



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

GABRIELA AGUIAR AMORIM

**MADEIRAS DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS PROVENIENTES DE PLANTIOS DE
RESTAURAÇÃO FLORESTAL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A GERAÇÃO DE
MÚLTIPLOS PRODUTOS**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2022

GABRIELA AGUIAR AMORIM

**MADEIRAS DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS PROVENIENTES DE PLANTIOS DE
RESTAURAÇÃO FLORESTAL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A GERAÇÃO DE
MÚLTIPLOS PRODUTOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Ananias Francisco Dias Júnior.

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2022

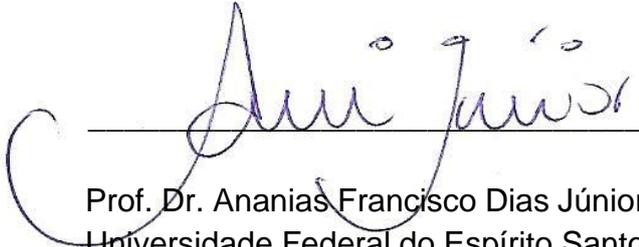
MADEIRAS DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS PROVENIENTES DE PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A GERAÇÃO DE MÚLTIPLOS PRODUTOS

GABRIELA AGUIAR AMORIM

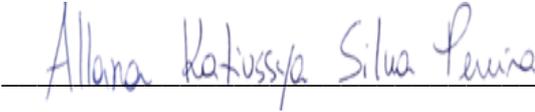
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientador: Ananias Francisco Dias Júnior.

Aprovado em: 06 de julho de 2022.

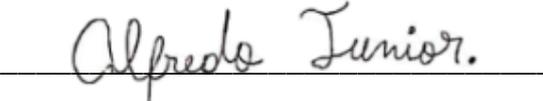
COMISSÃO EXAMINADORA



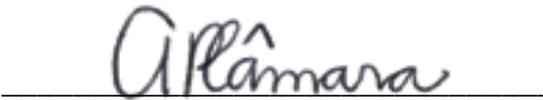
Prof. Dr. Ananias Francisco Dias Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Ma. Allana Katiussya Silva Pereira
Universidade de São Paulo
Avaliadora



Me. Alfredo José dos Santos Junior
Universidade de São Paulo
Conselheiro



Prof. Dra. Ana Paula Câmara da Silva
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo amor, confiança, incentivo e suporte financeiro. Por prover uma oportunidade da qual não tiveram. Por se consolidarem como verdadeira rede de apoio. Ao meu pai, por acreditar em mim, antes de mim mesma. A minha mãe, que por toda vida, nunca deixou de ser presente.

Às minhas queridas avós, bisa e meu querido avô, pelo privilegio da convivência, pelos telefonemas que dão luz aos dias cinzas e sempre serem acalento ao coração.

Aos amigos, pelos laços construídos e risadas. Os tenho com carinho. Especialmente às minhas companheiras de república (e Raul, que é como se fosse da república). A Thaís, Jamile, Louise, gêmeos e Luiz.

A Sueli M. R., que me conduziu a estabilidade em momentos de maior vulnerabilidade.

A fraternidade Bezerra de Menezes e as palavras de Pai João de Angola, que de alguma forma, ajudaram a dar sentido nos últimos passos dessa caminhada.

A Ana Paula Câmara, por ter ancorado o interesse na pesquisa e ciência. Além de todo zelo e companheirismo.

Ao Alfredo Santos Junior, pelo auxílio na condução da pesquisa, boas conversas e conselhos.

Ao professor Ananias Francisco Dias Júnior, pelo acolhimento, orientação, confiança, compreensão e amizade.

Ao grupo de pesquisa Bioenergia e Bioprodutos de Base Florestal (BioEP).

Aos membros da banca examinadora.

A mim.

A Deus.

Em suma, a todos que contribuíram, meus agradecimentos.

RESUMO

Uma vez que podem alcançar níveis de cobertura consideráveis em curtos intervalos, a utilização de madeiras a partir de áreas de restauração florestal se torna uma ótima alternativa para assegurar a manutenção econômica e ecológica. Este trabalho tem por objetivo investigar as propriedades físicas e químicas sobre a madeira de espécies florestais neotropicais obtidas de áreas de restauração florestal como auxílio para a tomada de decisão na seleção de espécies para o uso múltiplo. A pesquisa contou com 20 indivíduos de 12 anos, separados em cinco repetições de cada uma das 4 espécies arbóreas dos diferentes grupos ecológicos. A área de coleta está localizada na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi da Universidade de São Paulo, em uma área experimental de restauração destinada à Reserva Legal. Para obtenção das propriedades físicas foram realizadas análises de densidade básica, densidade verdadeira e porosidade. Os parâmetros químicos foram obtidos pelo teor de extrativos, teor de lignina e teor de holocelulose, além das análises químicas imediatas, que quantificaram o teor de materiais voláteis, teor de cinzas e carbono fixo. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, análise de homoscedasticidade pelo teste de Levene, análise de variância (ANAVA) e quando houve diferença estatística, realizou-se o teste de Tukey a 95% de probabilidade. As espécies *Pterogyne nitens* e *Myroxylon peruiferum*, consideradas de média densidade, foram direcionadas a fabricação de móveis com maior valor agregado e peças decorativas de madeira, já as espécies de *Schinus terebinthifolia* e *Cedrela fissilis*, em conjunto a baixa densidade e outras propriedades descritas, foram direcionadas a confecção de acabamentos, divisórias, compensados, materiais laminados, pequenos objetos e tábuas de cocção. A *M. peruiferum* e *S. terebinthifolia* também apresentaram potencial energético, a primeira espécie, principalmente para fabricação de pellets e briquetes, e a segunda, para lenha. Ao final desta pesquisa foi possível subsidiar a tomada de decisão acerca da seleção de espécies neotropicais oriundas de áreas de restauração florestal para indicação de uso em múltiplos produtos, com base em suas propriedades físicas, químicas e energéticas.

Palavras-chave: Propriedades da madeira. Sustentabilidade. Manejo florestal.

ABSTRACT

Since they can reach considerable coverage levels in short intervals, the wood from forest restoration areas becomes a great alternative to ensure economic and ecological maintenance. This work aims to investigate the physical and chemical properties of the wood of Neotropical Forest species obtained from forest restoration and assist in decision-making to select species for multiple uses. The research involved 20 individuals aged 12 years, separated into five replicates of each of the four tree species of the different ecological groups. The study area is at the Experimental Station of Forest Sciences of Anhembi of the University of São Paulo, in an experimental area of restoration destined for the Legal Reserve. Analyzes of basic density, true density, and porosity were performed to obtain the physical properties. Chemical parameters were obtained by extractive, lignin, and holocellulose contents, in addition to proximate analysis, which quantified the contents of the volatile material, ash, and fixed carbon. Data were submitted to the Shapiro-Wilk normality test, homoscedasticity analysis by Levene's test, analysis of variance (ANOVA), and when there was a statistical difference, the Tukey test was performed at 95% probability. The species *Pterogyne nitens* and *Myroxylon peruiferum*, considered of medium density, were directed to the manufacture of furniture with higher added value and decorative pieces of wood, whereas the species of *Schinus terebinthifolia* and *Cedrela fissilis*, together with the low density and other properties described, were directed to the manufacture of finishes, partitions, plywood, laminated materials, small objects, and cooking boards. *M. peruiferum* and *S. terebinthifolia* also showed energy potential, the first species, mainly for the manufacture of pellets and briquettes, and the second, for firewood. At the end of this research, it was possible to support the decision-making to select neotropical species from forest restoration areas for indication of use in multiple products, based on their physical, chemical, and energetic properties.

Keywords: Wood Properties; Sustainability; Forest Management.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Restauração florestal e Manejo florestal sustentável	4
2.2 Grupos ecológicos	7
2.3 Espécies trabalhadas	9
2.4 Aspectos qualitativos da madeira	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Área de estudo	13
3.2 Coleta de material	14
3.3 Determinação da densidade básica e porosidade da madeira	14
3.4 Análise química da madeira	15
3.6 Análise de dados	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Propriedades físicas da madeira	17
4.2 Propriedades químicas da madeira	19
5. CONCLUSÕES	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXO A - Espécies presentes no ensaio experimental de restauração florestal no Anhembi, SP, Brasil	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies presentes no trabalho.....	14
Tabela 2 - Espécies presentes no ensaio experimental.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da área de estudo, Anhembi, SP, Brasil.....	13
Figura 2 - Esquema ilustrativo com as médias de densidade básica das espécies selecionadas.....	17
Figura 3 - Esquema ilustrativo com as médias de porosidade das espécies selecionadas.....	18
Figura 4 - Esquema ilustrativo com as médias de extrativos, lignina e holocelulose das espécies selecionadas.....	20
Figura 5 - Esquema ilustrativo com as médias de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo na madeira das espécies selecionadas.....	22

1. INTRODUÇÃO

Tomadores de decisões em todo o mundo têm promovido ações com o objetivo de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, priorizando a restauração de ecossistemas degradados (CORLETT, 2016; LEWIS et al, 2019; METZGER, 2019; UNEP, 2021). O século XXI tem sido marcado por essas ações e metas, a considerar as Metas de Aichi de 2010, Desafio de Bonn de 2011 e a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030, cujos objetivos convergem diretamente para a restauração dos ecossistemas degradados em todo o planeta (CORLETT, 2016; LEWIS et al, 2019; METZGER, 2019; UNEP, 2021; MARCHAND et al, 2021). Também vale ressaltar acerca dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, pela ONU, sobretudo os objetivos: número 7 (Energia limpa e sustentável), 13 (Ação contra mudança global do clima) e 15 (que preserva a Vida terrestre) (UNEP, 2021). A escolha de restaurar ecossistemas degradados com espécies arbóreas contribui para a remoção do carbono da atmosfera convertendo-o em biomassa, reduz as ações do aquecimento no planeta e atende a compromissos climáticos globais (LEWIS et al, 2019).

As florestas desempenham um papel de manutenção dos serviços ecossistêmicos e gestão dos recursos hídricos, por sua vez, o aumento da cobertura arbórea, além dos benefícios referentes a biodiversidade, também promove a geração de renda (LEWIS et al, 2019). Uma alternativa para suprir os investimentos na implementação da restauração e manter o ecossistema saudável, é seu uso múltiplo por meio do manejo sustentável (SIRY; CUBBAGE; AHMED, 2005). Levando em consideração o maior tempo de desenvolvimento da matéria-prima lenhosa em locais de restauração florestal, a obtenção da madeira pode ser dada por um plano de manejo a partir do ciclo de crescimento das espécies, conforme suas características e nível de sucessão ecológica na qual desempenha no sistema (SIRY; CUBBAGE; AHMED, 2005; BRANCALION et al, 2016a; TUMPACH et al, 2018; SANTOS JUNIOR, 2022). É importante salientar que a região Neotropical é detentora da maior riqueza de espécies do globo, com boa adaptação das espécies, que se distribuem do México Central ao sul do Brasil (TABARELLI; MANTOVANI, 1999; BILA et al, 2011; LIMA et al, 2018). A boa adaptabilidade das espécies presentes nessas regiões diversas pode ser um indicativo promissor na utilização em plantios de restauração e produção de material lenhosos.

