidade definindo a cor propriamente dita (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI, 2018).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A madeira foi proveniente de dois plantios de *Pinus elliottii* Engelm, um que realizava extração de resina e o outro que não fazia uso da técnica, ambos localizados no município de Inácio Martins (25°34'15"S, 51°4'44"W), estado do Paraná, região sul do Brasil. O clima é classificado como Cfb (Köppen), ou seja, clima temperado com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, a temperatura média no mês mais quente se aproxima de 22°C e no mês mais frio é em média de 18°C (PEREIRA, 2021).

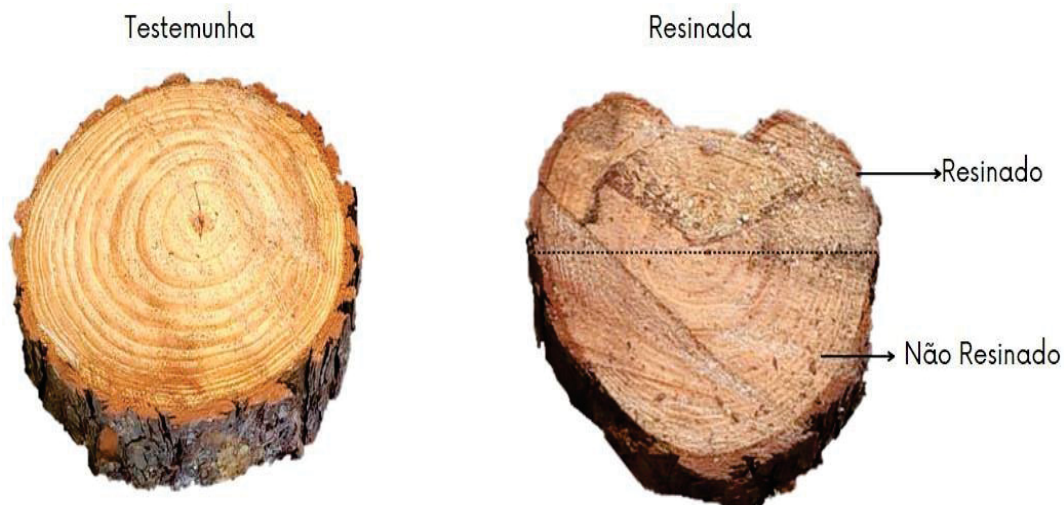
As árvores utilizadas possuíam idade similar de 17 a 18 anos, e diâmetro entre 21 e 23 cm (Tabela 1). A coleta do material foi conduzida da mesma forma em ambos os plantios e consistiu na seleção de quatro árvores de diâmetro similar, onde foram retirados discos na altura do diâmetro à altura do peito (DAP), ou seja, a 1,30m do solo. As árvores do plantio que não realizava extração de resina foram identificadas como Testemunha, e as árvores do plantio que realizava extração de resina (resinada) foram ainda subdivididas entre o lado resinado e o lado não resinado, ou seja, o lado oposto à extração (Figura 5).

TABELA 1 - DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) DE CADA ÁRVORE.

TRATAMENTO	CÓDIGO ÁRVORE	DAP (cm)
Resinada	1R	21
	2R	21
	3R	22
	4R	24
Testemunha	1T	22,5
	2T	23,2
	3T	23
	4T	21

FONTE: A Autora (2023).

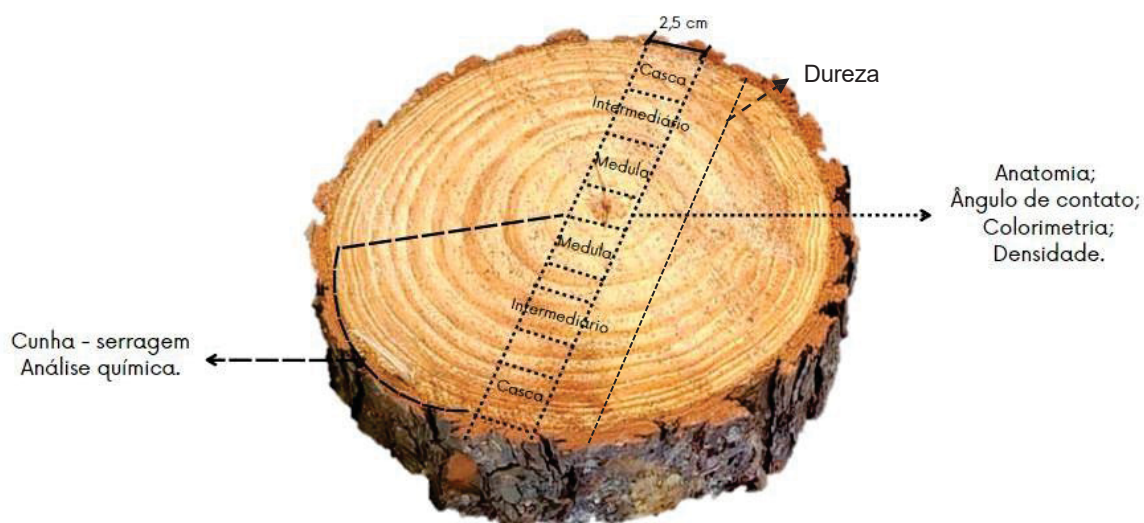
FIGURA 5 - ILUSTRAÇÃO DAS ÁRVORES UTILIZADAS NO TRABALHO.



FONTE: A Autora (2023).

Os materiais foram posteriormente divididos conforme Figura 6. As cunhas foram utilizadas para análise química. Da porção central de cada disco foram confeccionados corpos de prova próximos à casca, na região intermediária, e próximo à medula, para análise anatômica, ângulo de contato, colorimetria e densidade. Outro filete da região central do disco foi retirado para análise de dureza, abrangendo também a variação medula-casca.

FIGURA 6 - ESQUEMA DA RETIRADA DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES.



FONTE: A Autora (2023).

4.1 ANÁLISE ANATÔMICA

A caracterização da estrutura macroscópica e microscópica das amostras foi realizada de acordo com as normas da *International Association of Wood Anatomists* (IAWA, 2004).

Para as análises macroscópicas da madeira foram preparados corpos de prova com dimensões 2,5 x 2,5 cm (largura e espessura), totalizando 6 corpos de prova de cada disco, sendo, 2 próximos à casca, 2 próximos à medula e 2 na região intermediária.

Os corpos de prova foram lixados com lixa de granulometria 100 na superfície transversal, para facilitar a visualização dos componentes, e com uso de uma régua de 1 cm² as medições de frequência de anéis de crescimento e de canais resiníferos por cm² foram obtidas em um estereomicroscópio Zeiss Discovery V12.

O material dissociado foi produzido pelo método de Franklin (1945) e a coloração foi efetuada com Safranina. As medições das dimensões dos traqueoides axiais foram efetuadas em microscópio Olympus com escala graduada, sendo realizadas 30 medições. Para os traqueoides axiais foram obtidas dimensões de comprimento (μm), largura (μm), diâmetro do lume (μm) e calculada a espessura da parede (μm) pela fórmula $e = (\text{largura} - \text{diâmetro do lume}) / 2$ (μm).

Com as dimensões dos traqueoides axiais foram calculados os índices importantes na utilização da madeira para papel de acordo com as relações descritas por Barrichelo e Brito (1979), de acordo com as equações 1 a 4:

$$CF = \frac{DL}{Lt} \quad (1)$$

Onde: CF = Coeficiente de flexibilidade;

DL = Diâmetro do lume (μm);

Lt = Largura do traqueoide (μm).

$$FP = \frac{(2 * E)}{Lt} \quad (2)$$

Onde:

FP = Fração de Parede;

E = Espessura da parede (μm);

Lt = Largura do traqueoide (μm).

$$IR = \frac{(2 * E)}{DL} \quad (3)$$

Onde:

IR = Índice de Runkel;

E = Espessura da parede (μm);

DL = Diâmetro do lume (μm).

$$IE = \frac{C}{Lt} \quad (4)$$

Onde:

IE = Índice de enfieltramento;

C = Comprimento (μm);

Lt = Largura do traqueoide (μm).

4.2 DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO

A molhabilidade das amostras foi analisada pela técnica do ângulo de contato pelo método gota séssil, utilizando um goniômetro modelo Drop Shape Analysis (DSA) da marca KRÜSS. Três gotículas de água deionizada (tensão superficial de 72,80 mN/m) com 5 μL de volume foram depositadas na superfície de cada amostra. Os valores do ângulo de contato foram medidos nos tempos de 5 e 30 segundos, nas superfícies radial e tangencial das amostras de madeira resinada e não resinada. Também foi avaliada a variação medula-casca dos corpos-de-prova.

4.3 COLORIMETRIA

Os dados colorimétricos foram obtidos em um espectrofotômetro Konica Minolta CM-5, com faixa espectral de 350 - 750 nm, operando com padrão de luz D65 e ângulo de observação de 10° (CIE L*a*b* standard) e abertura de 8 mm. Foram obtidos os espectros e os valores de luminosidade (L*), e as coordenadas cromáticas vermelho-verde (a*) e azul-amarelo (b*). Com os valores anteriores foram calculados a saturação (C*) e o ângulo de tinta (h) de acordo com as equações (5) e (6), respectivamente.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

$$h = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (6)$$

Onde:

C* = Saturação;

a* = Coordenada cromática vermelho-verde;

b* = Coordenada cromática azul-amarelo;

h = Ângulo de tinta.

Também foi calculada a diferença de cor ΔE^* entre o lado resinado e não resinado de cada árvore, e também entre a madeira resinada e não resinada pela Equação 7:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (7)$$

Onde:

ΔE^* = Variação total da cor;

ΔL^* = Variação da Luminosidade (L* da amostra resinada menos L* da não resinada);

Δa^* e Δb^* = Variação das coordenadas cromáticas (amostra resinada menos não resinada).

4.4 ANÁLISE QUÍMICA

Para a análise química, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Willey e a serragem produzida foi classificada em peneiras de 40 e 60 mesh obedecendo os requisitos da norma TAPPI T 257 cm-12 (TAPPI, 2012). Os ensaios realizados e suas respectivas normas estão na Tabela 2.

TABELA 2 - ANÁLISES E NORMATIZAÇÃO.

ANÁLISE	NORMA
Teor de extrativos totais	T204 cm-97 (TAPPI, 1997)
Solubilidade em água	T207 cm-99 (TAPPI, 1999)
Solubilidade em NaOH 1%	T212 om-02 (TAPPI, 2002)
Teor de cinzas	T211 om-02 (TAPPI, 2002)
pH	T252 cm-02 (TAPPI, 2002)

FONTE: A Autora (2023).

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS

Para determinação da densidade básica foi utilizada a NBR 7190 (ABNT, 1997), onde os corpos de provas foram imersos em água até atingir saturação completa e o volume da madeira foi obtido através do deslocamento de água. Após, os corpos de prova foram levados para estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingir massa constante. Para cálculo da densidade básica foi utilizada a Equação 8.

$$\rho_{bas} = \frac{ms}{V_{sat}} \quad (8)$$

Onde:

ρ_{bas} = Densidade básica (g/cm^3); ms

= Massa seca da madeira (g);

V_{sat} = Volume da madeira saturada (cm^3).

A densidade aparente foi determinada a partir de medições dos corpos de prova (comprimento x espessura x altura), com uso de paquímetro digital e pesagem em balança analítica. Para seu cálculo foi utilizada a Equação 9.

$$\rho_{ap} = \frac{mu}{Vu} \quad (9)$$

Onde:

ρ_{ap} = Massa específica aparente (g/cm³);

mu = Massa do corpo-de-prova (g);

Vu = Volume do corpo-de-prova (cm³).

Para determinação do teor de umidade, os corpos de prova foram pesados, e em seguida levados à estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por, aproximadamente, 24 horas. Após, permaneceram no dessecador por 40 minutos. O teor de umidade foi calculado através da Equação 10.

$$TU = \left(\frac{mu - ms}{ms} \right) * 100 \quad (10)$$

Onde:

TU = Teor de umidade da madeira (%);

ms = Massa seca do corpo-de-prova (g);

mu = Massa úmida do corpo-de-prova (g).

