

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**ESPÉCIES ALTERNATIVAS DE MADEIRA TROPICAL PARA O  
MERCADO MADEIREIRO BRASILEIRO**

MARIA REGINA DE ARAUJO CAMPOS

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESPÉCIES ALTERNATIVAS DE MADEIRA TROPICAL PARA O MERCADO  
MADEIREIRO BRASILEIRO**

Maria Regina de Araujo Campos

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza

Brasília-DF, 13 Setembro de 2024

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESPÉCIES ALTERNATIVAS DE MADEIRA TROPICAL PARA O  
MERCADO MADEIREIRO BRASILEIRO**

**MARIA REGINA DE ARAUJO CAMPOS**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

**APROVADO EM:**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Professor Doutor ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA**

Professor Associado IV da Faculdade de Tecnologia do Departamento de Engenharia Florestal da UnB  
E-mail: ans@unb.br (**Orientador**)

---

**Professora Doutora MAÍSA SANTOS JOAQUIM**

Professora Adjunta IV da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UnB  
E-mail: maisajoaquim@unb.br (**Examinadora Interna**)

---

**Dra. MARIA DE FÁTIMA DE BRITO LIMA**

Analista Ambiental do Laboratório de Produtos Florestais, Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima  
E-mail: fatima.lima@florestal.gov.br (**Examinadora Externa**)

“Devemos aprender com o passado para construir um futuro melhor”

Nico Robin

## AGRADECIMENTOS

### Agradeço,

Em primeiro lugar a Deus e a Nossa senhora por terem me guiado ao longo de seis anos nessa jornada que foi o curso de Engenharia Florestal e por tudo que me foi proporcionado, as experiências incríveis que pude vivenciar.

A minha família pelo apoio e suporte, em especial a minha mãe por todo carinho e dedicação a me ajudar durante a faculdade, minha tia Alba por ter sido minha segunda mãe e me auxiliado em todo esse processo, minha avó por sempre ter acreditado em mim, aos meus tios Wendel, Wilton e Wesley, pelas descontrações e apoio durante o curso e as minhas tias Gleicinha <3 e Elza por todo carinho e apoio durante a formação, amo vocês.

Aos amigos que fiz e me acompanharam ao longo da graduação, em especial aos melhores comediantes natos da florestal Aluisio, Marcos Alexandre, Zong e Breder, sem vocês não teria dado metade das risadas que dei nos primeiros semestres tão caóticos, vocês foram essenciais, agradeço aos meus amigos (as) Karen Fernanda, Ary, Sté (teté), Ian, Ingryd, Thayná, Marcellove e Jeff, que tornaram os dias mais leves e felizes muito bom ter passado este processo com vocês, amo vocês. Deixo toda gratidão à tia Karina e as meninas do apartamento Kfer, por todo acolhimento em dias cansativos em que fui uma agregada muito bem recebida e cuidada, também amo vocês e essa família maravilhosa <3.

Ao meu processo de graduação, agradeço aos professores do departamento de Engenharia Florestal pela amizade e trocas ao longo do curso que foram essenciais, agradeço a empresa júnior Ecoflor por todas as experiências incríveis que me proporcionou essenciais na minha definição como profissional. Agradeço ao meu orientador Álvaro Nogueira, pelo tempo dedicado a me guiar nesta última etapa de conclusão do curso e a banca examinadora pela disponibilidade de avaliar este trabalho.

A Marília Mendonça, Zé Neto e Cristiano, Bruno e Marrone, Sorriso Maroto, Péricles, Mumuzinho, Maria Gadu e Demi Lovato, Friends, Morden Family e Tapas e Beijos por serem excelentes trilhas sonoras e fontes de entretenimento ao longo do curso.

Ao Monkey D. Luffy, por até hoje não ter desistido do One Piece, me ensinando a não desistir deste TCC, nele está tudo que este mundo pode me dar!

## RESUMO

O sistema de concessão florestal é uma forma de conter o desmatamento ilegal e promover desenvolvimento sustentável no Brasil, país que possui cerca de 58,3% de seu território coberto por florestas, onde aproximadamente 98% são florestas naturais. Uma das principais problemáticas da concessão florestal é a viabilidade do segundo ciclo devido a falta de oferta de madeiras tropicais almeçadas pelo mercado na área ao fim da primeira rotação. O presente estudo analisou 28 espécies manejadas no atual ciclo da empresa Cemal- Comércio Ecológico de Madeira – LTDA, empresa concessionária da FLONA Caxiuanã na UMF-III com ciclos de 30 anos, para apresentar duas espécies alternativas com base na densidade básica, contração volumétrica, módulo de elasticidade e módulo de ruptura como características referências para seleção das espécies. Após a análise das espécies com auxílio do material fornecido pelo Laboratório de Produtos Florestais, foram diagnosticadas duas possibilidades de espécies alternativas para cada espécie já manejada, como proposto. O estudo concluiu a importância de pesquisas adicionais para busca de mais espécies alternativas para variados usos finais e que contribua de forma positiva para viabilidade do sistema de concessões florestais.