No Brasil, o manejo florestal sustentável é definido pelo Decreto Federal nº 1282/1994 e a principal normativa que o regulamenta é a Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente - MMA Nº 01, de 25 de junho de 2009. A Lei nº 12.651, dispõe acerca da vegetação nativa e atribui ao proprietário um percentual de preservação, variável conforme o bioma de inserção da área, em que é mantida a Reserva Legal - RL (BRASIL, 2012). A medida em que podem ser mantidos os serviços ecossistêmicos, as áreas de Reservas Legais podem ser economicamente exploradas de forma parcial ou em sua totalidade, sempre sob plano de manejo sustentável, tornando uma alternativa promissora de geração de renda ao proprietário (BRANCALION et al., 2016b; METZGER, et al. 2019).

Acredita-se que o manejo de áreas em restauração florestal seja uma boa opção para obtenção de múltiplos produtos em conjunto à conservação da biodiversidade e ao retorno financeiro para o produtor rural. Porém, as características da madeira podem ser totalmente distintas em função da diversidade de espécies, estratos arbóreos explorados e da carga genética de cada uma. Biologicamente e cientificamente, a madeira é definida como um material heterogêneo complexo, com variações na constituição física, química e anatômica em função das porções do tronco, indivíduos, espécies e locais de plantio (BROWNING, 1963; LIMA et al, 2007; TRUGILHO et al, 2015; SERENINE JUNIOR et al, 2019). Além da complexidade intrínseca às características da madeira, também há pouco conhecimento técnico acerca da seleção de espécies neotropicais como matéria-prima para obtenção de produtos (KATINAS et al., 2014; LIMA et al, 2018; DIAS et al., 2021; SANTOS JUNIOR, 2022). Dessa forma, o estudo específico das propriedades tecnológicas das madeiras neotropicais provenientes de restauração florestal é de grande importância para direcionamento de valor e qualidade dos produtos a serem obtidos (SERENINE JUNIOR et al, 2019).

Nesse sentido, este trabalho visa investigar o comportamento da madeira de espécies florestais neotropicais obtidas de áreas de restauração florestal, conforme suas propriedades físicas e químicas, como auxílio para a tomada de decisão na seleção de espécies como matéria-prima destinada a obtenção múltiplos produtos. Portanto, a hipótese investigada foi que a madeira das espécies presentes no contexto deste trabalho possui características tecnológicas adequadas para obtenção de multiprodutos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar o potencial da madeira de espécies florestais neotropicais obtidas em áreas de restauração florestal como auxílio para a tomada de decisão na seleção de espécies para a utilização como matéria-prima para obtenção de múltiplos produtos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades físicas da madeira por meio de densidade básica, densidade verdadeira e porosidade;
- Caracterizar quimicamente a madeira através da quantificação de seus constituintes principais e metabólitos secundários.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Restauração florestal e Manejo florestal sustentável

Foram desenvolvidas, ao longo do tempo, ações com objetivo de mitigar os efeitos negativos de atividades antrópicas no meio ambiente e que impactavam também, a saúde do próprio homem; esse tipo de motivação levou à realização de iniciativas como a restauração ecológica e restauração florestal (BRANCALION et al, 2015). O objetivo da restauração florestal é de que uma área degradada da paisagem, retorne às condições mais próximas possíveis a original, em aspectos de estrutura e funcionalidade da floresta, de maneira que a comunidade lá presente evolua e a sucessão natural aconteça ao decorrer dos anos (FERRETTI, 2002).

Na implementação de um projeto de restauração florestal, é preferível, pelo baixo custo, a promoção da técnica de regeneração natural e, quando não for possível, é necessário trabalhar com a regeneração artificial a partir da sementeira direta ou sucessão secundária induzida, como também, utilizar as técnicas de nucleação e plantio tradicional em área total (CALEGARI et al, 2010; BRANCALION et al., 2016a; BARBOSA et al., 2017). Na priorização de áreas destinadas a restauração, são levados em consideração, além de variáveis técnicas e ambientais, fatores sociais e econômicos correlacionados às regiões de implementação (RODRIGUES et al., 2009).

Neste sentido, para iniciar um projeto de restauração florestal algumas diretrizes devem ser seguidas. Dentre elas, para o sucesso da sucessão ecológica, estão: o respeito ao ecossistema local pré-existente, a matriz a qual a área está inserida, considerar outras formas de vida, condições e histórico do uso do solo, além da influência, disposição, forma, estado de conservação e conectividade dos fragmentos florestais remanescentes (GANADE et al., 2001; CHAZDON, 2003; FREIRE, 2013; HOLL et al., 2017; SANTOS JUNIOR, 2022). Rodrigues et al (2009) destacam que o êxito na aplicação de ações de conservação e técnicas de restauração pode assegurar a função de manutenção da biodiversidade nos fragmentos florestais e melhor gestão dos recursos hídricos.

Além das funções ecológicas, a restauração florestal também favorece a segurança alimentar e promove benefícios socioeconômicos (TILMAN; CLARK, 2014; CHAZDON; BRANCALION, 2019). De acordo com Joly et al (2019), mais de 469 espécies de plantas utilizadas no país em sistemas agroflorestais também são viáveis para serem plantadas ou exploradas em áreas de Reserva Legal. Em conjunto ao

potencial alimentício e uso madeireiro, mais de 245 espécies nativas brasileiras podem ser usadas na produção de cosméticos e fármacos (JOLY et al, 2019). Dessa forma, a diversificação de renda através das espécies e seus multiprodutos impulsiona o proprietário que aplica a restauração florestal e/ou conserva sua área. Em muitos casos, há mais ganhos com a conservação ou restauração de uma área, que a conversão da mesma para determinado plantio (METZGER et al, 2019).

Citadas as melhorias locais de conservação e desenvolvimento social, Lewis et al (2019) ainda evidenciam que a melhor maneira de remover carbono atmosférico é através restauração de florestas. O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) mostra que 730 bilhões de toneladas de CO₂ devem ser retirados da atmosfera até o final deste século, e que, aumentar a área total de florestas armazenariam cerca de um quarto do carbono atmosférico para frear o aquecimento global 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (IPCC, 2018). Portanto, a conservação e a restauração florestal, associados a seus diversos serviços ecossistêmicos, evidenciam o potencial para um novo desenvolvimento socioeconômico e sustentável, como ferramentas mitigadoras das mudanças climáticas, provedoras de geração de renda e redução da pobreza e desigualdade social (JOLY et al, 2019).

Para assegurar a manutenção ecológica das florestas e obter renda pelo uso de seus possíveis produtos, uma ótima alternativa se dá, por exemplo, por meio da utilização da madeira proveniente de plantios de restauração florestal seguindo os critérios de manejo (SANTOS JUNIOR, 2022). No Brasil, sob regimento da Lei nº 12.651, as áreas de Reserva Legal podem ser destinadas também para o uso econômico, parcialmente, ou em totalidade, mantendo estritamente sua vegetação nativa conservada ou restaurada, podendo assim, utilizar estratégias de manejo florestal sustentável como opção viável ao proprietário da terra (BRANCALION et al, 2016b; TUMPACH et al, 2018; METZGER et al, 2019; SANTOS JUNIOR, 2022). Bracalion et al (2016), reforçam que as Reservas Legais podem ser economicamente exploradas a medida em que vegetação natural for mantida ou restaurada, portanto, sob regime de manejo florestal sustentável.

As definições presentes na literatura de manejo florestal, manejo florestal sustentável, ou ainda manejo florestal sustentado, são inúmeros. Através do Decreto Federal nº 1282/1994, pela legislação brasileira, o manejo florestal sustentável é entendido no sentido da administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando os mecanismos de sustentação do ecossistema

objeto do manejo (BRASIL, 1994). A principal normativa que regulamenta o manejo florestal no país é a Instrução Normativa do MMA N° 01, de 25 de junho de 2009, levando em consideração fatores como: ciclo e intensidade de corte, área de manejo florestal, unidade de produção anual e de trabalho, plano de manejo florestal sustentável, autorização para exploração, relatório de atividades, vistoria técnica, resíduos da exploração florestal e regulação da produção florestal (BRASIL, 2009).

A “regulação florestal”, um dos fatores considerados pelas definições da Instrução Normativa citada anteriormente (MMA N° 01, de 25 de junho de 2009), pode ser entendida pela implementação propriamente dita do manejo florestal sustentável. Sendo dada como o “procedimento que permite estabelecer um equilíbrio entre a intensidade de corte e o tempo necessário para o restabelecimento do volume extraído da floresta, de modo a garantir a produção florestal contínua” (BRASIL, 2009). Portanto, o manejo quando implementado corretamente, é uma alternativa para resguardar a continuidade da produção e conservação da biodiversidade. Embora existam inúmeros decretos, normativas e definições, o debate sobre o assunto ganha evidência em consequência do uso excessivo e desregulado dos recursos florestais.

Neste sentido, a partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD - 1992), países ao redor do mundo desenvolveram critérios e indicadores regionais e internacionais capazes de mensurar e monitorar o êxito no manejo florestal sustentável (SIRY; CUBBAGE; AHMED, 2005). Siry; Cubbage; Ahmed (2005) explicam que no mundo, 1,7 bilhão de hectares de florestas foram cobertos por planos de manejo florestal, e 477 milhões de hectares estavam sob decretos ou leis formais de proteção florestal, sendo a maior concentração desta cobertura florestal presente na América do Sul e na Federação Russa, contudo o grau de intensidade de manejo e proteção florestal de fato implementado por esses relatos é questionável.

Conforme valores projetados para o ano de 2020 pela FAO, o Brasil apresenta a segunda maior área de florestas, com 497 milhões de hectares, atrás somente da Rússia, de 815 milhões de hectares. Embora o estudo aponte que as áreas sob regime de manejo vêm aumentando em todas as regiões do planeta, na América do Sul esse valor equivale a apenas 24% das áreas (FAO, 2020). O documento ainda destaca que no mundo, a média é de que 30% de todas as florestas são utilizadas para fins produtivos, ou seja, aproximadamente 1,15 bilhão de ha de florestas são geridas

sobretudo para a obtenção de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, e 749 milhões de ha são destinados a múltiplos usos (FAO, 2020).