O inchamento volumétrico máximo foi calculado através da Equação 11.

$$\alpha V_{max} = \left(\frac{Vu - Vo}{Vo} \right) . 100 \quad (11)$$

Onde:

αV_{max} = Inchamento volumétrico máximo (%);

Vu = Volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade (cm³);

Vo = Volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%) (cm³).

A contração volumétrica máxima foi calculada através da Equação 12.

$$\beta V_{max} = \left(\frac{Vu - Vo}{Vu} \right) . 100 \quad (12)$$

Onde:

βV_{max} = Contração volumétrica máxima (%);

V_u = Volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade (cm^3);

V_o = Volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%) (cm^3).

A contração máxima linear, tanto para o sentido tangencial como radial, foi calculada de acordo com a Equação 13 e o coeficiente de anisotropia de contração, foi calculado de acordo com a Equação 14. Para todas as propriedades físicas estudadas, foi também avaliada a variação medula-casca.

$$\beta(t, r) = \left(\frac{L_u - L_o}{L_u} \right) \cdot 100 \quad (13)$$

Onde:

β = Contração máxima linear (%);

L_u = Dimensão do corpo-de-prova no estado saturado de umidade (cm^3);

L_o = Dimensão do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%) (cm^3).

$$CA = \left(\frac{\beta_t}{\beta_r} \right) \quad (14)$$

Onde:

CA = Coeficiente de anisotropia de contração;

β_t = Contração máxima linear tangencial (%);

β_r = Contração máxima linear radial (%).

4.6 DUREZA

Para caracterização da dureza foi utilizado o método da dureza Rockwell F, com o uso de um durômetro de bancada dotado de um medidor esférico de 1/16 polegada. Como pré-carga foi utilizado 10kgf e para carga final 60kgf. As leituras foram feitas nas três posições do disco, na região próximo à casca, intermediário e próximo à medula, abrangendo leituras tanto no lenho tardio como no lenho inicial. Os valores dos resultados foram obtidos no mostrador do equipamento. O ensaio foi adaptado do estudo de Stangerlin et al. (2013).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, e após análise de variância, ao teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação das médias utilizando o software SisVar.

Os dados foram comparados em relação ao tratamento (Lado Resinado e Lado Não Resinado da mesma árvore, e Testemunha), como também em relação à posição (Medula, Intermediário e Casca). Para aquelas análises que possuíam dados em mais de uma superfície da madeira, foi também analisada a variação em relação à superfície.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE ANATÔMICA

A Tabela 3 mostra a variação do número de anéis de crescimento e de canais resiníferos por cm² em relação ao lado resinado, não resinado e testemunha, como também a variação medula - casca.

TABELA 3 – FREQUÊNCIA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO E CANAIS RESINÍFEROS DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* ANALISANDO A VARIAÇÃO MEDULA – CASCA ENTRE LADO RESINADO, LADO NÃO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO		MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
ANÉIS DE CRESCIMENTO (un./cm ²)	Lado Não Resinado	1,38	Ba	2,00	Ba	3,75	Bb	2,38	B
		(0,74)		(0,53)		(1,16)		(1,31)	
	Lado Resinado	0,75	Aa	1,25	Aa	1,63	Ab	1,20	A
		(0,71)		(1,16)		(0,52)		(0,87)	
	Testemunha	1,25	Aa	1,44	Aa	2,44	Ab	1,71	A
		(0,93)		(0,51)		(0,81)		(0,92)	
CANAIS RESINÍFEROS (un./cm ²)	Lado Não Resinado	14,50	Ba	23,25	Ba	25,88	Ba	21,21	B
		(8,70)		(9,74)		(13,16)		(11,37)	
	Lado Resinado	10,50	Aa	10,00	Aa	17,50	Aa	12,68	A
		(9,93)		(9,70)		(5,76)		(8,81)	
	Testemunha	18,00	ABa	26,56	ABa	15,88	ABa	20,15	AB
		(15,78)		(15,62)		(7,20)		(13,99)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

O número médio de anéis de crescimento por cm² variou de 1,20 a 2,38 apresentando diferença significativa entre os tratamentos. O lado não resinado se destacou dos demais tratamentos e apresentou a maior ocorrência de anéis de crescimento por cm², o que também pode ser observado com os resultados obtidos através da medição dos anéis de crescimento nos discos (Tabela 4).

TABELA 4 – ANÁLISE DO NÚMERO DE ANÉIS DE CRESCIMENTO E DA PROPORÇÃO DE LENHO INICIAL E DE LENHO TARDIO DA MADEIRA DE *Pinus elliotii* EM RELAÇÃO AOS DIFERENTES TRATAMENTOS, LADO RESINADO, LADO NÃO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	Nº DE ANÉIS DE CRESCIMENTO		PROPORÇÃO LENHO INICIAL (%)		PROPORÇÃO LENHO TARDIO (%)	
Lado Não Resinado	17,0	C	54,0	A	46,0	B
	(0,00*)		(0,18)		(0,18)	
Lado Resinado	6,0	A	77,4	B	22,6	A
	(0,00)		(0,06)		(0,06)	
Testemunha	10,8	B	64,1	B	35,9	A
	(0,50)		(0,13)		(0,13)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: *= o número de anéis é igual em todos os discos, uma vez que as árvores possuem a mesma idade. Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

O lado não resinado e o lado resinado são amostras da mesma árvore, e a diferença encontrada para o número de anéis de crescimento mostra a interferência da técnica sobre o desenvolvimento dos anéis (Tabela 4).

Independente do tratamento foi possível observar que próximo à casca o número de anéis de crescimento por cm² é maior, diminuindo gradativamente até a região próxima à medula (Tabela 3). Este comportamento era esperado, uma vez que à medida que a árvore cresce e envelhece, o desenvolvimento é mais lento, e o tamanho do anel de crescimento diminui, ou seja, aumenta o número de anéis.

Em relação ao número de canais resiníferos por cm² houve diferença significativa entre os tratamentos, com valores médios entre 12,68 e 21,21 (Tabela 3). Entre os tratamentos, o lado resinado se diferenciou do não resinado e da testemunha, apresentando os menores valores de número de canais resiníferos por cm². Não houve diferença significativa entre as posições medula – casca.

Estes valores são contrários aos esperados e distintos dos observados por outros autores, por exemplo, Rodríguez-Garcia et al. (2016) verificaram que a frequência de canais resiníferos aumentou nas árvores resinadas. O mesmo também foi verificado por Silva et al. (2018) que observaram aumento do número de canais resiníferos em árvores que passaram pelo processo de resinagem. Rincoski (1994) ao estudar *P. elliotii* evidenciou que embora a resinagem tenha provocado um

aumento no número de canais resiníferos, esses valores não diferiram de forma significativa da madeira não resinada.

Os resultados da Tabela 4 mostram que houve variação entre a proporção de lenho inicial e de lenho tardio em função do processo de resinagem, valores opostos aos relatados por Rincoski (1994) para madeira de *Pinus elliottii*, que não observou interferência da resinagem na proporção de lenho tardio na madeira e concluiu que a extração de resina não afeta as características dos anéis de crescimento. O mesmo também foi descrito por Silva et al. (2018) para *Pinus pinaster*, constatando que a extração de resina não influenciou de forma significativa na largura dos anéis de crescimento.

A Tabela 5 mostra que as dimensões dos traqueoides axiais foram influenciadas pelo processo de extração de resina nos povoamentos avaliados.

TABELA 5 – DIMENSÕES MÉDIAS DOS TRAQUEOIDES DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS, LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	DIMENSÕES TRAQUEOIDES (µm)							
	COMPRIMENTO		LARGURA EXTERNA		LARGURA INTERNA		ESPESSURA DA PAREDE	
Lado Não resinado	3.243,04	A	46,97	A	32,98	B	6,99	A
	(637,19)		(11,79)		(12,67)		(3,04)	
Lado resinado	3.703,60	B	44,04	A	28,93	A	7,56	A
	(726,36)		(11,82)		(13,26)		(3,20)	
Testemunha	3.216,48	A	44,78	A	28,28	A	8,29	B
	(726,36)		(9,92)		(9,87)		(4,07)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados do comprimento dos traqueoides estão na faixa de 2.500 a 5.000 µm relatada por Barrichelo e Brito (1979). Os valores obtidos para o comprimento de traqueoides estão dentro do esperado para *Pinus elliottii*, e estão em conformidade com Moreschi (1975), Foelkel et al. (1976), Muñiz (1993) e Trevisan et al. (2014). Outras espécies de pinus têm também valores semelhantes, por exemplo, valores entre 3.583 a 5.287 para madeira de *Pinus caribaea* (FERREIRA, 2009) e entre 3.910 e 4.960 µm para *Pinus taeda* (VIVAN et al., 2022).

O comprimento médio do traqueoide axial avaliado neste estudo foi superior ao observado por Sieglöch e Marchiori (2015), que obtiveram valor de 2.164 μm , assim como também para os resultados de Pereira e Tomaselli (2004) que relataram valores médios de 2.545 μm . Os resultados obtidos neste trabalho são contrários aos observados por Rincoski (1994) que constatou que a resinagem influenciou na redução do comprimento dos traqueoides, e neste estudo, os traqueoides do lado resinado da madeira foram em média 13% maiores que os demais tratamentos.

Em relação à largura externa, ou diâmetro dos traqueoides, não foi encontrada variação significativa entre os tratamentos, e o valor médio (45,23 μm) foi similar ao encontrado na literatura para a espécie. Muñiz (1993) obteve o valor médio de 47,27 μm , e Rincoski (1994) descreve valores entre 41,48 a 45,98 μm , e concluiu que a resinagem não teve nenhuma influência nessa característica.

Os resultados deste trabalho são um pouco superiores aos relatados por Foelkel et al. (1976), que encontraram valores entre 38,40 e 42,84 μm , o que pode ser entendido devido à idade do povoamento ser menor, com árvores de *Pinus elliottii* de 14 anos de idade. Em comparação a outras espécies de pinus, as dimensões encontradas se assemelham à literatura, Vivian et al. (2022) relatam o valor médio de 44,78 μm para *Pinus taeda*, e de 49 a 57 μm para *Pinus caribaea*. Entretanto, ao comparar com resultados de *Pinus tecunumanii* os valores obtidos por Souza et al. (2005) são um pouco superiores, entre 48 e 56 μm .

Para a largura interna dos traqueoides houve diferença significativa entre os tratamentos, com maiores resultados para o lado não resinado. Embora verificada diferença entre os tratamentos, os valores encontrados são similares aos observados por Klock et al. (2002) para madeira de *Pinus maximinoi* (27,3 a 33,4 μm), e para *Pinus taeda* (22,4 a 33 μm). O mesmo observado para a largura externa também foi encontrado para a largura interna. Comparando os dados deste estudo aos dados de Foelkel et al. (1976) é possível notar que os dados foram um pouco inferiores. Mas, em relação aos valores de Muñiz (1993) que relata média de 31,69 μm , nota-se que existe similaridade.

Para espessura da parede dos traqueoides os tratamentos diferiram de forma significativa, a madeira da testemunha apresentou maior espessura de parede, sendo que o processo de resinagem interferiu nesta dimensão. Os resultados deste trabalho são menores que os de Ferreira (2009) que expõe valores de 18,22 a 21,04 μm para *Pinus caribaea*, Rincoski (1994) obteve resultados entre 11,22 a 12,54 μm para

madeira resinada e não resinada de *Pinus elliottii*, e o autor concluiu que a resinagem não interferiu na espessura dos traqueoides.

Os resultados encontrados neste trabalho para espessura de parede estão próximos aos encontrados para *Pinus elliottii* por Muñiz (1993) que relatou valor médio de 7,64 μm e por Foelkel et al. (1976) com valores variando entre 7,06 e 8,16 μm .