**Palavras-chave:** Concessão Florestal; Florestas Públicas; Densidade Básica; Módulo de Ruptura; Módulo de Elasticidade; Contração Volumétrica.

## ABSTRACT

The forest concession system is a way to contain illegal deforestation and promote sustainable development in Brazil, a country that has approximately 58.3% of its territory covered by forests, where approximately 98% are natural forests. One of the main problems with the forest concession is the viability of the second cycle due to the lack of supply of tropical wood desired by the market in the area at the end of the first rotation. The present study analyzed 28 species managed in the current cycle of the company Cemal- Comércio Ecológico de Madeira – LTDA, concessionary company of FLONA Caxiuanã in UMF-III with 30-year cycles, to present two alternative species based on basic density, volumetric contraction, modulus of elasticity and modulus of rupture as reference characteristics for species selection. After analyzing the species with the help of material provided by the Forest Products Laboratory, two possible alternative species were diagnosed for each species already managed, as proposed. The study concluded the importance of additional research to search for more alternative species for varied end uses and that contribute positively to the viability of the forestry concessions system.

**Keywords:** Forest Concession; Public Forests; Basic Density; Modulus of Rupture; Modulus of Elasticity; Volumetric Contraction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Floresta nacional (flona) caxiuanã e suas respectivas localizações de unidades de manejo florestal (umf) i, ii e iii. ....	21
Figura 2 - Distribuição da classificação de densidade básica comercializada pela empresa ....	27
Figura 3 - Percentual de diferença da densidade básica da espécie de mercado em relação a espécie indicada .....	27
Figura 4 - Percentual de diferença da contração volumétrica da espécie de mercado em relação à espécie indicada .....	30
Figura 5 - Percentual de diferença do MOE da espécie de mercado em relação a espécie indicada. ....	31
Figura 6 - Percentual de diferença do MOR da espécie de mercado em relação a espécie indicada. ....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies manejadas pela cemal .....	20
Tabela 2 - Possíveis formas de obtenção da densidade básica, contração volumétrica, módulo de ruptura e elasticidade.....	24
Tabela 3 - Densidade básica das espécies analisadas e possíveis usos finais. ....	25
Tabela 4 - Comparativo dos valores de cv, moe e mor das espécies manejadas e substitutas.....	29

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO:	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO:	14
2.1.	Florestas Públicas:	14
	• Floresta Pública Tipo A (FPA):	14
	• Floresta Pública Tipo B (FPB):	14
	• Florestas Públicas Tipo C (FPC):	15
2.2.	Concessões Florestais:	15
2.3.	Densidade Básica da Madeira:	17
2.4.	Retração Volumétrica:	17
2.5.	Módulo de Elasticidade (MOE):	18
2.6.	Módulo de Ruptura (MOR):	19
3.	MATERIAIS E MÉTODOS:	20
3.1.	Caracterização da Área:	20
3.2.	Empresa:	21
3.3.	Base de Dados:	22
3.4.	Características das Espécies:	22
	3.4.1 Densidade Básica da Madeira (Db):	23
	3.4.2 Contração Volumétrica:	23
3.4.3	Módulos de Elasticidade e Ruptura:	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO:	25
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS:	34
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	35

## **1. INTRODUÇÃO:**

No Brasil, cerca de 58,3% do território é coberto por floresta, tanto de origem natural, quanto de origem plantada totalizando uma área de 495.834.867 ha, segundo a estimativa de 2022, em que 98,01% correspondem às áreas de florestas naturais (SFB, 2022). Dentro da área de floresta natural, 1,3 milhão de hectares estão sob o regime de concessão florestal, uma modalidade de gestão de floresta pública prevista em lei, onde o Estado por meio de uma licitação permite que uma pessoa jurídica maneje de forma sustentável uma floresta pública, mediante pagamentos para obtenção de produtos florestais (SFB,2023).

A Lei nº 11.284 de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, instituiu, na estrutura do então Ministério do Meio Ambiente o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), criando também o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF). A gestão das florestas públicas compreende a criação de florestas nacionais, estaduais e municipais, a destinação de florestas públicas às comunidades locais, bem como a concessão florestal, incluindo florestas naturais ou plantadas e as unidades de manejo das áreas protegidas. A concessão florestal nada mais é do que a delegação onerosa, feita pelo poder concedente, do direito de praticar atividades de manejo florestal sustentável, de restauração florestal e de exploração de produtos e serviços em unidade de manejo, mediante edital de licitação e formalizada em contrato (Brasil, 2006).

O sistema de concessão florestal foi criado como alternativa aos manejos não sustentáveis que geravam prejuízos aos ecossistemas explorados, com isso, grupos empresariais que já dominavam o ramo, se adaptaram a metodologia do manejo florestal sustentável e a legislação de concessão florestal. Com isso deram continuidade a atividade de comercialização madeireira que já exerciam, porém em busca dos mesmos produtos já utilizados anteriormente, sem significativas mudanças na escolha das espécies que seriam colhidas e comercializadas.