2.2 Grupos ecológicos

A organização de espécies em agrupamentos ecológicos representa uma ferramenta eficiente na caracterização biológica e dos mecanismos voltados às respostas das plantas a diferentes distúrbios (FERRAZ et al, 2004). Criar uma “floresta” somente com árvores ao acaso é insuficiente, visto que não é a maneira de ocorrência natural, portanto, grande parte dos projetos de restauração e recuperação de áreas degradadas se baseiam na aceleração do processo por grupos de sucessão ecológica (BARBOSA et al, 2017). Ferraz et al (2004) elencam que este agrupamento facilita a modelagem da dinâmica da floresta, de maneira que o conhecimento sobre pode ser aplicado em trabalhos de conservação e manejo sustentável. É possível afirmar que a caracterização quanto ao agrupamento ecológico é importante para obter respostas referentes a perda da biodiversidade, mudanças climáticas e restauração (PRACH; WALKER, 2011).

Os critérios de classificação em grupos ecológicos são dificultados devido à grande plasticidade das espécies (PAULA et al, 2003). A existência destes grupos ecológicos está baseada no princípio de que as características morfológicas, fisiológicas e comportamentais que determinadas espécies expressam devem ser levadas em consideração (FERRAZ et al, 2004). Com base na sucessão florestal, a classificação de grupos ecológicos foi sugerida por diversos autores. Budowski (1965), classifica as espécies em quatro grupos de sucessão ecológica, sendo eles: os das espécies pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. Enquanto Gandolfi (1995), classificou o grupo de espécies trabalhadas em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e outras “sem caracterização” quanto aos parâmetros de organização utilizados. Cada estágio da sucessão funciona como um fomento, de modo a fornecer condições para que as espécies do estágio seguinte também se estabeleçam (MIRANDA, 2009).

Nesse sentido, as espécies classificadas como pioneiras modificam a paisagem e trabalham para que as espécies secundárias sejam estabelecidas (WITTMANN et al, 2007). Gandolfi (1995) identificou que as pioneiras são altamente dependentes de luz e não ocorrem no sub-bosque, portanto são mais encontradas nas bordas das florestas ou clareiras. Isso se dá, pois, uma característica comum entre as espécies

deste agrupamento, é que suas sementes podem permanecer no banco de sementes por longos períodos, até que as condições sejam adequadas a sua germinação (PAROLIN, 2001; FERRAZ et al, 2004; SANTIAGO et al, 2021). A dormências destas sementes podem ser superadas pela luz e temperatura (OROZCO-SEGOVIA; VÁZQUEZ YANES, 1989; FERRAZ et al, 2004).

Outras características das pioneiras são o rápido crescimento e alta taxa de dispersão, tornando-as mais prováveis de sobreviverem no início da sucessão (MIRANDA, 2009). Espécies de estágios iniciais de sucessão demandam de altas taxas de crescimento, e por essa razão produzem madeiras de menor densidade (CHAVE et al 2009; POORTER et al, 2010; LOGUI et al, 2011). As pioneiras geralmente ainda possuem baixo valor comercial e pouca demanda de mercado, normalmente com madeiras de densidade básica menor que $0,5 \text{ g/cm}^3$ (FERRAZ et al, 2004). Novais (2022), ao trabalhar com madeiras de espécies pioneiras, relata variação de densidade básica de $0,288 \text{ g/cm}^3$ a $0,477 \text{ g/cm}^3$.

As espécies pioneiras e secundárias iniciais apresentam ampla distribuição geográfica, sendo identificadas em áreas de condições climáticas e edáficas muito distintas, indicando boa adaptabilidade (BUDOWSKI, 1965). Nestes dois grupos ecológicos a dispersão de sementes ocorre por Anemocoria e/ou Zoocoria (ave e morcego) (BUDOWSKI, 1965). O autor evidencia que a maior distinção entre os dois grupos ocorre pela regeneração, a qual é dada como “rara” para as pioneiras, e “praticamente ausente” pelas secundárias iniciais. As secundárias iniciais ocorrem em condições de luminosidade não muito intensa ou sombreamento pequeno, como no sub-bosque não densamente sombreado, em pequenas clareiras, bordas de clareira grande ou bordas da floresta (GANDOLF, 1995). Assim como as pioneiras, as secundárias iniciais apresentam rápido crescimento e madeira de baixa densidade (MOMO et al, 2020; NOVAIS, 2022). As madeiras das espécies classificadas como secundárias iniciais estudadas por Novais (2022) apresentaram densidade básica variando de $0,361 \text{ g/cm}^3$ a $0,380 \text{ g/cm}^3$, indicadas como leves.

Espécies agrupadas como secundárias tardias tem como principal característica a deciduidade, são mais comumente encontradas em habitats secos ou florestas decíduais (BUDOWSKI, 1965). Se desenvolvem em sub-bosque sob condições de sombreamento leve ou denso, podendo permanecer no decorrer de toda vida, crescer até o alcance do dossel ou serem emergentes (GANDOLFI, 1995). De modo geral, a dispersão de sementes destas espécies se dá principalmente por

anemocoria, podem apresentar crescimento rápido e outros lentos, a regeneração pode ser ausente ou abundante (com grande mortalidade nos anos iniciais) e madeiras leves a pesadas (BUDOWSKI, 1965). Novais (2022) ao trabalhar com madeira de espécies secundárias tardias identificou variação da densidade básica de 0,425 g/cm³ a 0,825 g/cm³. Trabalhos que tratam da densidade básica da madeira ou medidas semelhantes, relacionam a velocidade de crescimento e grupo ecológico ao seu valor, de modo que espécies em fases iniciais possuem densidades mais baixas e espécies de fases finais alta densidade (GANDOLFI, 1995; FERRAZ et al, 2004).

Uma comunidade clímax é o resultado final de um processo sucessional bem sucedido, há um mix de espécies de diferentes grupos ecológicos que compõem um sistema dinâmico (PAULA et al, 2003). O autor explica que uma população pode ser classificada como clímax se já evidencia um domínio permanente do hábitat, com uma série completa de indivíduos por espécie distribuídos em cada classe de diâmetro ou idade. Espécies agrupadas como climácicas comumente são de crescimento lento ou muito lento, apresentam tolerância a sombra (exceto no estágio adulto), a dispersão de suas sementes é por barocoria e/ou zoocoria e possuem madeira pesada (BUDOWSKI, 1965). Geralmente pelo perfil lento de crescimento, espécies representadas nos grupos das secundárias tardias e climácicas apresentam maior densidade básica (MOMO et al. 2020).

2.3 Espécies trabalhadas

Nativa da América do Sul e pertencente à família Anacardiaceae, a *Schinus terebinthifolius* é uma espécie que se distribui geograficamente em algumas regiões da América e Europa; e no Brasil, ocorre nos vários tipos de formações vegetais, com predominância nos estados de Pernambuco e Rio Grande do Sul (CARVALHO, 1994; CARVALHO, 2003). A espécie apresenta potencial econômico para uso condimentar, madeireiro e outros usos (SANQUETTA et al, 2015). Seus metabólitos secundários produzem flavonóides, taninos e óleos essenciais, que são aplicáveis a indústria cosmética, de perfumaria e alimentar (SANTOS et al, 2007). A madeira da *S. terebinthifolius* pode ser destinada a usos como energia, peças roliças, peças serradas e mourões (CARVALHO, 2003). Apesar das suas diversas aplicabilidades, sua madeira possui valor comercial baixo, o que pode ser consequência do conhecimento limitado das suas propriedades tecnológicas (SANQUETTA et al, 2015).

Embora existam poucas pesquisas sobre suas características, a espécie *Pterogyne nitens*, de distribuição e bom crescimento na região Nordeste do Brasil, tem despertado interesse acerca do seu potencial tecnológico (FIGUEIREDO et al, 2018). A *P. nitens* apresenta madeira de valor econômico para diversos fins, como lenha de boa qualidade pelo seu poder calorífico (CARVALHO, 1994). Santana et al. (2017) constataram que a madeira de *P. nitens* apresentou resultados de resistência e rigidez mecânica satisfatórios. A espécie também possui facilidade de se estabelecer em solos pobres de matéria orgânica e nutrientes devido a sua capacidade de fixar nutrientes por meio da simbiose de determinados fungos e bactérias (FRANCO, 1995).

Pertencente a família Meliaceae, a *Cedrela fissilis* apresenta uma larga distribuição geográfica em diversos países da América, como Costa Rica, Panamá, Bolívia, Equador, Uruguai, Venezuela Peru, Argentina e Brasil (GARTLAND et al., 1996). A madeira desta espécie, em decorrência de características como alta durabilidade e boa trabalhabilidade é de ampla utilização e grande importância econômica, possível de ser empregada em compensados, contraplacados, esculturas, obras de talha, modelos, molduras, esquadrias, móveis, marcenaria, construções diversas, pequenos objetos e instrumentos musicais (LORENZI, 1996; ANGELO et al., 2001; ANDREACCI; BOTOSSO; GALVÃO, 2014). A *C. fissilis* também é empregada no paisagismo e recomendada para compor reflorestamentos heterogêneos (LORENZI, 1992).

A *Myroxylon peruiferum*, pertencente à família Fabaceae, se distribui geograficamente em muitos países da América do Sul e por quase todo território brasileiro (CARVALHO, 2006). A madeira da *M. peruiferum* é de potencial econômico aplicável a diversos fins devido a sua beleza e alta resistência. As utilizações variam para confecção de móveis, como a madeira serrada e roliça, própria para construção civil e naval, obras hidráulicas expostas ao tempo, marcenaria de luxo, carroceria, tanoaria, portas nobres, rodas d'água, vigas e pequenos objetos (CARVALHO, 2006). Catão et al (2011) realizaram um estudo utilizando a madeira de *M. peruiferum* para barris de cachaça, e constataram que esta obteve resultados semelhantes ao armazenamento em barris de carvalho, mais usado tradicionalmente. Pereira et al (2018) a partir de uma abordagem fotoquímica, utilizaram do extrato etanólico presente na casca de *M. peruiferum*, e obtiveram resultados que demonstram o potencial químico da espécie para sua aplicação na medicina popular.

2.4 Aspectos qualitativos da madeira

Do ponto de vista físico, químico, anatômico e mecânico, e em função dos diversos tipos de células e tecidos nas diferentes distribuições e proporções ao longo do tronco, a madeira constitui-se de é um material heterogêneo e complexo (BROWNING, 1963; LIMA et al, 2007; TRUGILHO et al, 2015; SERENINE JUNIOR et al, 2019). Ou seja, as partes de um mesmo indivíduo podem apresentar distintas características entre si, portanto, as variações em diferentes indivíduos de mesma espécie são ainda mais evidentes. Desta maneira, a uniformidade das características de um lote de madeira, é um dos fatores mais valorizados e importantes para seu uso a múltiplos fins (SERENINE JUNIOR et al, 2019).