A Tabela 6 mostra que os índices indicativos de qualidade do papel variaram entre as madeiras resinadas e não resinadas, sendo encontradas diferenças significativas entre os três tratamentos estudados.

TABELA 6 – ÍNDICES MÉDIOS INDICATIVOS DA QUALIDADE DO PAPEL PARA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *Pinus elliottii* EM ANÁLISE AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	COEFICIENTE DE FLEXIBILIDADE (%)		FRAÇÃO PAREDE (%)		ÍNDICE DE RUNKEL		ÍNDICE DE ENFELTRAMENTO	
Lado Não resinado	68,55	B	31,45	A	0,56	A	73,74	A
	(14,57)		(14,57)		(0,5)		(25,45)	
Lado resinado	63,42	A	36,58	B	0,73	AB	90,29	B
	(16,70)		(16,70)		(0,61)		(33,71)	
Testemunha	62,65	A	37,59	B	0,76	B	74,15	A
	(16,69)		(16,14)		(0,66)		(19,54)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores obtidos para Coeficiente de Flexibilidade variaram entre 62,65% para a testemunha e 68,55% para o lado não resinado. Os valores são similares aos encontrados por Foelkel et al. (1976) para *Pinus elliottii* (entre 58 e 67%), por Klock et al. (2002) para *Pinus maximinoi* (64,0 a 74,7%) e *Pinus taeda* (57,7 a 76,9%) e por Nisgoski (2005) para *P. taeda* aos 17 anos (67%).

Segundo Nisgoski (2005), para que ocorra uma boa interligação entre os traqueoides na fabricação de papel este coeficiente deve ser superior a 50%, e é utilizado como indicador de resistência à tração, ao estouro e ao rasgo (MORESCHI, 1975). Embora neste estudo tenha sido encontrada diferença significativa entre madeira resinada e não resinada, para todos os povoamentos o resultado é considerado satisfatório para fabricação de papel.

Para Fração Parede, os resultados variaram de forma significativa, de 31,45% para o lado não resinado e 37,59% para testemunha. Independente da madeira, os valores de fração parede ficaram abaixo de 40%, que de acordo com Nisgoski (2005) é o limite indicado para obtenção de uma celulose de qualidade para produção de papel. Os resultados de Fração Parede são inferiores ao relatado por Vivian, Modes e Caetano (2020) que para madeira de *Pinus glabra* encontraram o valor médio de 44,72%, mas similares ao exposto por Ampessan (2015), que obteve o valor de 35,12% para *Pinus taeda*, bem como o valor médio encontrado por Nisgoski (2005) com *Pinus taeda* de 17 anos (33,0%).

Para o Índice de Runkel os valores deste estudo ficaram entre 0,56 para o lado não resinado e 0,76 para a testemunha, e variaram de forma significativa. Este índice é classificado nas faixas: < 0,25; entre 0,25 e 0,50; entre 0,50 e 1,00; e > 1,00, valores que se enquadram nas duas primeiras faixas possuem melhor capacidade de união das fibras (traqueoides) (NISGOSKI, 2005).

De acordo com esta informação, nenhum dos tratamentos estudados se enquadra na melhor faixa de classificação do Índice de Runkel, sendo o lado não resinado o que fica mais próximo da faixa muito boa para produção de papel com o valor médio de 0,56. Todos os tratamentos se enquadram na terceira faixa, de 0,50 a 1,00, mas nenhum foi classificado na última faixa, que indicaria um material que não é recomendado para fabricação de papel.

Os valores deste estudo são superiores ao encontrado por Nisgoski (2005) para *Pinus taeda* (0,49 para árvores de 17 anos), mas comparando com a madeira de *Pinus glabra* estudada por Vivian, Modes e Caetano (2020), que relatam valor médio de 0,90 para o Índice de Runkel, os resultados obtidos neste trabalho para madeira resinada e não resinada são melhores. Klock (2000) para *Pinus taeda* encontrou valores entre 0,32 a 0,76 e para *Pinus maximinoi* valores entre 0,35 a 0,58, as variações encontradas pelo autor se referem a diferenciação de lenho tardio e inicial, neste caso, os melhores valores foram obtidos no lenho inicial.

Em relação ao Índice de Enfeltramento houve diferença significativa entre os tratamentos, e os resultados variaram de 73,74 para o lado não resinado a 90,29 para o lado resinado. Valores similares aos encontrados para o lado não resinado e para testemunha foram descritos por Klock (2000) para *Pinus taeda* (71,1 a 77,3) e para *Pinus maximinoi* (69,5 a 77,3). Os resultados deste estudo são inferiores aos relatados por Foelkel et al. (1976), que obtiveram valores entre 82 e 98 para *Pinus elliottii*.

Nisgoski (2005) encontrou o valor médio de 82,23 para *Pinus taeda*, e de acordo com a autora, quanto maior esse valor, mais flexível será o traqueoide.

Segundo Foelkel et al. (1976), menores resultados para Índice de Runkel e Fração de Parede, e maiores valores para Índice de Enfeltramento e Coeficiente de Flexibilidade garantem características de fibras mais flexíveis que contribuem para melhor interligação dos componentes, além de maior resistência ao rasgo. De acordo com essas características, o lado não resinado se enquadra como o tratamento de melhores resultados para os indicativos de qualidade do papel.

5.2 ÂNGULO DE CONTATO

As Tabelas 7 e 8 mostram a variação do ângulo de contato das superfícies tangencial e radial, em relação ao lado não resinado, lado resinado e para a testemunha, assim como a variação medula - casca.

TABELA 7 – ÂNGULO DE CONTATO DA SEÇÃO TANGENCIAL DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* ANALISANDO O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA, E A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA.

TEMPO	TRATAMENTO	ÂNGULO DE CONTATO (°) - TANGENCIAL							
		MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MEDIA	
5 segundos	Lado Não Resinado	47,33 (1,50)	Ab	42,13 (19,38)	Aa	39,85 (11,37)	Aab	42,59 (14,53)	A
	Lado Resinado	59,45 (15,25)	Bb	51,78 (18,96)	Ba	63,34 (15,57)	Bab	58,47 (16,56)	B
	Testemunha	46,67 (18,33)	Ab	38,22 (13,14)	Aa	43,16 (23,33)	Aab	43,29 (18,62)	A
30 segundos	Lado Não Resinado	21,07 (12,16)	Aa	33,40 (26,04)	Aa	34,05 (0,00*)	Aa	29,68 (18,42)	A
	Lado Resinado	60,17 (16,21)	Ba	45,12 (8,32)	Ba	49,95 (18,99)	Aa	51,57 (16,05)	B
	Testemunha	33,29 (24,11)	Aa	12,08 (3,31)	Aa	49,22 (21,25)	Aa	31,88 (23,39)	A

Fonte: A autora (2023).

Legenda: * a madeira absorveu a gota de água, permanecendo apenas uma amostra. Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

Todos os ângulos de contato são menores que 90°, ou seja, as amostras são hidrofílicas. Ocorreu uma diminuição dos valores após 30 segundos, mas de maneira diferente em relação ao material resinado. No sentido tangencial, a variação entre 5 e 30 segundos para o lado não resinado é de 43%, para o lado resinado a variação encontrada é de 13%, e para a testemunha houve variação de 35% nos valores medidos de ângulo de contato.

Observando a Tabela 7 nota-se que aos 5 segundos no sentido tangencial, os valores de ângulo obtidos diferiram significativamente entre os tratamentos e entre as posições. Os maiores valores de ângulo aos 5 e 30 segundos foram encontrados no lado resinado da madeira, ou seja, a resinagem torna a madeira um pouco mais hidrofóbica. Resultados semelhantes podem ser vistos na Tabela 8 com os valores do sentido radial, o lado resinado se destacou dos demais, tanto para 5 como 30 segundos. Esses resultados demonstram a menor molhabilidade da madeira que passa pela extração de resina.

TABELA 8 – ÂNGULO DE CONTATO DA SEÇÃO RADIAL DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* ANALISANDO O COMPORTAMENTO EM RELAÇÃO AO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA, E A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA.

TEMPO	TRATAMENTO	ÂNGULO DE CONTATO (°) - RADIAL						MÉDIA	
		MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA			
5 segundos	Lado Não Resinado	29,30 (9,64)	Aa	40,27 (17,42)	Ab	56,48 (17,28)	Ab	42,33 (18,18)	A
	Lado Resinado	58,35 (17,15)	Ba	66,74 (9,42)	Ba	71,02 (10,17)	Ba	65,27 (13,64)	B
	Testemunha	56,49 (19,51)	Ba	44,35 (15,62)	Aa	44,09 (11,41)	Aa	48,59 (16,59)	A
30 segundos	Lado Não Resinado	**		18,67 (3,35)	Aa	26,04 (*0,00)	Aa	20,60 (4,73)	A
	Lado Resinado	63,34 (14,93)	Bb	48,06 (11,15)	Ba	55,67 (18,12)	Bab	54,80 (15,31)	B
	Testemunha	27,08 (14,87)	Aa	19,62 (8,85)	Aa	27,50 (4,79)	Aa	25,40 (9,78)	A

Fonte: A autora (2023).

Legenda: * a madeira absorveu a gota de água, permanecendo apenas uma amostra; ** todas as amostras absorveram a gota, não sendo possível o cálculo do ângulo. Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca).

Para o sentido radial da madeira foi observado diminuição do ângulo dos 5 para os 30 segundos, mas essa interação foi maior para o lado não resinado e para testemunha. Em relação à variação medula – casca, não foi encontrada diferença significativa do ângulo de contato.

A variação do ângulo de contato está ligada aos constituintes da madeira, como por exemplo, a diferenciação dos lenhos, quantidade de lignina, quantidade de celulose, como também a quantidade de extrativos, são elementos que interferem na absorção de água pela superfície da madeira (MANTANIS; YOUNG, 1997).

Os extrativos não são elementos desejáveis quando o objetivo é possuir uma superfície de maior molhabilidade (DE MEIJER, 2004). De acordo com Sindorski (2020) o teor de extrativo varia de cada madeira, e pode até mesmo ser influenciado pelo tempo de repouso após processo de usinagem. Nussbaum (1999) cita a influência dos extrativos na madeira, e classifica como inativação da madeira quando os extrativos se localizam na superfície do material, formando um bloqueio que impede a molhabilidade.

5.3 COLORIMETRIA

A influência da resinagem e da posição das amostras, nos parâmetros colorimétricos da superfície radial (Tabela 9) e tangencial (Tabela 10) da madeira avaliada não ocorre de forma uniforme.

A coordenada L^* , que representa a luminosidade ou claridade, apresentou diferença significativa entre os tratamentos, tanto no sentido radial como no tangencial. O lado resinado se diferenciou dos demais, com os menores valores para coordenada L^* , com o resultado médio de 67,36 (Radial) e 67,61 (Tangencial). O lado não resinado e a testemunha não apresentaram valores significativamente diferentes, com uma média de 82,31 (Radial) e 80,90 (Tangencial).

Em ambas as seções analisadas a luminosidade (L^*) foi menor na parte resinada da madeira. No sentido radial houve uma redução média da variável L^* de 21% comparando com o dado controle (testemunha) e de 22% quando comparado ao lado não resinado. Observando os dados da seção tangencial, foi encontrada redução de 20% comparando com a testemunha, e de 19% em relação ao lado não resinado.

Para a coordenada L^* não houve diferença significativa entre a variação medula-casca no sentido radial. Entretanto, no sentido tangencial houve diferença

significativa entre as posições. Para o lado não resinado, a medula se diferenciou dos demais valores, em relação ao lado resinado, intermediário e casca apresentaram as maiores variações, e para a testemunha a casca obteve os maiores valores.

Os valores obtidos na variável L^* são similares aos encontrados na literatura, Marini (2019) estudando *Pinus sp.* encontrou o valor de 75,22, próximo também aos resultados de Conte et al. (2014) que encontraram valores próximos de 80 para madeira de *Pinus elliottii*.

TABELA 9 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE RADIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA E AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

PARÂMETRO	TRATAMENTO	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
L^*	Lado Não Resinado	81,83 (4,83)	Ba	82,63 (1,03)	Ba	82,64 (1,42)	Ba	82,31 (3,20)	B
	Lado Resinado	65,28 (9,73)	Aa	70,74 (7,64)	Aa	66,05 (7,98)	Aa	67,36 (11,46)	A
	Testemunha	82,17 (4,89)	Ba	82,67 (2,78)	Ba	81,48 (1,89)	Ba	82,11 (3,41)	B
	Lado Não Resinado	4,59 (3,42)	Aa	3,93 (0,93)	Aa	3,62 (0,75)	Aa	4,07 (2,26)	A
a^*	Lado Resinado	9,67 (2,87)	Bb	7,72 (2,57)	Ba	9,42 (2,67)	Bab	8,94 (2,88)	B
	Testemunha	3,82 (1,90)	Aa	3,78 (1,54)	Aa	4,47 (1,03)	Aa	4,03 (1,55)	A
	Lado Não Resinado	24,31 (2,21)	Ba	26,50 (3,61)	Bab	27,50 (3,44)	Bb	26,03 (3,33)	B
	Lado Resinado	24,83 (2,65)	Ba	25,62 (2,85)	Ba	25,66 (3,36)	Ba	25,37 (3,91)	B
b^*	Testemunha	22,57 (1,27)	Aa	23,31 (1,70)	Aab	23,93 (1,75)	Ab	23,27 (1,68)	A
	Lado Não Resinado	24,94 (2,59)	Ba	26,82 (3,50)	Bab	27,76 (3,37)	Bb	26,44 (3,30)	B
	Lado Resinado	26,76 (3,00)	Ca	26,82 (3,34)	Ba	27,39 (3,89)	Ba	26,99 (4,36)	B
	Testemunha	22,95 (1,56)	Aa	23,65 (0,90)	Aab	24,36 (1,84)	Ab	23,65 (1,85)	A
c^*	Lado Não Resinado	79,56 (7,08)	Ba	81,31 (2,78)	Ba	82,34 (2,18)	Ca	81,02 (4,94)	B
	Lado Resinado	68,91 (5,46)	Aa	73,59 (3,92)	Ab	70,12 (3,79)	Aab	70,87 (9,08)	A
	Testemunha	80,57 (3,91)	Bab	80,97 (3,08)	Ba	79,47 (2,03)	Ba	80,34 (3,14)	B
	Lado Não Resinado	79,56 (7,08)	Ba	81,31 (2,78)	Ba	82,34 (2,18)	Ca	81,02 (4,94)	B
h	Lado Resinado	68,91 (5,46)	Aa	73,59 (3,92)	Ab	70,12 (3,79)	Aab	70,87 (9,08)	A
	Testemunha	80,57 (3,91)	Bab	80,97 (3,08)	Ba	79,47 (2,03)	Ba	80,34 (3,14)	B

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 10 – PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DA SUPERFÍCIE TANGENCIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO A VARIAÇÃO MEDULA-CASCA E AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

PARÂMETRO	TRATAMENTO	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
L*	Lado Não Resinado	75,28 (12,31)	Ba	83,55 (1,67)	Bb	83,21 (1,66)	Bb	80,90 (7,84)	B
	Lado Resinado	67,05 (7,57)	Aab	70,66 (5,38)	Ab	65,11 (7,40)	Aa	67,61 (7,15)	A
	Testemunha	77,82 (9,43)	Ba	82,81 (3,81)	Ba	83,27 (3,87)	Bb	81,30 (6,71)	B
a*	Lado Não Resinado	7,83 (6,04)	Ab	3,18 (1,24)	Aa	3,27 (1,29)	Aa	4,64 (4,04)	A
	Lado Resinado	9,92 (2,86)	Bb	8,19 (2,18)	Ba	9,93 (1,92)	Bb	9,35 (2,46)	B
	Testemunha	6,51 (4,56)	Ab	4,22 (2,22)	Aa	3,43 (2,43)	Aa	4,72 (3,48)	A
b*	Lado Não Resinado	24,89 (2,17)	Ba	27,55 (3,84)	Bb	26,89 (4,05)	Bab	26,53 (3,63)	B
	Lado Resinado	25,06 (3,29)	Ba	24,76 (3,40)	Aa	25,65 (2,48)	Ba	25,16 (3,06)	B
	Testemunha	23,23 (2,54)	Aa	23,85 (3,17)	Aa	22,34 (3,67)	Aa	23,14 (3,20)	A
C*	Lado Não Resinado	26,61 (3,52)	Ba	27,17 (3,82)	Ba	27,12 (4,04)	Ba	27,21 (3,78)	B
	Lado Resinado	27,04 (3,75)	Ba	26,13 (3,71)	ABa	27,55 (2,67)	Ba	26,91 (3,42)	B
	Testemunha	24,40 (3,67)	Aa	24,28 (3,47)	Aa	22,67 (4,02)	Aa	23,78 (3,78)	A
h	Lado Não Resinado	73,58 (11,29)	ABa	83,34 (2,74)	Cb	82,98 (2,80)	Bb	80,23 (7,94)	B
	Lado Resinado	68,66 (4,88)	Aa	71,87 (3,54)	Ab	68,88 (3,35)	Aa	69,80 (4,20)	A
	Testemunha	75,49 (8,55)	Ba	80,43 (4,08)	Bb	81,93 (4,34)	Bb	79,29 (6,58)	B

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca).

O parâmetro a* se trata de uma coordenada cromática, e indica a variação da intensidade do vermelho. Neste estudo foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos e entre as posições medula, intermediário e casca. Os resultados médios obtidos para a* foram de 6,2 na seção radial e 6,31 na seção tangencial. Valores estes que vão de encontro aos da literatura, 4,72 para *Pinus caribaea* (AMORIM et al., 2013), 6,34 para madeira de *Pinus sp.* (MARINI, 2019) como também o resultado de 6,6 para *Pinus caribaea* (PINCELLI; MOURA; BRITO, 2012).

O lado resinado se destacou dos demais tratamentos, com aumento de 45% em comparação com o lado não resinado e em relação à testemunha na seção radial, na seção tangencial, o aumento de a^* foi de 49% em relação ao lado não resinado e de 50% para a testemunha. Os maiores valores encontrados para a^* aliados aos menores valores de L^* no lado resinado indicam que a madeira resinada possui superfície mais escurecida (SILVA et al., 2017). A coordenada cromática a^* é influenciada pela presença de extrativos na madeira, desta forma, o aumento de valores de a^* indica uma modificação estética da madeira, e além disso, também contribui para aumento da resistência da madeira à deterioração (CONTE et al., 2014).

O parâmetro b^* também representa uma coordenada cromática, mas indica a variação do amarelo. Os resultados obtidos apontam que houve diferença significativa entre os tratamentos como também entre as posições, tanto para o radial como para o tangencial. Para a coordenada b^* , a maior diferença encontrada foi entre a testemunha e o lado não resinado, entretanto, os valores obtidos neste estudo são similares aos expostos na literatura. Marini (2019) encontrou o valor de 25,80 para b^* , o mesmo resultado foi obtido por Pincelli, Moura e Brito (2012), ao estudar a madeira de *Pinus elliottii*, e Conte et al. (2014) apresentam dados entre 18 e 23.

A variável C^* é a saturação cromática, na análise radial e tangencial esse parâmetro obteve resultados com diferença significativa entre os tratamentos. A testemunha apresentou valor médio de 23,27 (Radial) e 23,14 (Tangencial), enquanto o lado não resinado e o lado resinado não apresentaram diferença significativa, 27,06 (Radial) e 27,01 (Tangencial).

Os valores encontrados neste estudo se assemelham aos de Pertuzzatti et al. (2016), que obtiveram valores próximos a 25 para madeira de *Pinus elliottii*, enquanto Amorim et al. (2013) encontraram o valor médio de 19,43 para *Pinus elliottii* e 27,31 para a madeira de *Pinus caribaea*. Quanto maior o valor de C^* , menos a cor branca ocorre na peça (CONTE et al., 2014), desta forma, a madeira resinada, tanto lado resinado como lado não resinado possuem menor concentração da cor branca que a testemunha. Em relação à análise medula-casca não foi observada diferença significativa nos dados.

O h , que é a tonalidade ou ângulo de tinta, apresentou variação significativa entre os tratamentos. Os menores valores foram encontrados para o lado resinado, de acordo com o encontrado na literatura para madeira de *P. elliottii*, Schulz et al. (2020) relatam valores próximos a 80° , e Amorim et al. (2013) obtiveram o valor de

76,10° para *P. caribaea*. Observando a variação entre as posições medula, intermediário e casca foram encontradas diferenças significativas.

No sentido radial da madeira, o lado resinado e a testemunha apresentaram variação de ângulo de tinta nas posições medula – casca, e, para o sentido tangencial, todos os tratamentos variaram estatisticamente entre as posições.

De acordo com Silva et al. (2017), as variações dos parâmetros colorimétricos serão encontradas quando se realiza comparação com outros estudos, uma vez que vários fatores podem influenciar na cor da madeira, desde condições genéticas como também condições ambientais.

A partir dos dados colorimétricos obtidos, a variação total da cor foi calculada, tomando como base os resultados da testemunha (Tabela 11).

TABELA 11 – VARIAÇÃO TOTAL DA COR DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *Pinus elliottii* EM COMPARAÇÃO COM A TESTEMUNHA.

POSIÇÃO	TRATAMENTO	MEDULA	INTERMEDIÁRIO	CASCA	MÉDIA
RADIAL	Lado Não	5,12 Aa	5,82 Aa	5,15 Aa	5,36 A
	Resinado	(4,30)	(3,20)	(2,42)	(3,36)
	Lado Resinado	20,46 Ba	13,51 Ba	17,60 Ba	17,19 B
		(9,33)	(9,21)	(2,42)	(8,88)
TANGENCIAL	Lado Não	17,02 Ab	7,53 Aa	6,91 Aab	10,49 A
	Resinado	(11,70)	(3,56)	(3,99)	(8,68)
	Lado Resinado	17,01 Bb	13,10 Ba	20,68 Bab	16,93 B
		(8,26)	(7,17)	(6,66)	(7,93)

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre Parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

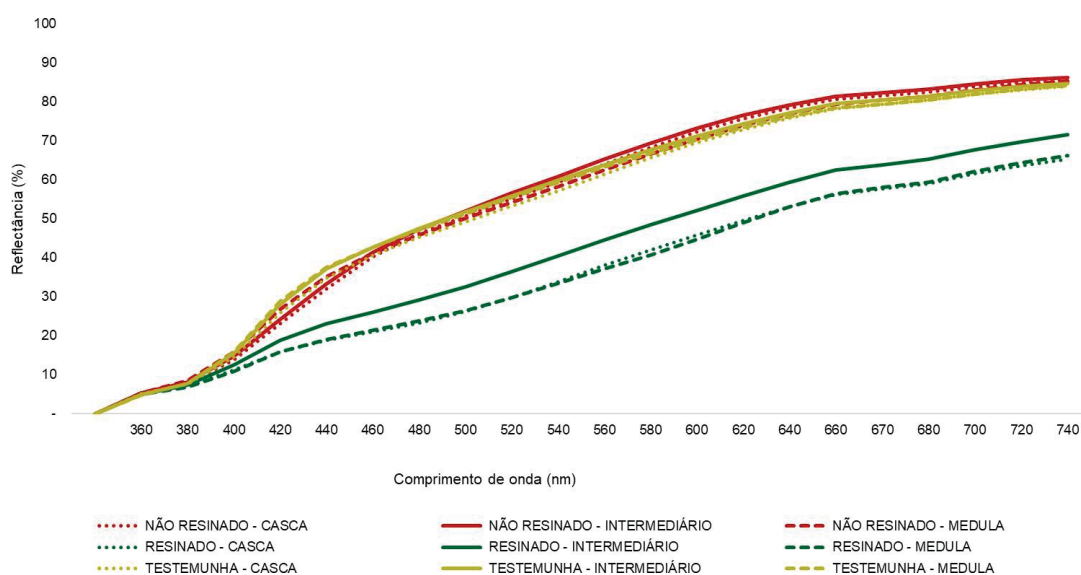
Para avaliação da variação total da cor foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos, o lado resinado apresentou maior variação em relação à testemunha, tanto na seção radial como na tangencial. Os resultados obtidos mostram que existe variação da cor decorrente do processo de extração de resina. Na superfície tangencial também foi observada variação significativa entre as posições medula - casca.