Para obter um material com propriedades tecnológicas desejáveis e favoráveis a determinado produto, a associação das propriedades qualitativas da madeira é essencial (LOBÃO et al. 2010, 2011; MELO et al. 2013; MELO, 2015; SERENINE JUNIOR et al, 2019). O diagnóstico fiel da qualidade da madeira pode demandar de dias a meses para ser determinado em laboratório, e por vezes, é um processo caro, aplicável a um número limitado de amostras, conforme a demanda do trabalho e quantidade de material disponível (BALDIN et al, 2020).

Em relação as propriedades físicas, a densidade se destaca por se relacionar a outras propriedades da madeira, como a mecânica, química e anatômica (TRUGILHO et al, 1990; BATISTA, KLITZKE, SANTOS, 2010; MELO, 2015; ZAQUE et al. 2018; SERENINE JUNIOR et al, 2019; COELHO, 2021). Este parâmetro também se correlaciona as características tecnológicas para produção e utilização de multiprodutos madeireiros (SANSÍGOLO; RAMOS, 2011; SIMETTI et al, 2018; COELHO, 2021). Fisicamente, a densidade é definida pela quantificação da massa de um material lenhoso por unidade de volume (FOELKEL, 2015).

Outro parâmetro que se correlaciona a densidade, é a porosidade da madeira, dada pela razão entre os resultados da densidade básica e a densidade verdadeira. A porosidade é diretamente proporcional ao volume vazio dos lúmens das células e aos espaços microscópicos das paredes celulares (BOWYER et al. 2003; FOELKEL, 2015). Do ponto de vista qualitativo, esta propriedade é importante por mensurar diretamente a capacidade de uma peça de madeira em absorver ou reter água; além de se relacionar com sua capacidade de deterioração, por ataques de xilófagos, que por sua vez, procuram regiões vazias na madeira, ou seja, de máxima porosidade (COSTA, 2006).

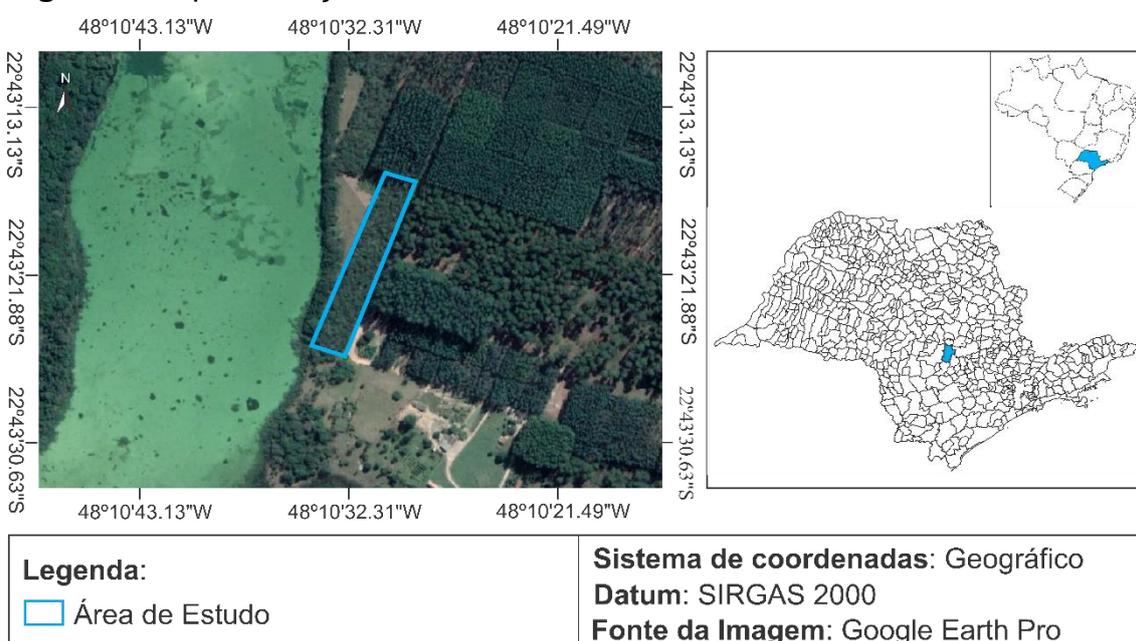
Os estudos das propriedades químicas e da ação do calor na madeira também são ferramentas que possibilitam aumentar a precisão do agrupamento de espécies destinadas a múltiplos fins. Os principais constituintes químicos da madeira são a celulose, hemicelulose e lininas, além de conter substâncias denominadas extrativos e uma fração menor de inorgânicos, estes compostos estão distribuídos pelas camadas que compõem a fibra da madeira (SANTOS et al, 2016). Conforme as características intrínsecas ao material, a ação do calor na madeira já é um fenômeno que pode desencadear diferentes níveis de transformação em sua estrutura, (BRITO et al, 2006). Desse modo, portanto, a quantificação de todos estes elementos citados é crucial para tomada de decisões referentes a destinação da madeira aos mais diversos produtos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O material utilizado neste trabalho foi coletado na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi da Universidade de São Paulo, em uma área experimental em restauração destinada à Reserva Legal. A densidade de plantio é de aproximadamente 1.666 árvores ha⁻¹ (3x2 m), nas margens do reservatório de Barra Bonita do Rio Tietê, localizada geograficamente nas coordenadas 22° 43' 22" S e 48° 10' 32" W, 455 m de altitude (Figura 1).

Figura 1. Representação da área de estudo, Anhembi, SP, Brasil.



Fonte: Adaptado de Santos Junior (2022).

Com base no mapeamento feito na própria Estação Experimental, o solo predominante foi Latossolo Amarelo Distrófico, apresentando composição de 82% de areia, 13% de argila e 5% de silte (COOK; STAPE; BINKLEY, 2013). O clima, segundo Köppen, é classificado como Cwa (mesotérmico de inverno seco), com precipitação média anual de 1100 mm e temperatura média anual de 25°C (ALVARES et al., 2013; FERREZ et al., 2015). Trata-se de um plantio experimental implantado em cooperação com as instituições: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e Petrobrás.

3.2 Coleta de material

Na área de estudo havia um total de 20 espécies (Tabela 2, em Anexo A), no entanto, para esta pesquisa, foram coletadas 4 espécies (Tabela 1), uma de cada grupo ecológico. Foram retiradas amostras do DAP em 5 repetições por espécie (5 x 4), totalizando 20 indivíduos utilizados na pesquisa. No momento do corte as árvores apresentavam 12 anos de idade.

Tabela 1. Espécies presentes no trabalho.

GE	Espécies selecionadas
P	<i>Schinus terebinthifolia</i>
SI	<i>Pterogyne nitens</i>
ST	<i>Cedrela fissilis</i>
C	<i>Myroxylon peruiferum</i>

Em que: GE = Grupo ecológico; P = Pioneira; SI = Secundária inicial; ST = Secundária tardia e C = Climácica. Fonte: A autora.

3.3 Determinação da densidade básica e porosidade da madeira

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada de acordo com a norma D2395-17 (ASTM, 2017), pelo método da imersão. O procedimento consiste em saturar um corpo de prova de madeira (cunhas do DAP) com água até a obtenção de massa constante, posteriormente, montar um recipiente com uma quantidade de água de modo a imergir toda a amostra, sobre uma balança e deslocar a amostra. O volume deslocado da água corresponde ao do corpo de prova. Por fim, a madeira foi para estufa a 103 ± 2 °C até massa constante. A densidade básica foi determinada de acordo com a equação (1).

$$db = \frac{m_0}{(m_2 - m_1)} \quad (1)$$

Em que: db = densidade básica (g cm⁻³); m₀ = massa da madeira seca em estufa; m₁ = massa do recipiente com água (g) e m₂ = massa do sistema recipiente com água e com a amostra imersa.

A densidade verdadeira foi realizada como meio de obtenção da Porosidade, sendo determinada adaptando-se a norma D854-14 (ASTM, 2014), pelo método do picnômetro. Posteriormente, a porosidade foi avaliada utilizando-se a equação (2),

que consiste na relação entre a densidade básica e a densidade verdadeira (PLÖTZE; NIEMZ, 2011).

$$n = 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \quad (2)$$

Em que: n = porosidade %; ρ = densidade básica (g cm^{-3}) e ρ_s = densidade verdadeira (g cm^{-3}).

3.4 Análise química da madeira

O teor de extrativos totais foi realizado de acordo com a norma D1107 (ASTM, 2021), a madeira foi processada em moinho de facas tipo Willey e, posteriormente, classificada entre as peneiras de malha 40 e 60 mesh. Logo após, esse material foi inserido em cadinhos de gooch n° 3 e introduzido em aparelhos *soxhlet* para extração em três ciclos consecutivos com solventes orgânicos: I) extração por solução de etanol/tolueno (2:1) por seis horas; II) extração por etanol ao longo de quatro horas e III) extração por água quente durante uma hora. O teor de extrativos totais foi determinado de acordo com a Equação 4.

$$Et = \left[1 - \left(\frac{m_2}{m_0} \right) \right] \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: Et = teor de extrativos totais (%); m_0 = massa de material com umidade corrigida (g) e m_2 = massa do material livre de extrativos.

A madeira livre de extrativos foi utilizada para quantificação do teor de holocelulose, pelo método de cloração, que consiste em lavar a amostra com água, ácido acético e clorito de sódio ao banho-maria para a separação da lignina dos polissacarídeos. A determinação da holocelulose foi realizada de acordo com a equação (5), sugerida por Abreu et al. (2006).

$$TH = \left(\frac{MFh - MFv}{MMle} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que: TH = teor de holocelulose (%); MFh = massa do funil com holocelulose (g); MFv = massa do funil vazio (g); MMle = massa de madeira livre de extrativos (g).

A quantificação de lignina insolúvel (lignina de Klason) foi realizada pelo método da hidrólise ácida, que consiste na reação da madeira livre de extrativos com ácido sulfúrico. Os teores de lignina insolúvel foram determinados pelas equações (6), de acordo com Abreu et al. (2006).

$$TLi = \left(\frac{MFli - MFv}{MMle} \right) \times 100 \quad (6)$$

Em que: TLi = teor de lignina insolúvel (%); MFli = massa do funil com lignina insolúvel (g); MFv = massa do funil vazio (g); MMle = massa de madeira livre de extrativos (g).