De acordo com a tabela elaborada por Hikita, Toyoda e Azuma (2001), o lado não resinado das árvores provenientes de plantio onde a resina é extraída apresenta

variação apreciável da cor em relação à madeira testemunha, ou seja, proveniente de plantios sem extração de resina. Já o lado resinado tem variação muito apreciável da cor em relação à testemunha.

As figuras 7 e 8 mostram os espectros de reflectância da madeira resinada e não resinada em relação à superfície radial e tangencial, destacando o efeito da resinagem que é o escurecimento da madeira, pois houve diminuição na intensidade de luz refletida.

FIGURA 7 – ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA NO VISÍVEL DA SUPERFÍCIE RADIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *P. elliotii* COMPARANDO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA PARA AS POSIÇÕES MEDULA, CASCA E INTERMEDIÁRIO.



Fonte: A autora (2023).

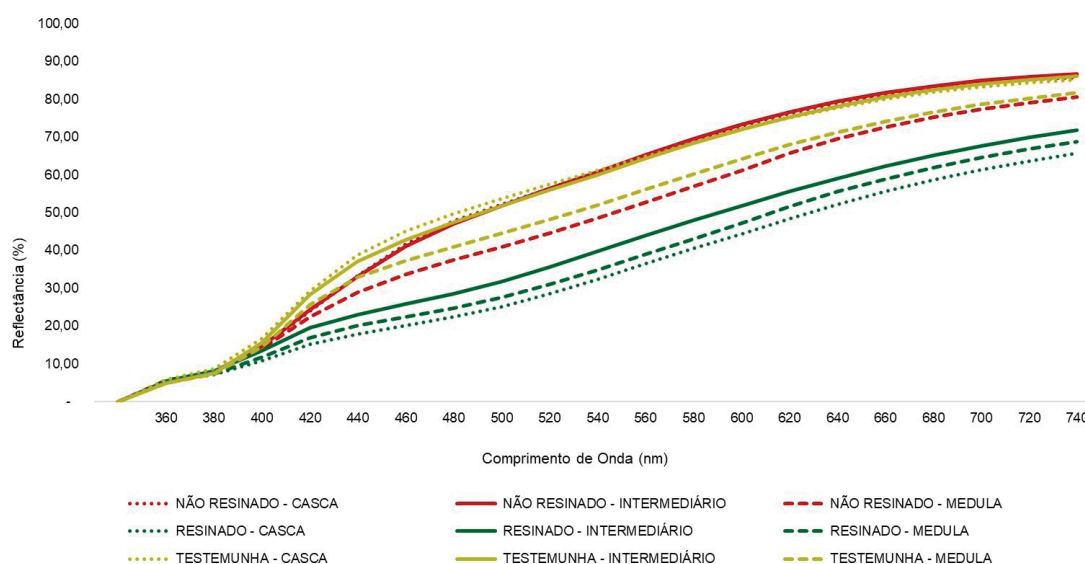
É possível observar que o lado resinado da madeira foi o que mais se distanciou dos demais, apresentando os menores valores de reflectância para todas as posições estudadas (medula, intermediário e casca). A reflectância encontrada na superfície radial da madeira para a testemunha e lado não resinado apresentaram comportamento semelhante, independentemente da posição avaliada.

No caso da superfície tangencial (Figura 8), existe influência da posição avaliada, sendo que a medula e casca possuem reflectância mais próxima, destacando-se a região intermediária. Da mesma forma que na superfície radial, na

superfície tangencial todas as amostras apresentam reflectância menor na madeira resinada do que na testemunha e não resinada.

Os resultados obtidos nas Figuras 7 e 8 demonstram o efeito da resinagem em relação à luminosidade da madeira, devido aos menores valores encontrados de reflectância, corroborando ao já exposto anteriormente, que é a alteração de cor na madeira resinada, ela se torna mais escurecida após passar pelo processo de extração de resina.

FIGURA 8 – ESPECTRO DE REFLECTÂNCIA NO VISÍVEL DA SUPERFÍCIE TANGENCIAL DA MADEIRA RESINADA E NÃO RESINADA DE *P. e Elliottii* COMPARANDO LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA PARA AS POSIÇÕES MEDULA, CASCA E INTERMEDIÁRIO.



Fonte: A autora (2023).

5.4 ANÁLISE QUÍMICA

A composição química média das amostras de madeira resinada e não resinada mostra a variação dos teores em função do processo de resinagem.

TABELA 12 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	UMIDADE (%)	CINZAS (%)	EXTRATIVOS (%)				pH
			ÁGUA FRIA	ÁGUA QUENTE	NaOH	TOTAIS	
Lado não resinado	5,42 A (0,13)	0,26 A (0,05)	2,79 A (0,18)	4,12 B (0,08)	14,23 B (0,28)	6,30 A (0,19)	4,55 A (0,01)
Lado resinado	8,41 B (0,09)	0,21 A (0,0,1)	2,89 A (0,06)	4,47 B (0,04)	21,53 C (0,08)	19,73 B (0,14)	5,01 C (0,01)
Testemunha	8,62 B (0,05)	0,25 A (0,01)	2,46 A (0,04)	1,64 A (0,05)	6,16 A (0,05)	4,56 A (0,09)	4,83 B (0,06)

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 12, houve diferença significativa entre os tratamentos para umidade, solubilidade em água quente e em hidróxido de sódio, teor de extrativos totais e pH.

Os valores encontrados para teor de umidade variaram de 5,42% a 8,62%, resultados estatisticamente diferentes. O lado não resinado se diferiu dos demais tratamentos, apresentando os menores valores.

Para o teor de cinzas, não foi encontrada diferença significativa entre lado não resinado, lado resinado e testemunha, com o resultado médio de 0,24%. Comparando com a literatura, os resultados encontrados estão de acordo com o previsto para madeira pinus, para maioria das espécies é comum o teor de cinzas ficar abaixo de 1% (RODRIGUES et al., 2008). A literatura descreve teor de cinzas de 0,33% para *Pinus taeda* (HENNE et al., 2017), e 0,41% para *Pinus elliottii* (BALLONI, 2009). Segundo Telmo, Lousada e Moreira (2010) o valor de 0,3% é considerado como média para madeiras macias.

Em relação aos extrativos solúveis em água fria, os valores encontrados não diferiram significativamente, a média encontrada foi de 2,71%. Resultados encontrados na literatura para *Pinus taeda* variam de 0,78% a 2,1% (HENNE et al., 2017; BORTOLETTO JÚNIOR; MORESCHI, 2003).

Ao contrário da solubilidade em água fria, os extrativos solúveis em água quente apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A testemunha, que se trata da madeira que não sofreu extração de resina, apresentou os menores valores

para solubilidade em água quente, com média de 1,64%. Para o lado resinado e não resinado os resultados encontrados não diferem estatisticamente, com valor médio de 4,29%.

Os resultados obtidos de solubilidade em água quente variaram entre os tratamentos, entretanto, buscando valores de referência na literatura percebe-se que existe grande variabilidade desse resultado. Henne et al. (2017) encontraram o valor de 1,82% para *Pinus taeda*; Corrêa et al. (2022) apresentaram 3,35% para madeira de *Pinus sp.*; Morais, Nascimento e Melo (2005) estudando *Pinus oocarpa* obtiveram o valor de 4,31%.

Os valores obtidos para solubilidade em NaOH variaram significativamente, a testemunha apresentou os menores valores, com média de 6,16%, enquanto o lado resinado apresentou os maiores valores, com a média de 21,53%. Os valores encontrados se assemelham aos expostos na literatura, que variam de 10,5% a 19,9% (GIESEL 2019; TOMAZELI et al. 2016; BORTOLETTO JÚNIOR; MORESCHI, 2003).

A solubilidade em NaOH contém carboidratos como a hemicelulose e celulose degradada, quanto maior o teor de materiais solúveis em NaOH, maior será a degradação do material (BORTOLETTO JÚNIOR; MORESCHI, 2003). Comparando a afirmação dos autores com os dados obtidos neste estudo, entende-se que a resinagem interfere no potencial de degradação da madeira.

A análise do teor de extrativos totais mostra que o lado não resinado e a testemunha são semelhantes entre si, com média de 5,43%, já o lado resinado se difere dos demais, e apresenta o maior resultado, com média de 19,73% para teor de extrativos totais. O que pode ser relacionado ao resultado encontrado neste trabalho para ângulo de contato, uma vez que a madeira resinada apresentou maiores valores de ângulo e também maiores valores para teor de extrativos.

Os resultados encontrados na literatura em grande parte estão próximos dos 5% para teor de extrativos totais, Para *Pinus maximinoi*, Magalhães et al. (2006) obtiveram 5,41%; para *Pinus taeda*, Viana et al. (2021) obtiveram 5,83% e Henne et al. (2017) o valor de 5%. Valores que vão de encontro aos expostos neste trabalho para testemunha e o lado não resinado, enquanto o alto valor obtido para o lado resinado indica a interferência da extração de resina no teor de extrativos da madeira. A alta concentração de extrativos na madeira contribui para elevar sua durabilidade natural, aumentando a resistência contra agentes xilófagos (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968 apud VIANA et al. 2021).

Para todos os tratamentos os valores encontrados para pH apresentaram diferença significativa, variando de 4,55 a 5,01. Os dados encontrados na literatura para pH da madeira de *Pinus sp.* variam de 5,07 a 5,53 de acordo com Corrêa et al. (2022) e Souza et al. (2017).

5.5 PROPRIEDADES FÍSICAS

A Tabela 13 mostra a variação da densidade aparente em relação aos diferentes tratamentos e também no sentido medula - casca.

TABELA 13 – DENSIDADE APARENTE DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	DENSIDADE APARENTE A 12% (g/cm ³)							
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
Lado Não resinado	0,49	Aab	0,44	Aa	0,60	Ab	0,51	A
	(0,10)		(0,04)		(0,06)		(0,07)	
Lado resinado	0,53	Aa	0,44	Aa	0,58	Aa	0,52	A
	(0,15)		(0,02)		(0,05)		(0,07)	
Testemunha	0,43	Aa	0,45	Aa	0,60	Ab	0,49	A
	(0,05)		(0,03)		(0,05)		(0,04)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Para a densidade aparente da madeira de *Pinus elliottii* os valores médios obtidos foram de 0,49 a 0,51 g/cm³. Os resultados encontrados a partir da comparação entre os tratamentos estudados não apresentaram diferença significativa, através de análise de variância nota-se que as médias obtidas são consideradas como iguais, independente do tratamento observado.

Deste modo pode-se considerar que o processo de resinagem não interferiu na densidade aparente da madeira. Resultado contrário ao encontrado por Silva et al. (2018), que ao analisarem o efeito da resinagem na madeira de *Pinus pinaster*, constataram que a técnica interferiu na densidade da madeira resinada, contribuindo para o aumento dos valores.

Entretanto, ao comparar os resultados deste estudo com os de Ferreira e Tomazello Filho (2009) conclusões semelhantes são encontradas, pois o autor ao estudar a densidade aparente da madeira de *Pinus caribaea var. hondurensis* de árvores resinadas e não resinadas concluiu que a técnica não influenciou na densidade da madeira, uma vez que os resultados obtidos não diferiram significativamente.

Ao analisar os dados no sentido medula – casca, foi encontrada diferença significativa nos resultados. A densidade aparente encontrada na casca foi maior que as demais posições. Haselein et al. (2000) também encontraram o mesmo comportamento ao analisarem a variação da densidade do *Pinus elliottii*, com valores de 0,42 g/cm³ na região próxima à medula e 0,57 g/cm³ próximo à casca.

A tendência da densidade da madeira de pinus ser maior próximo à casca já foi observada por outros autores (MODES et al., 2017; JUÍZO et al., 2015) que explicam o fato devido à diferenciação celular encontrada no lenho tanto no sentido longitudinal como no radial.

A Tabela 14 mostra a densidade básica em relação ao lado resinado, não resinado e para a testemunha como também a variação medula - casca.

TABELA 14 – DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	DENSIDADE BÁSICA (g/cm ³)							
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
Lado Não resinado	0,27	Aa	0,24	Aa	0,33	Aa	0,28	A
	(0,06)		(0,03)		(0,05)		(0,05)	
Lado resinado	0,39	Aa	0,26	ABa	0,35	Aa	0,33	A
	(0,24)		(0,02)		(0,03)		(0,02)	
Testemunha	0,28	Aa	0,28	Ba	0,38	Ab	0,31	A
	(0,06)		(0,02)		(0,06)		(0,03)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade

Ao analisar os resultados obtidos de densidade básica, nota-se que os valores observados não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, apresentando um valor médio de 0,29 g/cm³.

Conte et al. (2014) encontraram valores de 0,37 g/cm³ para *Pinus elliottii*, valor superior ao resultado médio obtido neste estudo. Entretanto, os autores não especificam uma região para medição da variável, a diferença encontrada pode ser explicada pela variação da densidade ao longo da amostra, por exemplo, o resultado obtido neste trabalho na região próxima a casca é de exatamente 0,37 g/cm³.

Amorim et al. (2013) estudando a madeira de *Pinus caribaea*, encontraram o valor médio de 0,46 g/cm³ para densidade básica. Vivian, Modes e Caetano (2021), para madeira de *Pinus glabra*, obtiveram valores variando de 0,39 g/cm³ até 0,46 g/cm³, e ressaltam a ocorrência de variação da densidade dependendo da posição da amostra. Ladeira et al. (2018) relatam o valor para densidade básica de *Pinus sp.* 0,41 g/cm³.

Na variação medula – casca foi observada diferença significativa entre os dados, e para todos os tratamentos a posição da casca se diferenciou da medula e intermediário, apresentando os maiores valores de densidade básica. Resultado que vai de acordo com os valores expostos na Tabela 13 de densidade aparente.

As Tabelas 15 e 16 mostram os resultados obtidos para contração e inchamento, da madeira resinada e não resinada de pinus. Os resultados obtidos tanto para inchamento como para contração indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

TABELA 15 – CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA (%)						MÉDIA	
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA			
Lado Não	36,64	ABa	40,58	Aa	38,82	Aa	38,68	B
Resinado	(6,36)		(3,83)		(6,70)		(5,48)	
Lado Resinado	39,24	Ba	34,42	ABa	31,84	Aa	34,80	AB
	(2,35)		(7,29)		(8,81)		(4,60)	
Testemunha	28,53	Aa	29,00	Aa	29,57	Aa	29,03	A
	(3,86)		(13,59)		(7,01)		(4,60)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 16 – INCHAMENTO VOLUMÉTRICO DA MADEIRA de *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	INCHAMENTO VOLUMÉTRICO (%)						MÉDIA	
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA			
Lado Não Resinado	58,96	ABa	68,79	Ba	64,94	Aa	64,23	B
	(15,06)		(10,42)		(18,11)		(14,10)	
Lado Resinado	64,75	Ba	53,88	ABa	48,49	Aa	54,89	AB
	(6,45)		(16,77)		(18,32)		(15,47)	
Testemunha	40,23	Aa	41,12	Aa	43,06	Aa	41,47	A
	(7,58)		(7,29)		(14,26)		(9,33)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra e na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade.

Os dados médios de inchamento volumétrico variaram de 41,5% a 64,2%, e para contração volumétrica a variação foi de 29,0% a 38,7%. Para ambas as análises houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo a testemunha com os valores mais baixos, o lado não resinado com os valores mais altos, e o lado resinado com valores intermediários, não diferindo dos demais. Estatisticamente, a variação medula – casca não apresentou variação significativa.

Nota-se que a resinagem potencializou o efeito de contração e inchamento volumétrico, em comparação com a testemunha o inchamento volumétrico foi 35,4% maior no lado não resinado e 16,5% maior no lado resinado. A mesma tendência foi observada para a contração volumétrica, pois em comparação com a testemunha o lado não resinado apresentou valor 25% maior, e o lado resinado 7% maior.

Ao estudar os fenômenos de contração e inchamento volumétrico na madeira de *Pinus caribaea*, Poubel et al. (2015), encontraram os valores de 14,33% para contração e de 18,83% para inchamento. Para *Pinus elliottii*, Balloni (2009) obteve o valor médio de 9,82% para contração volumétrica, valor similar ao exposto pelo IPT (2018) de 10,5% para madeira da espécie.

A Tabela 17 mostra o coeficiente de anisotropia de contração da madeira não resinada e resinada, nota-se com os resultados obtidos que houve variação significativa entre os tratamentos e entre as posições.

TABELA 17 – COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	ANISOTROPIA							
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA		MÉDIA	
Lado Não	1,37	Bb	0,99	Aab	0,58	Aa	0,98	A
Resinado	(0,47)		(0,40)		(0,43)		(0,43)	
Lado Resinado	0,95	BAa	3,11	Bb	0,67	Aa	1,58	B
	(0,06)		(0,71)		(0,62)		(0,46)	
Testemunha	0,40	Aa	0,62	Aa	3,72	Bb	1,58	B
	(0,24)		(0,52)		(2,78)		(1,18)	

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade

Em relação aos valores médios, o lado não resinado apresenta os menores valores, quando comparado ao lado resinado e a testemunha. Em geral, os resultados apresentaram grande variabilidade entre os tratamentos e posições; para o lado não resinado, a medula apresentou maior coeficiente de anisotropia, enquanto para o lado resinado, a região intermediária teve o maior resultado para esse coeficiente, e na madeira testemunha, a casca se mostrou como a posição de maior anisotropia.

Balloni (2009) ao descrever a caracterização física para madeira de *Pinus elliottii*, chegou ao coeficiente de anisotropia de 1,33. Viana et al. (2021) encontraram o coeficiente anisotrópico de 1,09 para *Pinus taeda*, o mesmo valor foi também obtido para madeira de *Pinus merkusii* por Siqueira et al. (2001). Em outro trabalho com madeira de *P. elliottii* e *P. taeda* o coeficiente encontrado foi de 1,51 e 1,65 respectivamente (MATTOS et al. 2006).

Embora os valores encontrados para contração e inchamento volumétrico tenham sido elevados, o coeficiente anisotrópico obtido neste trabalho foi similar aos encontrados na literatura. De acordo com Oliveira e Silva (2003), quanto mais próximo de 1 o coeficiente de anisotropia, melhor será a estabilidade da madeira.

A Tabela 18 mostra a dureza da madeira em relação ao lado resinado, não resinado e para a testemunha como também a variação medula – casca. Não foi encontrada diferença significativa entre os resultados.

TABELA 18 – DUREZA ROCKWELL F DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* EM RELAÇÃO AOS TRATAMENTOS – LADO NÃO RESINADO, LADO RESINADO E TESTEMUNHA.

TRATAMENTO	DUREZA ROCKWELL						MEDIA	
	MEDULA		INTERMEDIÁRIO		CASCA			
Lado Não Resinado	61,17 (29,93)	Aa	60,17 (36,96)	Aa	36,33 (30,01)	Aa	52,56 (32,70)	A
Lado Resinado	60,67 (26,79)	Aa	49,67 (36,54)	Aa	43,75 (15,20)	Aa	52,31 (27,94)	A
Testemunha	57,70 (36,37)	Aa	53,78 (32,29)	Aa	48,60 (27,15)	Aa	53,34 (31,22)	A

Fonte: A autora (2023).

Legenda: Dados entre parênteses se referem ao desvio padrão. Letras maiúsculas são a comparação entre tratamentos (Lado Não Resinado, Lado Resinado e Testemunha) e letras minúsculas são a comparação entre as posições (Medula, Intermediário, Casca). Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 95% de probabilidade

Com base nos valores obtidos para dureza Rockwell pode-se dizer que a resinagem não apresentou influência significativa sobre essa característica da madeira, pois os resultados encontrados apresentam grande similaridade, com uma média de 52,7. Os resultados obtidos neste estudo são menores do que o descrito por Michel e Beltrame (2015) que encontraram o valor 81 para *Pinus elliottii*, mas vale ressaltar que neste caso os autores utilizaram outra escala de medição, a HRH.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Em relação aos constituintes anatômicos, nota-se que a resinagem influenciou no número de anéis de crescimento e de canais resiníferos. A resinagem reduziu a frequência de anéis de crescimento e de canais resiníferos.

- As dimensões dos traqueoides variaram entre os tratamentos, mas se enquadram nos valores já conhecidos da espécie. Em relação aos índices indicativos de qualidade do papel, o lado não resinado se enquadra como o tratamento de melhores resultados, indicando que a resinagem não interfere no uso para esse fim.

- Foram observadas alterações na higroscopicidade da madeira através do ângulo de contato, os resultados obtidos demonstram a menor molhabilidade da madeira que passa pela extração de resina.

- A madeira resinada sofreu alteração de cor, os resultados obtidos demonstram que a resinagem escurece a madeira.

- A análise química do material demonstrou variação entre a madeira resinada e não resinada, mas nenhum resultado obtido se distanciou do já encontrado na literatura como valores de referência para a espécie.

- Não houve diferença estatística para a densidade da madeira resinada e não resinada, sendo a densidade uma das mais importantes características no momento de uso de um material, entende-se que a resinagem não influencia no potencial de uso da madeira.

- Para contração e inchamento, nota-se que a resinagem potencializou os efeitos na madeira.

- A resinagem não alterou a dureza da madeira.

7. RECOMENDAÇÕES

O uso da madeira resinada ainda é restrito, mas atualmente, grandes empresas florestais estão comprando essas florestas. Desta forma, o estudo em relação a essa matéria-prima é de extrema importância para que se entenda o comportamento da madeira, como também avaliar a melhor forma de unir a prática de resinagem com um bom aproveitamento das toras, pois, a vantagem de antecipar receitas ao produtor pode ser uma alternativa de como incentivar os plantios de pinus no país.

Recomenda-se a trabalhos futuros avaliar o efeito da resinagem em diferentes alturas da árvore, e assim comparar as mudanças que ocorrem no local da face de resinagem e acima dela.

Outro fator relevante para futuros estudos é de relacionar os diferentes métodos de extração com as possíveis alterações nas propriedades da madeira.

Além disso, recomenda-se determinar as propriedades mecânicas da madeira resinada e não resinada.

Também recomenda-se avaliar a madeira com diferentes tempos de resinagem para uma definição de quantos anos pode ser extraída a resina sem prejudicar as propriedades da madeira.

A resinagem apresenta potencial econômico e social, é fonte de emprego, e uma fonte alternativa de receita para o proprietário, é essencial que a extração de resina seja incentivada no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABDILLAH, E.; MUHARYANI, N.; & NAIEM, M. The characteristics of *Pinus merkusii* resin productivity flow pattern. In **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 528, n. 1, 2020.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- AGEFLOR. ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS. O Setor de base florestal no Rio Grande do Sul 2022. **Anuário AGEFLOR 2022**, Porto Alegre, 2022, 90p.
- AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. **Cultivo de Pinus**. Brasília, DF.: Embrapa Florestas, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/oJaV6u>>. Acesso em: 05 fev. 2023.
- ALBINO, V. C. do. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, v.22, n. 4, p. 803- 811, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. de.; LATORRACA, J. V. de. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. **Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.158-166, 2000.
- AMORIM, M. R. S.; RIBEIRO, P. G.; MARTINS, S. A.; DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R. Surface wettability and roughness of 11 Amazonian tropical hardwoods. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 99-109, 2013.
- AMPESSAN, C. G. M. **Idade da madeira na qualidade de polpa e do papel**. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2015.
- ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: influência da idade e classe de produtividade**. 2006. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2006.
- AOKI, H., CRUZ, S. F.; Novas alternativas de resinagem de Pinus. **Revista Instituto Florestal**, n. 10, p. 123-126, 1998.
- ARESB. ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. Operações de Resinagem. **ARESB**, São Paulo, 2015.
- ARESB. ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. Produção de oleorresina de pinheiro brasileiro. **ARESB**, São Paulo, 2023.
- ARESB. ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. Pinus – O produto óleo resina do Brasil. **ARESB**, São Paulo, 2017.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **IPEF**, n.18, p.81-102, jun.1979.