Para determinar os teores materiais voláteis, cinzas e carbono fixo da madeira foram realizadas análises imediatas adaptando-se a norma D1762-84 (ASTM, 2007), que consiste em aquecer o material seco em estufa a 103 ± 2 °C em forno tipo mufla a 900 °C por dez minutos e posteriormente calcinar a amostra a 600 °C por seis horas, os teores de matérias voláteis foram obtidos de acordo com as equações (7), (8) e (9).

$$mv = 1 - \left[\left(\frac{m1}{m0} \right) \times 100 \right] \quad (7)$$

$$cz = \frac{m2}{m0} \times 100 \quad (8)$$

Em que: mv = teor de materiais voláteis (%); cz = teor de cinzas (%); m1 = massa de material após etapa de volatilização (g); m2 = massa de material após etapa de calcinação (g); m0 = massa de material inicial (g).

A determinação do carbono fixo foi feita por diferença, conforme a equação 9.

$$cf = 100 - (mv + cz) \quad (9)$$

Em que: cf = carbono fixo (%); mv = teor de materiais voláteis (%); cz = teor de cinzas (%).

3.6 Análise de dados

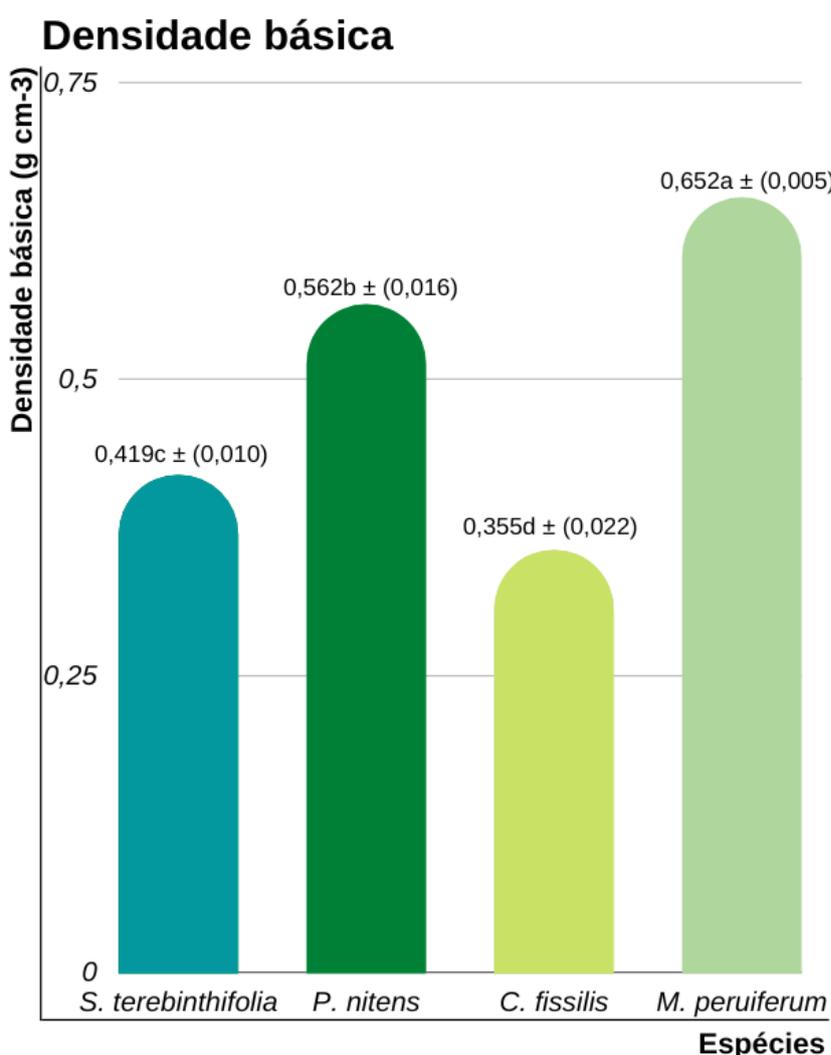
Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, confirmada essa premissa, seguiu-se com a análise de homoscedasticidade pelo teste de Levene. Confirmadas essas suposições, foi realizada a análise de variância (ANAVA), seguindo um delineamento inteiramente aleatorizado, com cinco repetições para cada variável analisada. Cada espécie foi considerada como uma variável. Quando houve diferença estatística, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 95% de probabilidade. A medida de dispersão adotada foi o desvio padrão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas da madeira

As espécies neotropicais estudadas apresentaram densidade básica variando de $0,355 \text{ g cm}^{-3}$ ($\pm 0,022$) a $0,652 \text{ g cm}^{-3}$ ($\pm 0,005$) (Figura 2). Novais (2022) ao trabalhar com madeiras de diferentes grupos ecológicos, as classificou como: até $0,40 \text{ g cm}^{-3}$, madeira leve, $0,41 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,60 \text{ g cm}^{-3}$, madeira média, e acima de $0,61 \text{ g cm}^{-3}$, madeira pesada.

Figura 2. Esquema ilustrativo com as médias e desvio padrão de densidade básica e das espécies selecionadas.



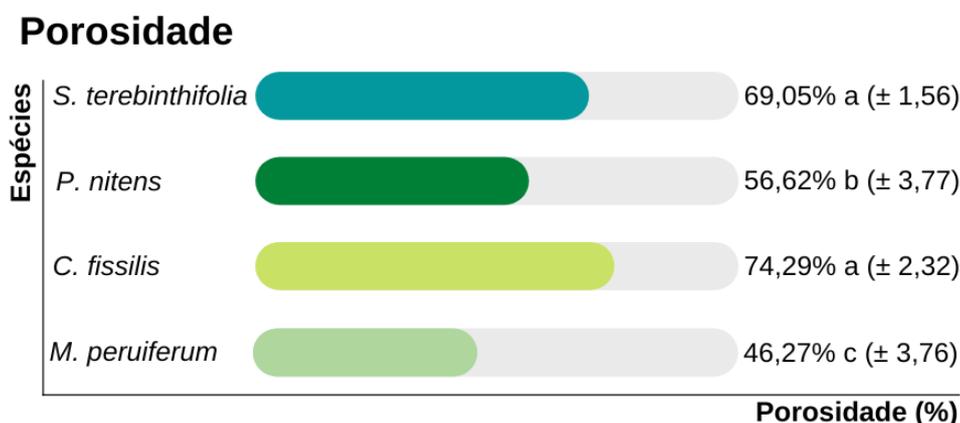
Em que os valores entre parênteses significam desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Fonte: Própria autora.

As espécies avaliadas apresentaram diferença estatística significativa nas médias de densidade básica. As espécies *P. nitens* ($0,562 \text{ g cm}^{-3}$ ($\pm 0,016$)) e *M.*

peruiferum ($0,652 \text{ g cm}^{-3} (\pm 0,005)$), consideradas respectivamente madeiras médias e pesadas (NOVAIS, 2022), podem ser utilizadas, conforme Martins (2013), na fabricação de móveis e peças decorativas de madeira. Já as espécies de *S. terebinthifolia* e *C. fissilis*, que apresentaram menor densidade, podem ser direcionadas a confecção de produtos que não exijam tanto deste parâmetro, como usos mais leves (MARTINS, 2013). Ribeiro, Ferraz Filho e Oliveira (2019) ao apontarem uso a espécie com madeira de densidade baixa, direciona para construções leves, como: acabamentos, divisórias, compensados e móveis de utilidades. Por apresentarem melhor trabalhabilidade, madeiras de baixa e média densidade também pode ser empregadas na obtenção de materiais laminados (PEREIRA, 2015; RAABE; MENEZZI; GONÇALVEZ, 2015). Uma alternativa, tanto para as espécies que apresentaram maior ou menor densidade, é a confecção de pequenos objetos de madeira (SEABRA, 2021). Estes pequenos objetos podem ser utensílios gerais ou peças decorativas. Ao trabalhar com 9 espécies em que a densidade variou de $0,69$ a $0,98 \text{ g/cm}^3$, Seabra; Gonzalez; Gontijo (2018) afirmam que elas apresentaram propriedades com potencial de mercado para os produtos florestais, inclusive para pequenos objetos de madeira.

Novais (2022), confirma que espécies pioneiras apresentam menor densidade básica, e espécies em grupos ecológicos mais avançados na sucessão, apresentam maior valor para esta análise. Visto que a porosidade é obtida a partir da razão entre densidade básica e densidade verdadeira, é esperado que seus resultados sejam inversamente proporcionais aos de densidade básica. As médias de porosidade apresentaram variação de $46,27\% (\pm 3,76)$ a $69,05\% (\pm 1,56)$ (Figura 3).

Figura 3. Esquema ilustrativo com as médias e desvio padrão da porosidade nas espécies selecionadas.



Em que os valores entre parênteses significam desvio padrão e as médias seguidas de mesma letra não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Fonte: Própria autora.