BALLONI, C. J. V. **Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii***. 2009. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Itapeva, 2009.

BICA, T.M.S. **Comportamento térmico e dinâmico de gotas incidentes em superfícies micro-estruturadas**. 2011, 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Instituto Técnico Superior da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, p. 10-13, e201601394, 2018.

BORTOLETTO JÚNIOR, G.; MORESCHI, J. C. Physical–mechanical properties and chemical composition of *Pinus taeda* mature wood following a forest fire. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 3, p.231-238, 2003.

CABRITA, P. Resin flow in conifers. **Journal of Theoretical Biology**, v. 453, p. 48–57, 2018.

CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; SCHNEID, E.; HAMM, L. G. Qualidade da madeira serrada de *Pinus elliottii* Engelm. procedentes de florestas resinadas. **Cerne**, v.18, n.4, p.577-583, 2012.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores da madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, p. 30-41, 2001.

CANDATEN, L; LAZAROTTO, S.; ZWETSCH, A. P. R.; RIEDER, E.; SILVA, M. D.; MACHADO, G.; BALBINOT, R.; TREVISAN, R. **Resinagem de pinus no Brasil: aspectos gerais, métodos empregados e mercado**. In: PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades: Científica, 2021. p. 01-407, 2021.

CARVALHO, P. L. P. T de.; GODINHO, T. de. O.; MOREIRA, D. A. F. **Pró-resina: uma alternativa para a diversificação de renda no Espírito Santo**. Vitória, ES.: Incaper, 2018.

CHEN, J. M. Sinking, fast and slow: bifurcating beta in financial and behavioral space. **International Journal of Finance**, v. 11, p. 124-201, 2015.

CONTE, B.; MISSIO, A. L.; PERTUZZATTI, A.; CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D. A. Propriedades físicas e colorimétricas da madeira termoretificada de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 555-563, 2014.

CORREA, A.; GOMES, N. F.; SANTOS, A. J.; FERREIRA, E.; CARDOSO, G. V. Caracterização química de resíduos agrícolas e madeira de *Pinus* spp. visando a

produção de painéis de partículas. **9º Congresso Florestal Brasileiro**, v. 1, n. 1, p. 656–659, 2022.

DIAS, F. M.; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 102-113, 2004.

DE MEIJER, M. A review of interfacial aspects in wood coatings: wetting, surface energy, substrate penetration and adhesion. COST E18. **Anais** p.1–16, 2004.

DUARTE, C. **Evolução do setor da resinagem em Portugal**. 2016. 146 f. Dissertação (Recursos Florestais) – Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2016.

FERREIRA, J. P. R. J. **Análise da cadeia produtiva e estrutura de custos do setor brasileiro de produtos resinosos**. 2001, 120 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba, SP, 2001.

FERREIRA, A. T. B. **Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. Et Golf**. 2009. 84 f. Tese (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FERREIRA, A. T. B.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 287-298, 2009.

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* e sua avaliação econômica**. 1991, 138 P. Curitiba, Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 1991.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; HOSOKAMA, R.T.; KIKUTI, P. Avaliação econômica da resinagem em florestas de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. **IPEF**, n.45, p.48-63, 1992.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; GARCIA, W.; BRITO, J. O. Celulose Kraft de madeira juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. Boletim Técnico, **IPEF**, v. 12, p. 127-142, 1976.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood- resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. **Adhesives with wood materials: bond formation and performance**. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood Handbook: wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, cap. 10, 2010.

FUSATTO, A. L. M. **Pastas estimulantes em sistemas de resinagem de *Pinus elliottii* var. *elliottii***. 2006, 110p. Dissertação (Mestre em Ciências, área de

concentração: Filosofia e Bioquímica de Plantas) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2006.

FUSATTO, A. L. M.; CASTRO, P. R. C.; CATO, S. C.; BRITO, J. O. Pastas estimulantes em sistemas de resinagem de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 483-488, 2013.

GARRIDO, M. A. de O.; POZ, R.; FREITAS, J. A.; ROCHA, F.T.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A. **Resinagem: Manual Técnico**. Instituto Florestal. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 1998. 23p.

GIESEL, G. **Avaliação da qualidade da madeira com diferentes tempos de estocagem para a produção de celulose e papel**. 2019, 78 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.

GODINHO, T. O.; MOREIRA, D. A. F.; MOREIRA, S. O.; CALDEIRA, M. V. W. **Programa de expansão do plantio de pinus para produção de goma resina e madeira no Espírito Santo**. Periódicos 29ª SEAGRO, Cap. 02, 2018.

HENNE, R. A.; BRAND, M. A.; CUNHA, A. B. da C.; KUHN, L.; GIESEL G.; BARNASKY, R.; CASAGRANDE, N. B.; ÁVILA, C. **Análise da composição química da madeira de lenho anormal de compressão em *Pinus taeda***. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 3ª edi., 2017, Florianópolis-SC. Anais Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. 2017.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. **Weathering testing of timber: discoloration**. In: Imamura, Y. (Ed.). High performance utilization of wood for outdoor uses. Kyoto, FU: Press-Net, 2001. p. 27-32.

HASELEIN, C. R.; CECHIN, E.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Wood characteristics of plantation slash pine at age 30. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 135 - 144, 2000.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2022**. São Paulo: FGV IBRE, 2022. 96 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da Silvicultura**, 2019.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Informações sobre madeira: *Pinus elliottii***. São Paulo, SP.: [s.n.], 2018. Disponível em: < http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=7>. Acesso em: 05 fev. 2023.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for softwood identification. **IAWA Journal**, v.25, n.1, p. 1-70, 2004.

JUIZO, C. G. F; LOIOLA, P. L.; ZEN, L. R.; CARVALHO, D. E.; BILA, N. F.; EGAS, A. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J. Variação radial das propriedades físicas da madeira de *Pinus patula* plantados em Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 285-292, 2015.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. 2000. 321f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B; BITTENCOURT, E.; ANDRADE, A.S.; Densidade básica da madeira ao longo do fuste e entre classes diamétricas de *Pinus taeda*. **VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira**, Uberlândia. v.1, p.10-20, 2002.

LADEIRA, L. A.; PEREIRA, C. C. A.; COUTO, L. C.; REIS, A. B. dos. Determinação das propriedades físicas da madeira de *Pinus* sp. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 7, p. 2244 - 2251, 2018.

LATTHE, S. S.; GURAV, A. B.; MARUTI, C. S.; VHATKAR, R. S. Recent progress in preparation of superhydrophobic surfaces: a review. **Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology**, v. 2. p. 76-94, 2012.

LIMA, J. C.; COSTA, F.; FULLER, T. N.; RODRIGUES-CORREA, K. S.; KERBER, M, R.; LIMA, M. S.; FETT, J. P.; FETT-NEO, A. G. Reference genes for qPCR analysis in resin-tapped adult slash pine as a tool to address the molecular basis of commercial resinosis. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 849, p. 1-13, 2016.

LÓPEZ-ÁLVAREZ, O.; ZAS, R.; MAREY-PEREZ, M. Resin tapping: A review of the main factors modulating pine resin yield. **Industrial Crops & Products** n.202, e117105, 2023.

LIU, H.; WANG, X.; WANG, G.; CUI, P.; WU, S.; AI, C.; HU, N.; LI, A.; HE, B.; SHAO, X. The nearly complete genome of *Ginkgo biloba* illuminate's gymnosperm evolution. **Nature Plants**, v. 7, p. 748-756, 2021.

LUZ, A.P.; RIBEIRO, S.; PANDOLFELLI, V.C. Artigo revisão: uso da molhabilidade na investigação do comportamento de corrosão de materiais refratários. **Cerâmica**. v. 54, p. 174-183, 2008.

MAGALHÃES, W.L.E.; ZANGISKI, F.; KLEIN, C.H.; HIGA, A.R. Uso da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para predição não-destrutiva de densidade básica da madeira de *Pinus taeda*. **Comunicado Técnico – Embrapa Florestas**. N. 159, 4 p. 2006.

MANTANIS, G. I.; YOUNG, R. A. Wetting of wood. **Wood Science and Technology**, v. 31, n. 5, p. 339–353, 1997.

MARCELINO, F. A. **Análise técnica e econômica da resinação de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* na região de Manduri, SP**. Dissertação (mestre em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura). 2004, 103p. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

- MARINI, L. J. **Estimativa de propriedades físicas e mecânicas de *Pinus sp.* por colorimetria**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- MATTOS, B. D.; GATTO, D. A.; STANGERLIN, D. M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.121-126, 2011.
- MATTOS, P. P. de; BORTOLI, C. de; MARCHESAN, R.; ROSOT, N. C. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4 p.
- MEDEIROS, G. I. B.; FLORINDO, T. J.; SCHULTZ, G.; TALAMANI, E. Análise da competitividade da cadeia produtiva de oleoresina de Pinus Brasileiro. **Revista Espacios**, v. 39, p. 29, 2017.
- MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; Variação da densidade da madeira de pinus. **Revista da Madeira**, 2004.
- MENDES, G. K. S. **Análise da atividade de resinação de *Pinus elliottii* var. *elliottii* no município de Bituruna-PR**. 2021, 40p. TCC (Graduação) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, PR, 2021.
- MICHEL, J.; BELTRAME, R. **Comparação entre os métodos de dureza Janka e Rockwell em madeiras oriundas de reflorestamento**. In: XXV Congresso de iniciação científica da Universidade Federal de Pelotas, 2015.
- MICHAVILA, S.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, A.; RUBIO, F.; GIL, L.; LÓPEZ, R. Salicylic and citric acid as promising new stimulants for resin tapping in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Forest System**, v. 29, n. 3, eSC07, 2020.
- MISSIO, A.L.; MATTOS, B.D.; CADEMARTORI, P.H.G; WEILER, M.; GATTO, D.A. Propriedades mecânicas da madeira resinada de *Pinus elliottii*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1432-1438, 2015.
- MODES, K. S.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; GARLET, A. Influência da termorreificação na resistência a degradação biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 993-1002, 2017.
- MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira do *Pinus oocarpa* parte II – caracterização estrutural da lignina de madeira moída. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.471-478, 2005.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de. **Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.
- MORESCHI, J. C. **Levantamento de qualidade da madeira de plantações artificiais de *Pinus elliottii* nos estados do sul do Brasil**. 1975, 148 p. Tese

(Mestrado) – Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1975.

MORI, C. L. S de O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones híbridos de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MUÑIZ, G. I. B. **Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L.** 1993, 235 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, PR, 1993.

MUÑOZ, L. H. **El antiguo oficio de resinero.** Madrid: Saljen S.I, 2006.

NEIS, F.A.; COSTA, F.; ALMEIDA, M.R.; COLLING, L.C.; JUNKES, C.F.O.; FETT, J.P.; FETT-NETO, A.G. Resin exudation profile, chemical composition, and secretory canal characterization in contrasting yield phenotypes of *Pinus elliottii* Engelm. **Industrial Crops & Products**, v. 132, p. 76–83, 2019.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 2005. 173f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2005.

NUSSBAUM, R. M. Natural surface inactivation of Scots pine and Norway spruce evaluated by contact angle measurements. **Holz als Roh - und Werkstoff**, v. 57, n. 6, p. 419–424, 1999.