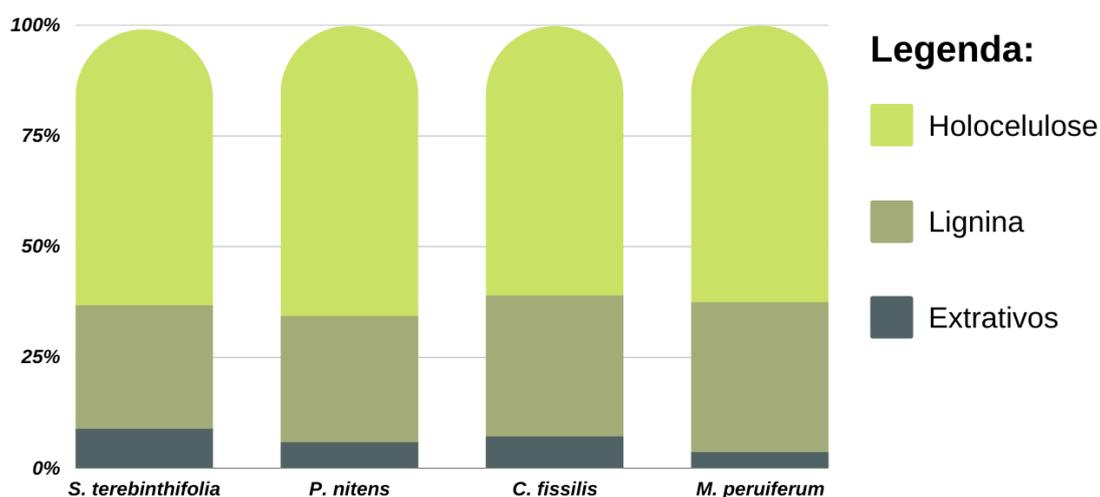
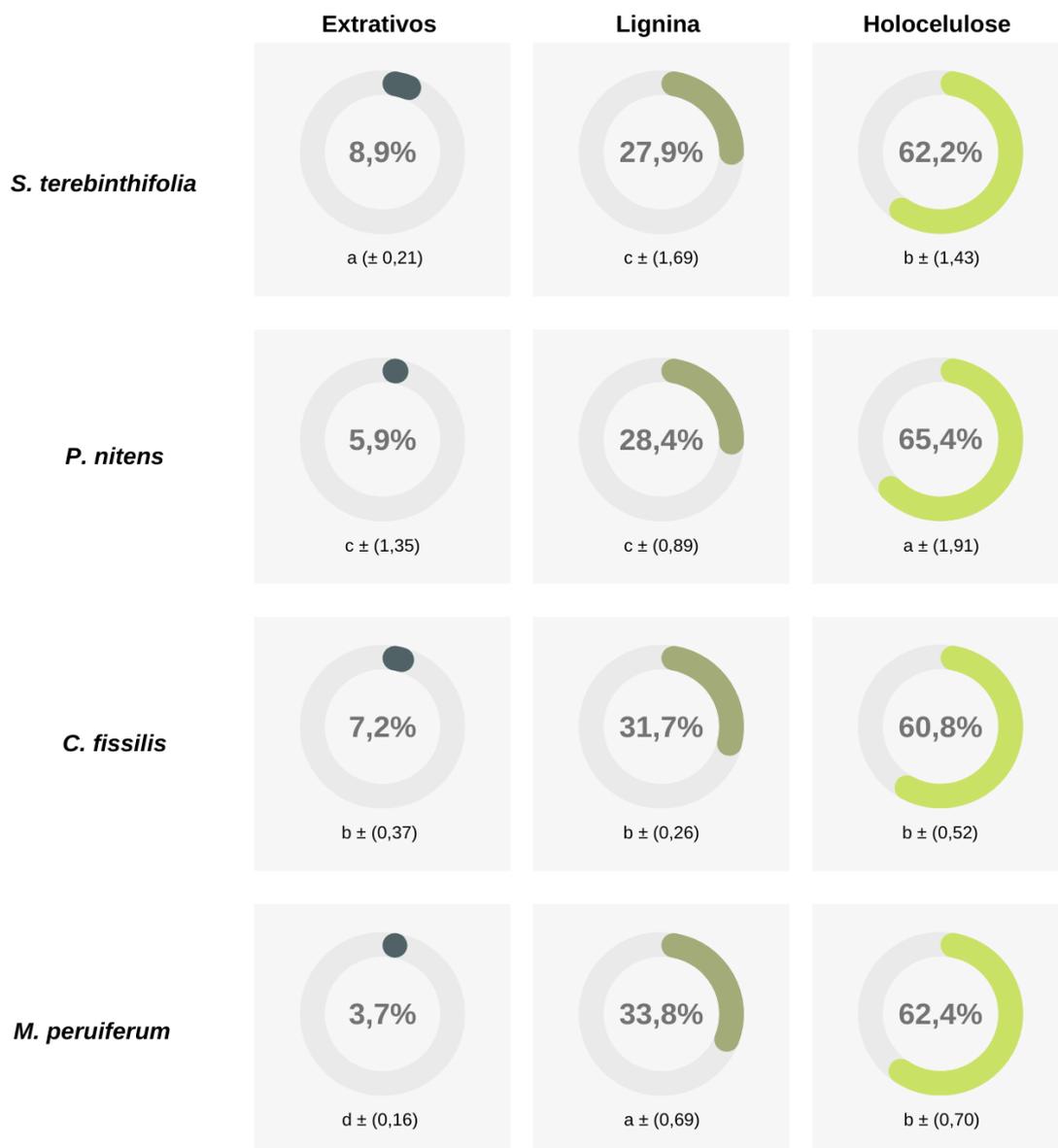
Neste raciocínio, a *C. fissilis* obteve a maior média, enquanto o *M. peruiferum*, espécie climática, a menor (Figura 2). A importância deste parâmetro está principalmente em mensurar a capacidade de uma peça reter ou não água e ao volume vazio de poros. Portanto, é importante se atentar ao apontar determinado uso, uma porosidade maior, pode ser interessante por exemplo a produtos que necessitem da absorção de determinados compostos, ou até mesmo para a transferência das propriedades da madeira a um alimento, como ocorre, conforme Guedes (2019), em tábuas de cocção. Com o objetivo de obter tábuas de cocção, a *C. fissilis* é uma opção válida devido a suas propriedades organolépticas, seguido da *S. terebintifolias*, que apresentou porosidade menor que a espécie anterior (Figura 2), e possui cheiro, odor e gosto interessantes ao uso (SANQUETTA et al, 2015).

No entanto, uma alta porosidade não é viável para confecção de móveis ou construção civil, por este fator se relacionar com a capacidade de deterioração por ataques de xilófagos, que buscam por regiões vazias na madeira (COSTA, 2006). A partir deste ponto de vista, a *M. peruiferum*, se torna uma espécie de potencial para a fabricação de móveis, devido a sua menor porosidade e densidade básica média.

4.2 Propriedades químicas da madeira

A média do teor de extrativos variou de 3,66% ($\pm 0,16$) a 8,99% ($\pm 0,21$), o teor de lignina variou de 27,87% ($\pm 1,69$) a 33,79% ($\pm 0,69$), enquanto o de holocelulose de 60,75% ($\pm 0,52$) a 65,36% ($\pm 1,91$) (Figura 4).

Figura 4. Esquema ilustrativo com as médias de extrativos, lignina e holocelulose das espécies selecionadas.



Em que médias seguidas de mesma letra não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Valores entre parênteses significam desvio padrão. Fonte: Própria autora.

A espécie climácica, *M. peruferum*, obteve a menor média no teor de extrativos (3,66% ($\pm 0,16$)) (Figura 4), assim como menor porosidade e maior valor de densidade básica (Figura 2). A *S. terebinthifolia* (8,99% ($\pm 0,21$)), seguida da *C. fissilis* (7,22% ($\pm 0,37$)), seguiram o mesmo comportamento, bem como com maiores médias de porosidade e menor densidade básica, indicando relação entre as propriedades. Houve diferença estatística nos teores de extrativos das espécies avaliadas (Figura 4). Embora o teor de extrativos seja baixo em relação a outros componentes químicos, sua presença pode influenciar na escolha da madeira para determinados fins, como os extrativos de cor, ou voláteis, que respectivamente dão valor estético ou aromático (SANTOS, 2008). Dessa forma, é possível reforçar o uso da *S. terebinthifolia* e *C. fissilis* para tábuas de cocção também a partir do teor de extrativos.

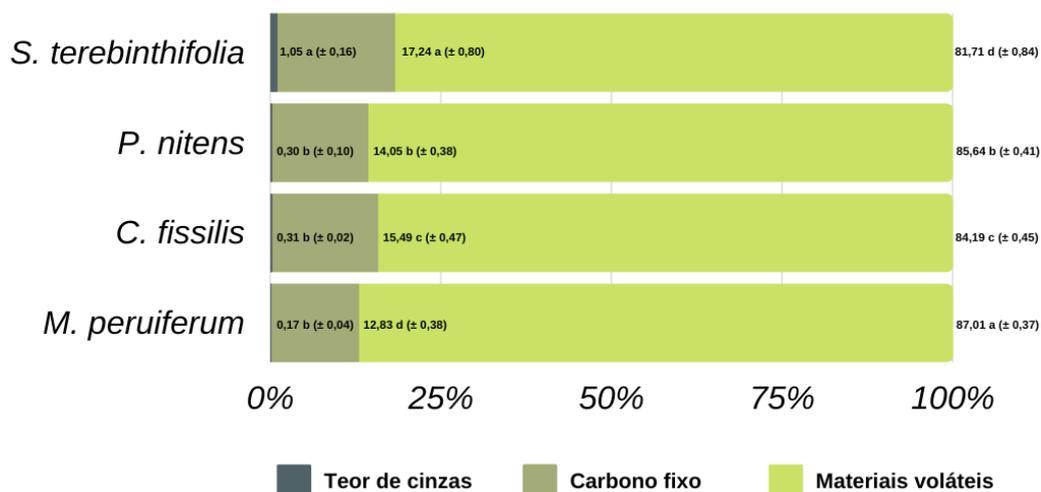
A holocelulose é a combinação da celulose e hemicelulose, sendo obtida a partir dos valores de extrativos e do teor de lignina (GAMA et al, 2020). A maior porcentagem de holocelulose foi encontrada na *P. nitens* (Figura 4). Madeiras com maior teor de holocelulose podem ser destinadas a usos que não exijam tanta resistência a degradação térmica, como a fabricação de lâminas, pois no processo de laminação o material não é submetido a tratamentos térmicos extremos, faz uso de água e a madeira apresentar melhor trabalhabilidade (PEREIRA, 2015). A holocelulose não apresenta tanta resistência a degradação térmica especialmente pela composição da hemicelulose, que possui uma estrutura ramificada e amorfa, facilmente degradada a partir do aumento da temperatura (CIPRIANO, 2015). Enquanto a lignina, é de conhecimento que existe uma relação significativa entre este composto e a densidade da madeira (IMAÑA ENCINAS et al, 2005; SANGUMBE et al, 2019). Bem como apresentou o maior valor de densidade básica, a espécie *M. peruiferum* se destaca com maior teor de lignina. Madeiras mais lignificadas são comumente destinadas a usos que exigem maior resistência ao degradar os componentes metabólitos ou fins energéticos (MIRANDA et al, 2015). Isso ocorre em decorrência das ligações entre carbonos nas unidades de fenil-propano presentes na estrutura da lignina, que favorecem o aumento do poder calorífico e o rendimento na produção de carvão vegetal (BUFALINO et al, 2012; CIPRIANO, 2015).

No que se refere aos resultados das análises imediatas, a média dos materiais voláteis variou de 81,71% a 87,01%, do teor de cinzas de 0,17% a 1,05% e o carbono fixo de 12,83 a 17,24% (Figura 5). No teor de cinzas, houve diferença estatística

significativa apenas para a espécie *S. terebinthifolia*, já os outros dois parâmetros se diferenciaram estatisticamente em todas as espécies trabalhadas.

Figura 5. Esquema ilustrativo com as médias de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo na madeira das espécies selecionadas.

Análises imediatas



Em que médias seguidas de mesma letra não se diferenciam entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Valores entre parênteses significam desvio padrão. Fonte: Própria autora.