OLIVEIRA, E; SANTIAGO, H. A. S.; PIRES, R. A.; SANTOS, K. G.; SOUZA, F. M. L. Avaliação econômica na implantação de dois métodos de resinagem de *Pinus elliottii* na região de Itapeva-SP. **Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da FAIT**, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Árvore**, v. 27.n. 3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

PEREIRA, J. C. D.; TOMASELLI, I. A Influência do desbaste na qualidade da madeira de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*. **Pesquisa Florestal**, v. 49, p. 61-81, 2004.

PEREIRA, R. C. **Características morfológicas e teores de cafeína e teobromina entre ervais nativos sombreados e a pleno sol.** 2021, 64p. Dissertação (Mestre em ciências florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2021.

PERTUZZATTI, A.; A. L. MISSIO; B. CONTE; S. C. DE SOUZA; E. J. SANTINI & C. R. HASELEIN. Propriedades físicas da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* termorretrificada sob diferentes atmosferas. **Revista Ciência da Madeira**, v. 7, n. 1, p. 7-15, 2016.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 14, n. 2, p.239 - 249, 2012.

POPP, M. P.; JOHNSON, J. D.; MASSEY, T. L. Simulation of resin flow in Slash and lably pine by bark Beetle vectored fungi. **Canadian Journal of Forest Reserach**, Jacksonville, v. 21, p. 1124-1126, 1991.

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; SANTOS, W. A.; LELIS, R. C. C.; VIEIRA, L. A. A. Physical and colorimetric analysis of heat-treated Pine wood. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 511-521, 2015.

REIS, P. C. M. DOS R.; SOUZA, A. L. DE; REIS, L. P.; CARVALHO, A. M. M. L.; MAZZEI, L.; REIS, A. R. S.; TORRES, C. M. M. E. Agrupamento de espécies madeireiras da Amazônia com base em propriedades físicas e mecânicas. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 336-346, 2019.

RINCOSKI, C. R. **Efeito da resinagem nas características da madeira de *Pinus elliotii* Engelm var. *elliotii***. 1994, 124p. Dissertação (Mestre em ciências florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1994.

RISSANEN, K; HÖLTTÄ, T.; BÄCK, J.; RIGLING, A; WERMELINGER, B; GESSLER, A. Drought effects on carbon allocation to resin defenses and on resin dynamics in old-grown Scots pine. **Environmental and Experimental Botany**, v. 185, 104410, 2021.

RODRIGUES-CORRÊA, K.C.S.; LIMA, J.C.; FETT-NETO, A.G. Pine oleoresin: Tapping green chemicals, biofuels, food protection, and carbon sequestration from multipurpose trees. **Food and Energy Security**, v.1, n.2, p.81–93, 2012.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, A.; MARTÍN, J. A.; LÓPEZ, R.; SANZ, A.; GIL, L. Effect of four tapping methods on anatomical traits and resin yield in Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Industrial Crops and Products**, v. 86, p. 143–154, 2016.

RODRIGUES K.C.S.; AZEVEDO, P.C.N.; SOBREIRO, L.E.; PELISSARI, P.; FETT-NETO, A.G. Oleoresin yield of *Pinus elliotii* plantations in a subtropical climate: Effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste. **Industrial Crops and Products**, v. 27, p. 322-327, 2008.

RODRIGUES, K. C., FETT-NETO, A. G. Oleoresin yield of *Pinus elliotii* in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n.2, p. 316-320, 2009.

SALVADOR, V. T.; SILVA, E. S.; GONÇALVES, P. G.C.; CELLA, R. Biomass transformation: hydration and isomerization reactions of turpentine oil using ion exchange resins as catalyst. **Sustainable Chemistry And Pharmacy**, v. 15, p. 100 - 214, 2020.

SCHULZ, H. R.; ACOSTA, A. P.; BARBOSA, K. T.; GALLIO, E.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Efeito do tratamento térmico da madeira de *Pinus elliotii* nos

parâmetros físico-mecânicos e colorimétricos. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 86-93, 2020.

SIEGLOCH, A. M.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia da madeira de treze espécies de coníferas. **Ciência da Madeira**, v. 6, n. 3, p. 149-165, 2015.

SILVA, M. E.; LOUREIRO, C.; GASPAR, M. J.; PIRES, J.; RIBEIRO, M.; LOUREIRO, C.; COUTINHO, J. P.; SANTOS, E.; CARVALHO, A.; BRITO, J. L.; SALGUEIRO, A.; LOUSADA, J. L. - Desenvolvimento de processos de produção e extração de resina de pinheiro para a melhoria da eficiência, racionalização e expansão da atividade. **RESIMPROVE**, Vila Real, Portugal, 2018.

SILVA, C. A.; KLAUBERG, C.; HENTZ, A. M. K.; CARVALHO, A. P. C.; CORTE, A. P.; D. Predição da biomassa aérea em plantações de *Pinus taeda* L. por meio de dados LiDAR aerotransportado. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 527-539, set. 2017.

SILVA, K. R.; DAMASCENO, J.; INÁCIO, M. O.; ABRÃO, F. Antibacterial and cytotoxic activities of *Pinus tropicalis* and *Pinus elliottii* resins and of the diterpene dehydroabietic acid against bacteria that cause dental caries. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, 987, 2019.

SILVA JÚNIOR, A. H. **Otimização dos processos de extração e purificação parcial de resina de *Pinus elliottii***. 2018. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Agroindustrial – Agroquímica, Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, 2018.

SILVA JÚNIOR, A. H.; OLIVEIRA, C. R. S.; LOPES, T. J. Uma breve abordagem sobre a resina de pinus: da extração à aplicação. **COINTER PDV Agro 2020, V Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, 2020.

SILVA JÚNIOR, A. H.; NOGUEIRA, A. D.; MARTINS, M. L.; TONI, J. F. Use of experimental design techniques for the optimization of the resin distillation process of *Pinus elliottii*. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 252-270, 2021.

SIMPSON, W.; TENWOLDE, A. **Physical properties and moisture relations of wood. Wood Handbook- wood as an engineering material**. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service. 1999, 463p.

SINDERSKI, L. G. Z. Ângulo de contato e rugosidade de madeiras, uma breve revisão. **Ciência da Madeira**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2020.

SIQUEIRA, M. de M.; PEREIRA, J. C. D.; MATTOS, P. P. de; SHIMIZU, J. **Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Pinus merkusii***. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 3 p.

SOLINO, M.; YU, T.; ALÍA, R.; AUÑÓN, F.; BRAVO-OVIEDO, A.; CHAMBEL, M. R.; MIGUEL, J.; del RÍO, M.; JUSTES, A.; MARTÍNEZ-JAUREGUI, M.; MONTERO, G.; MUTKE, S.; RUIZ-PEINADO, R.; del BARRIO, J. M. G. Resin-tapped pine forests in Spain: ecological diversity and economic valuation. **Science of the Total Environment**, v. 625, p. 1146-1155, 2018.

SOUZA, M. R. de; VICENTE, A. T. V.; MOURA, V. P. G.; FIORENTINI, E. A. Análise de parâmetros anatômicos de traqueoides axiais das madeiras de quatro procedências de Pinus. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, Brasília, DF, Brasil, n. 97, p. 6-22, 2005.

SOUZA, T. S.; SANTOS, W.; DENIZ, L. D.; ALVES, A. P.; SHIMIZU, J. Y.; SOUZA, V. A.; AGUIAR, A. V. Variação genética em caracteres quantitativos em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 177-185, mar. 2017.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Dureza Rockwell da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. **Ciência Rural**, v.43, n.4, p.623-630, 2013.

SUKARNO, A; HARDIYANTO, E. B.; MARSOEM, S. N.; NAIEM, M. Oleoresin production, turpentine yield and components of *Pinus merkusii* from various Indonesian provenances. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 27, n. 1, p. 136–141, 2015.

TAPPI TEST METHODS. T 204 cm-97. **Solvent extractives of wood and pulp**. Atlanta, TAPPIPRESS, 1997.

TAPPI TEST METHODS. T 207 cm-99. **Water solubility of wood and pulp**. Atlanta, TAPPIPRESS, 1997.

TAPPI TEST METHODS. T 211 om-02. **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C**. Atlanta, TAPPIPRESS, 2002.

TAPPI TEST METHODS. T 212 om-02. **One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp**. Atlanta, TAPPIPRESS, 2002.

TAPPI TEST METHODS. T 252 cm-02. **pH and electrical conductivity of hot water extracts of pulp, paper, and paperboard**. Atlanta, TAPPIPRESS, 2002.

TAPPI TEST METHODS. T 257 cm-12. **Sampling and preparing wood for analysis**. Atlanta, TAPPIPRESS, 2012.

TELMO, C.; LOUSADA, J.; MOREIRA, N. Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 11, p. 3808 - 3815, 2010.

TOMAZELI, A.J., SILVEIRA, A.G.; TREVISAN, R.; WASTOWSKI, A.D.; CARDOSO, G.V. Durabilidade natural de quatro espécies florestais em campo de apodrecimento. **Tecno-Lógica**, v.20, n.1, p.20-25, 2016.

TREVISAN, R.; MOTTA, C. I.; FIORESI, T.; TRAUTENMULLER, A. V.; RABUSKE, J. E.; DENARDI, L. Idade de segregação do lenho juvenil e adulto para *Pinus elliottii* Engel. **Ciência Rural**, v.44, n.4, pp.634-638, 2014.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SILVESTRE, R.; KOEBLER, H. S. Determinação da densidade básica da madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) ao longo do fuste. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2008.

VAN DER MAATEN, E.; MEHL, A.; WILMKING, M.; VAN DER MAATEN-THEUNISSEN, M. Tapping the tree-ring archive for studying effects of resin extraction on the growth and climate sensitivity of Scots pine. **Forest Ecosystems**, v. 4, n.7, 2017.

VETTER, R. E.; CORADIN, V. R.; MARTINO, E. C.; CAMARGOS, J. A. A. Wood colour: a comparison between determination methods. **IAWA Journal**, v. 11, n. 14, p 429-439, 1990.

VIANA, A. C. C.; MORAES, P. D.; WEINGAERTNER, W. L.; PEDRAZZI, C.; CORDEIRO, I. P.; FINGERM M. R. **Caracterização física e química das madeiras de pinus e de itaúba**. In: Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades, v. 2, p.101-116, 2021.

VIVIAN, M. A.; CARDOSO, A. S.; MODES, K. S.; SILVA JÚNIOR, F. G. da. Avaliação do potencial da madeira de *Pinus greggii* para produção de polpa celulósica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, n. 1, p. 56-65, 2022.

VIVIAN, M. A.; MODES, K. S.; CAETANO, A. P. Potencial da madeira de *Pinus glabra* para produção de polpa celulósica. **Madera y Bosques**, v. 26, n. 3, e2632058 2020.

YI, M.; JIA, T.; DONG, L.; ZHANG, L.; LENG, C.; LIU, S.; LAI, M. Resin yield in *Pinus elliottii* Engelm is related to the resin flow rate, resin components and resin duct characteristics at three locations in Southern. **Industrial Crops and Products**, v. 160, 113141, 2021.

YANG, Z.; JIANG, Z.; HSE, C.; LIU, R. 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**, v. 117, p. 123–127, 2017.

ZALUMA, A., STRIKE, Z., RIEKSTS-RIEKSTIN, R., GAITNIEKS, T., VASAITIS, R. Long-term pathological consequences of resin tapping wounds on stems of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). **Trees**, v. 36, n. 5, p. 1507–1514, 2022.

ZENG, X.; NI, P.; LI, Y.; WANG, W.; SUN, S.; WANG, Y.; CHANG, Y.; TAO, X.; HOU, M.; LIU, X. Short-term resin tapping activities had a minor influence on physiological responses recorded in the tree-ring isotopes of Chinese pine (*Pinus tabuliformis*), **Dendrochronologia**, v. 70, 125895, 2021.