A *M. peruiferum*, seguida da *C. fissilis*, obtiveram respectivamente as maiores médias de materiais voláteis, enquanto a *S. terebinthifolia* apresentou a menor média. O baixo valor deste parâmetro se dá em função da composição química do material e dos processos de separação, onde parte dele pode ser volatilizado, além disso, quanto maiores os valores, maior a reatividade biomassa e o calor liberado no processo de combustão (MAIA, 2013; FARAGE et al, 2013; SAPELINI, 2017). Altos teores de materiais voláteis combinados a baixos teores de carbono fixo levam a uma combustão mais acelerada da madeira (CAILLAT; VAKKILAINEN, 2013). Dessa forma, a madeira com maior potencial a utilização em forma de lenha é *S. terebinthifolia*. O teor de carbono fixo é a representação percentual do que restou da massa depois da liberação dos compostos voláteis e quantificação das cinzas. Seu valor é inversamente proporcional ao teor de holocelulose e diretamente proporcional a densidade, teor de lignina e extrativos (OLIVEIRA et al, 2010; SAPELINE, 2017). Desse modo, como esperado devido aos resultados de materiais voláteis, a *S. terebinthifolia* também apresentou o maior valor para esta análise (Figura 4), reforçando seu uso para lenha. O teor de cinzas é um indicador de conteúdo mineral

na madeira, o maior valor foi expresso pela *S. terebinthifolia*, e o menor pela *M. peruiferum*. Em decorrência deste conteúdo mineral, o teor de cinzas pode influenciar em alguns processamentos e acabamentos da madeira. Por exemplo, na etapa de colagem de lâminas, pode haver incompatibilidade dos compostos químicos da madeira ao da cola utilizada (FREITAS, 2019; SOUZA, 2019). O baixo teor de cinzas é requerível a combustão de briquetes e pellets, pois, a presença deste material reduz a eficiência energética devido a seu baixo poder calorífico (KALEMBKIEWICZ e CHMIELARZ, 2012). Nesse sentido, em conjunto a seus valores de densidade básica, porosidade e teor de lignina, *M. peruiferum*, apresenta potencial para confecção destes produtos. A quantidade excessiva de cinzas também pode causar incrustações em altas temperaturas nos equipamentos de troca térmica, sendo um agente de resistência à transferência de calor (GARCIEA et al, 2015; SAPELINE, 2017). Em contrapartida, Mallick et al (2020), explicam que metais alcalinos e alcalinos terrosos intrínsecos às cinzas são atrativos para destinação ao uso combustível por aumentarem o desempenho em processos térmicos, como na gaseificação, onde promovem melhora no rendimento de gás combustível.

5. CONCLUSÕES

Conforme as características tecnológicas descritas ao decorrer deste estudo, as madeiras aqui trabalhadas, das espécies *S. terebinthifolia*, *P. nitens*, *C. fissilis* e *M. peruiferum*, apresentaram resposta positiva ao potencial para utilização em múltiplos produtos.

As espécies *P. nitens* e *M. peruiferum*, consideradas de média densidade, podem ser utilizadas na fabricação de móveis com maior valor agregado e peças decorativas de madeira; já as espécies de *S. terebinthifolia* e *C. fissilis*, que apresentaram baixa densidade, podem ser direcionadas a confecção de produtos que não exijam tanto deste parâmetro como: acabamentos, divisórias, compensados e materiais laminados. Uma alternativa, tanto para as espécies que apresentaram maior ou menor densidade, é a confecção de pequenos objetos de madeira.

A *S. terebinthifolia*, e principalmente a *C. fissilis*, são opções válidas para fabricação de tábuas de cocção em decorrência das suas porosidades, teor de extrativos e materiais voláteis. A *M. peruiferum*, devido a sua densidade básica, teor de lignina e cinzas, foi a espécie que pode apresentar maior potencial energético para fabricação de pellets e briquetes.

As análises descritas neste trabalho foram um pré-diagnóstico de utilização da madeira destas espécies como matéria prima. São necessárias análises específicas de cada seguimento de produtos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARADO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de Análise em Química da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Série Técnica, p 01-20, 2006.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDREACCI, F.; BOTOSSO, P. C.; GALVÃO, F. Sinais climáticos em anéis de crescimento de *Cedrela fissilis* em diferentes tipologias de florestas ombrófilas do sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 323-332, jun. 2014.

ANGELO, H.; BRASIL, A. A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 31, n. 2, p. 237 - 248, 2001.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **D1110-21**: Standard Test Method for Water Solubility of Wood. West Conshohocken: ASTM, 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **D1762-84**: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken: ASTM, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **D2395-17**: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials. West Conshohocken: ASTM, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **D854-14**: Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. West Conshohocken: ASTM, 2014.

BALDIN, T.; TALGATTI, M.; SILVEIRA, A. G.; MARCHIORI, J. N. C.; SANTOS, G. A.; SANTOS, O. P.; VALENTE, B. M. R. T. Qualidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose por espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). **Scientia Forestalis**, [S.L.], v. 48, n. 126, 13 p., 30 jun. 2020.

BARBOSA, L. M.; SHIRASUNA R. T.; LIMA, F. C.; ORTIZ, P. R. T.; BARBOSA, K. C., BARBOSA, T. C.. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para

diversas regiões do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica, 344 p, 2017.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V.. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de Eucalyptus. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 665-674, 30 dez. 2010.

BILA, N.; CAMARGO A.; CARLOS RIOS, R.; T. BLUM, C.; BEHLING, A.. Biometria de espécies arbóreas neotropicais em áreas de restauração florestal no sul do Brasil. **Nativa**, v. 9, n. 4, p. 460-470, 11 nov. 2011.

BRANCALION, P. H.; GANDOLFI, S. RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. Disponível em: http://www.lcb.esalq.usp.br/sites/default/files/publicacao_arq/978-85-7975-019-9.pdf. Acesso em: 26 jun. 2022.

BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, W.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes: the case of Brazil. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 856-867, 2016a.

BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. s1, p. 1-16, 2016b.

BUFALINO, L.; PROTÁSIO, T. de P.; COUTO, A. M.; NASSUR, O. A. C.; DE SÁ, V. A.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M. Caracterização química e energética para aproveitamento da madeira de costaneira e desbaste de cedro australiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 32, n. 70, p. 129, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 12 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 out. 2020.

BRASIL. Decreto Federal nº 1.282, de 19 de outubro de 1994. Regulamenta os arts. 15, 19, 20 e 21 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dá outras providências. 1994. Disponível em:

<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/109608/decreto-1282-94> Acesso em: 21 jun 2022.

BRITO, J.O. et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretrificação. **Cerne**, Lavras, v.12, n.2, p.181-188, 2006.

BROWNING, B.L. The chemistry of Wood. New York: John Wiley & Sons, 689p, 1963.

BUDOWSKI, G.. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v.15, p. 440-442, 1965.

CAILLAT, S.; VAKKILAINEN, E. Large-scale biomass combustion plants: an overview. In: ROSENDAHL, L. (Ed.). **Biomass Combustion Science, Technology and Engineering**. Sawston: Woodhead Publishing, 2013, p. 189-224.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 34, n. 5, p. 871-880, out. 2010.

CARVALHO, P.E.R. 1994. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. AMBRAPA – SPI, Brasília, Brasil, 640p

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 1039p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006.

CATÃO, C. G.; PAES, J. B.; GOMES, J. P.; ARAÚJO, G. T. Qualidade da madeira de cinco espécies florestais para o envelhecimento da cachaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 741-747, jul. 2011

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S.L.; SWENSON, N.G.; ZANN, A.E.. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 351–366. 2009.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 1–2, p. 51–71, 2003.

CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, p. 844–855, 2016.

CHAZDON, R.; BRANCALION, P. Restoring forests as a means to many ends. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 24–25, 2019.

CIPRIANO, D. F.. **Análise quantitativa dos teores de lignina e celulose em materiais de biomassa por RMN de ^{13}C no estado sólido**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Física do Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

COELHO, M. U. **Impacto da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* na eficiência dos processos de polpação kraft estendidos**. 2021. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

COOK, R. L.; STAPE, J. L.; BINKLEY, D. Soil carbon dynamics following reforestation of tropical pastures. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, p. 290-296, 2013.

CORLETT, R. T. Restoration, Reintroduction, and Rewilding in a Changing World. **Trends In Ecology & Evolution**, Yunnan, v. 31, n. 6, p. 453-462, jun. 2016.

COSTA, V. E.. **Caracterização físico-energética da madeira e produtividade de reflorestamentos de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla***. 2006. xiii, 99 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2006.

FERRAZ, I. D. K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A. M.; VARELA, V. P.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 4, n. 44, p. 621-632, 2004.

FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. de; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da . Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida no solo: um modelo tecnológico. **Ecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, p. 459-467, 1995.

FREIRE, K. S. F.. **Avaliação da regeneração natural como indicadora de restauração florestal no parque estadual cachoeira da fumaça, ES**. 2013. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Florestal, Ufes, Jerônimo Monteiro, 2013.

FERRETTI, A. R. Modelos de Plantio para a Restauração. In: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. S. Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural. Embrapa Florestas, Colombo, 2002. Cap. 04, p. 21-26.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Global Forest Resources Assessment 2020**. Rome: FAO; 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8753en>. Acesso em: 22 jun. 2022

GANADE, G.G; MESQUITA, R.C.G; ICKES, K; WILLIAMSON, B; Alternative successional pathways in the Amazon Basin. Publisher Blackwell Science Ltd **Journal of Ecology**, vol. 89, cap. 4 Pag. 528-537, 2001.

GANDOLFI, S.; FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F.. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**. v. 55, p. 753-767, 1995.

GARTLAND, H. M.; VOGEL, H.; BOHREN, A. V.; GRANCE, L. A.; CABRAL, J. Ficha técnica de árvores de Misiones: Cedrela fissilis Vell. Aspectos dendrológicos. Yvyrareta, **Eldorado**, v. 7, n. 7, p. 38 - 41, 1996

GUEDES, U. H. **Identificação e caracterização das propriedades da madeira de espécies brasileiras visando à produção de lamelas de madeira para churrasco (*grilling planks*)**. 2019. Dissertação de Mestrado (Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

HOLL, K. D.; REID, J. L.; CHAVES-FALLAS, J. M.; OVIEDO-BRENES, F.; 82 ZAHAWI, R. A. Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more

strongly than does landscape forest cover. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 4, p. 1091–1099, 2017.

JOLY, C.; SCARANO F. R.; BUSTAMANTE, M.; A.; GADDA, T. M. C.; METZGER, G. P. W.. Brazilian assessment on biodiversity and ecosystem services: summary for policy makers. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 4, p. 1-2, 19 abr. 2019.

KATINAS, V.; MARKEVICIUS, A.; PEREDNIS, E.; SAVICKAS, J. Sustainable energy development - Lithuania's way to energy supply security and energetics independence. Renewable and Sustainable. **Energy Reviews**, v. 30, p. 420– 428, 2014.

LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. de C. O.. Características anatômicas e química da madeira de clones de eucalyptus e sua influência na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LIMA, N. E. de; CARVALHO, A. A.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; MANFRIN, Maura Helena. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 4, p. 2209-2222, dez. 2018.

LEWIS, S. L.; WHEELER, C. E.; MITCHARD, E. T. A.; KOCH, A. Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. **Nature**, v. 568, n. 7750, p. 25-28, abr. 2019.

LOBÃO M. S., CHAGAS M. P., COSTA D. S. P., FERREIRA A. T. B., SETE JR C. R., CARVALHO I. L., TOMAZELLO FILHO M. Agrupamento de espécies florestais pela similaridade das características físico-anatômicas e usos da madeira. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 97-105, 2010.

MALLICK, D.; MAHANTA, P.; MOHOLKAR, V. S. Co-gasification of coal/biomass blends in 50 kWe circulating fluidized bed gasifier. **Journal of the Energy Institute**, v. 93, p. 99-111, 2020.

MARCHAND, L.; CASTAGNEYROL, B.; JIMÉNEZ, J. J.; BENAYAS, J. M. R.; BENOT, M.; MARTÍNEZ-RUIZ, C.; ALDAY, J. G.; JAUNATRE, R.; DUTOIT, T.; BUISSON, E. Conceptual and methodological issues in estimating the success of ecological restoration. **Ecological Indicators**, Pessac, v. 123, n. 107362, abr. 2021.

MARTINS, C. H. O aproveitamento de madeiras das podas da arborização viária de Maringá/PR. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 257-267, jun. 2013.

MELO, R. R., ARALDI, D. B., STANGERLIN, D. M., MÜLLER, M. T., & GATTO, D. A. Uso das características tecnológicas da madeira para o agrupamento de espécies florestais. **Nativa**, [S.L.], v.1, n.1, p. 1-7, 2013.

MELO, R. R. de. Radial and longitudinal variation of *Pinus taeda* L. wood basic density in different ages. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 58, n. 2, p. 192-197, 2015.

METZGER, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; FERREIRA, J.; FERNANDES, G. W.; LIBRÁN-EMBED, F.; PILLAR, V. D.; PRIST, P. R.; ROQDRIGUES, R. R.; VIEIRA, I.C. G.; OVERBECK, G. E. Why Brazil needs its Legal Reserves. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3.; p. 104-116, jul. 2019.

MIRANDA, J. C. SUCESSÃO ECOLÓGICA: CONCEITOS, MODELOS E PERSPECTIVAS. **Sabios: Revista de Saúde e Biologia**, Brasil, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2009.

MOMO, S. T.; PLOTON, P.; MARTIN-DUCUP, O.; LEHNEBACH, R.; FORTUNEL, C.; BOYEMBA, F.; et al. Leveraging signatures of plant functional strategies in wood density 49 profiles of African trees to correct mass estimations from terrestrial laser data. **Scientific Reports**, v. 10, n. 11, p. 1-11, 2020.

NOVAIS, T. N. O.. **Densidade da Madeira: Variável Fundamental na Determinação de Uso e Estimativa de Estoque de Biomassa Florestal**. 2022. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências de Florestas Tropicais - Cft, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Inpa, Manaus, 2022.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, **Plantarum**, 1992. 368 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo, **Plantarum**, 1996. V.1, 135p.

PEREIRA, Karolina do Nascimento. Qualidade da superfície da lâmina de madeira de figueira (*Ficus* spp.) submetida a tratamentos de acabamentos. 2015. 33 f., il.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Light effect on seed germination in Piper L. **Ecologia Plantarum**, v. 10, n. 2, p. 123-146, 1989.

PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L.. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Brasil, v. 18, n. 3, p. 407-423, nov. 2003.

PAROLIN, P. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-poor Central Amazonian floodplains. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 70, n. 2, p. 89-103, 2001.

PEREIRA, R.; NASCIMENTO, M. F.; MACIEL, D. R.; JULIÃO, M. S. S.; SANTOS, H. S.; MORAIS, S. M.; FONTENELLE, R. O. S.. ABORDAGEM FITOQUÍMICA DO EXTRATO ETANÓLICO DA CASCA DE *Myroxylon peruiferum* L.f. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-7, jul. 2018

Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas. *Aquecimento global de 1,5°C* (IPCC, 2018).

PLÖTZE, M.; NIEMZ, P. Porosity and pore size distribution of different wood types as determined by mercury intrusion porosimetry. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 69, p. 649-657, 2011.

POORTER, L.; MCDONALD, I.; ALARCÓN, A.; FICHTLER, E.; LICONA, J. C.; PEÑA-CLAROS, M.; et al.. The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v. 185, n. 2, p. 481-492, 2010.

PRACH, K.; WALKER, L. R. Four opportunities for studies of ecological succession. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 26, p. 119-123, 2011.

RASERA, S. **Biomassa e carbono no estrato arbóreo em área restaurada de Mata Atlântica**. 2019. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

RAABE, J.; MENEZZI, C. del; GONÇALEZ, J.. Avaliação da Superfície de Lâminas Decorativas de Curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler). **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 24, p. 1-8, 16 nov. 2016.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, 2009.

SANSÍGOLO, C. A.; RAMOS, E, S.. Quality of wood and pulp from a clone of *Eucalyptus grandis* planted at three locations. **Cerne**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 47-60, mar. 2011.

SANTANA, J.; MACHADO, I.; SANTANA, Y.; BOTELHO, V.; SILVA, G. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DA MADEIRA DE *Pterogyne nitens* Tul. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 1787-1798, 20 jun. 2017.

SANTIAGO, I. N.; PIEDADE, M. T. F.; WEISS, B.; DEMARCHI, L. O.; LOPES, A.. Germinação de sementes e morfologia de plântulas de espécies pioneiras da várzea amazônica. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 271-289, 15 mar. 2021.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CASTRO, R. V. O.; VIDAURRE, G. B.; TRUGILHO, P. F.; CASTRO, A. F. N. M. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 657-669, 20 jun. 2016.

SANTOS, et al. Avaliação química mensal de três exemplares de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 2, n. 5, p. 1011-1013, jul. 2017.

SANTOS JUNIOR, A. J. dos. **Potencial energético de madeiras neotropicais em plantios de restauração florestal**. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências Florestais, Ufes, Jerônimo Monteiro, 2022.

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; SANTOS, A. B.; COUTINHO, V. M.; CORTE, A. P. D. Densidade básica da madeira de *schinus terebinthifolius raddi* em povoamento puro no município de pinhais – PR. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 832-840, 11 dez. 2015.

SEABRA, C. C.; GONÇALEZ, J. C.; GONTIJO, A. B. **Caracterização Anatômica E Colorimétrica de Madeiras de Nove Espécies do Bioma Caatinga no Estado do Piauí**. Brasília: Universidade de Brasília, 2018.

SEABRA, C. C.. **Aspectos mercadológicos das madeiras do bioma caatinga para produção de pequenos objetos**. 2021. 87 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SIRY, J. P.; CUBBAGE, F. W.; AHMED, M. R. Sustainable forest management: global trends and opportunities. **Forest Policy And Economics**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 551-561, maio 2005.

SOUZA, G. O. **Viabilidade técnica de espécies madeireiras da caatinga para a produção de painéis de madeira colada lateralmente**. 2019. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Agrícola de Jundiá, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

SERENINE JUNIOR, L.; MELO, R. R.; CASTRO, V. G.; SOUZA, M. J. C.; BATISTA, F. G. Qualidade da madeira juvenil de um híbrido clonal (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* – H13). **Advances In Forestry Science**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 523, 16 abr. 2019.

SIMETTI, R., BONDUELLE, G., DA SILVA, D. Wood quality of five *eucalyptus* species planted in Rio Grande do Sul, Brazil for charcoal production. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 30, n. 2, p. 175–181, 2018

TILMAN, D.; CLARK, M.. Global diets link environmental sustainability and human health. **Nature**, [S.L.], v. 515, n. 7528, p. 518-522, nov. 2014.

TUMPACH, C.; DWIEVEDI, P.; IZLAR, R.; COOK, C. Understanding perceptions of stakeholder groups about Forestry Best Management Practices in Georgia. **Journal of Environmental Management**, v. 213, p. 374-381, 2018.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M.. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em Madeira. **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 20, p. 307-319, 1990.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. Lopes; ASSIS, Claudinéia Olímpia de; COUTO, Fernanda Bueno Sarro; ALVES, Isabel Cristina Nogueira; PROTÁSIO, Thiago de Paula; NAPOLI, Alfredo. Características de crescimento, composição química, física

e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 45, n. 4, p. 661-666, abr. 2015. UNEP. **Recrie, reimagine, restaure! Começa a Década da ONU da Restauração de Ecossistemas**. 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/recrie-reimagine-restaure-comeca-decada-da-onu-da>. Acesso em: 2 jul. 2022.

WITTMANN, A. O. et al. Patterns of structure and seedling diversity along a flooding and successional gradient in Amazonian floodplain forests. **Pesquisas. Botânica**, São Leopoldo, v. 58, p. 119-138, 2007.

ZAQUE, L. A. M.; FERREIRA, M. D.; MELO, R. R. Variação radial e longitudinal da massa específica básica da madeira de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.L.], v. 1, n. 38, p. 1-5, 2018.

ANEXO A - Espécies presentes no ensaio experimental de restauração florestal no Anhembi, SP, Brasil

Tabela 2 – Espécies presentes no ensaio experimental de restauração florestal no Anhembi, SP, Brasil.

Nome Científico	Nome Popular	Família	GE
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Algodoeiro	Malvaceae	P
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira Pimenteira	Anacardiaceae	P
<i>Croton urucurana</i> Baillon	Sangra d'água	Euphorbiaceae	P
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Amendoim-bravo	Fabaceae	SI
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafístula	Fabaceae	SI
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutambo	Malvaceae	SI
<i>Erythrina mulungu</i> Mart.	Mulungu	Fabaceae	SI
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Monjoleiro	Fabaceae	SI
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita-cavalo	Fabaceae	SI
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Timburil	Fabaceae	SI
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro rosa	Meliaceae	ST
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	Jacarandá	Bignoniaceae	ST
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê roxo	Bignoniaceae	ST
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	Dedaleira	Lythraceae	ST
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat	Figueira-branca	Moraceae	ST
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira-rosa	Malvaceae	ST
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá branco	Lecythidaceae	ST
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Cabreúva	Fabaceae	C

<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Fabaceae	C
<i>Poecilanthe parviflora</i> Benth.	Lapacho	Fabaceae	C

Em que: GE = Grupo ecológico; P = Pioneira; SI = Secundária inicial; ST = Secundária tardia e C = Climácica.

Fonte: Adaptado de Rasera (2019).