A princípio, a ideia de concessão florestal, foi utilizada como meio de conter procedimentos danosos aplicados ao uso da terra na intenção de delimitação territorial (Karsenty et al, 2008), para que assim os conflitos fossem resolvidos. Desta forma algumas vantagens foram estabelecidas ao sistema de concessão para que se tornasse viável e interessante ao meio empresarial (Julies et al, 2018).

O método de escolha de quais espécies serão comercializadas, é dado por uma conformação antiga, no qual são utilizadas cerca de 700 espécies, porém um pequeno grupo é mais explorado e cerca de 50% do volume total comercializado no mercado é oriundo deste pequeno grupo de espécies (Santos e Hummel, 1988).

Desde trabalhos anteriores, é consenso que o número de espécies exportadas é pequeno e que em contrapartida a demanda e o preço estão em contínuo aumento ao longo dos anos (Angelo et al, 2000). Algumas espécies apresentaram certo declínio quanto à demanda, espécies estas que já representaram maior parte do volume comercializado internacionalmente (Angelo et al, 2000).

Além da concessão florestal, há alternativas para o uso do solo que podem se apresentar mais rentáveis, como cultivo de monoculturas de soja por exemplo, com isso é necessário que a concessão florestal demonstre atrativos econômicos por meio de vantagens cedidas ao regime de concessão, como exemplo a longa duração dos contratos (Chules et al, 2018).

Na maioria dos casos os objetos de manejo sustentável são Florestas Nacionais (FLONAS) onde o uso é regulamentado pelo Novo Código Florestal de 2012 Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, com atualizações de acordo com os parâmetros do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e a Lei 11.284 que trata das concessões florestais (Lima, 2020), o manejo sustentável nestas áreas é uma das principais fontes de renda da população local rodeada por florestas, sendo uma alternativa aos cultivos convencionais de monocultura e a exploração ilegal (Muniz e Pinheiro, 2019).

A FLONA de Caxiuanã localizada no estado do Pará é gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e parte foi concedida empresa Comércio Ecológico de Madeira LTDA (CEMAL), por processo licitatório, para atividade de manejo sustentável a fim de promover desenvolvimento socioambiental nos municípios de Melgaço e Portel (ICMBIO, 2020).

A empresa Cemal venceu processo licitatório da Unidade de Manejo Florestal III (UMF III), com direito a exploração por 40 (quarenta) anos, a partir da assinatura do contrato que ocorreu em 2018, com ciclos de corte de 30 anos, e Unidades de Produção Anual com cerca de 1.500 ha, tendo como seus limites preferencialmente os rios e igarapés presentes (CEMAL, 2018).

A logística de concessão, consiste no manejo sustentável da área, onde a floresta cedida permanece em pé e é utilizada em um sistema de rodízio em que são retiradas de quatro a seis árvores por hectare. O retorno nesta mesma área se dá no intervalo de 25 (vinte e cinco) a 35 (trinta e cinco) anos (SNIF, 2023). Ao retornar na área a espécie almejada pelo mercado, colhida pela empresa anteriormente, pode não ter completado seu desenvolvimento e com isso não pode ser colhida (Lima, 2020), sendo necessário colher outra espécie que atenda às necessidades do mercado.

Uma das dificuldades da manutenção do sistema de concessão florestal, é inviabilidade de um segundo ciclo de exploração devido ao mercado ter se habituado a comprar um grupo restrito de madeira (Rodrigues et al, 2021). O tempo de retorno na área não é suficiente para que estas espécies se desenvolvam a ponto de atender os critérios de legislação e de mercado para que sejam colhidas, sendo necessário novas espécies com características de mercado semelhantes às das exploradas no ciclo anterior, para compor a oferta de madeiras tropicais (Lima, 2020).

A massa específica ou densidade é definida como a massa da amostra por unidade de volume. A densidade é um parâmetro referencial de qualidade da madeira em relação a usos específicos, devido a sua alta correlação com várias outras propriedades (Melo e Camargos, 2016). Pode ser usado na seleção de espécies para o mercado de madeira.

Com isso, o objetivo do presente estudo, foi apresentar ao mercado possibilidades de espécies de madeira tropical com Densidade Básica semelhante às das espécies manejadas empresa Cemal no atual ciclo, comparando sua retração volumétrica, seu módulo de elasticidade e de Ruptura com a finalidade de também analisar outras características físico-mecânicas das espécies.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO:**

### **2.1.Florestas Públicas:**

Florestas Públicas são florestas naturais ou plantadas, localizadas em diferentes biomas brasileiros, estando sobre domínio da união, estados ou municípios (Brasil, 2006). O Decreto 12.046/2024, que regulamenta no âmbito federal a Lei nº 11.284/2006, e por conseguinte: o Cadastro Nacional das Florestas Públicas; a destinação das florestas públicas às comunidades locais; o Plano Plurianual de Outorga Florestal; a licitação e os contratos de concessão florestal; o monitoramento e a auditoria nas concessões em florestas públicas; e a restauração florestal e a exploração de créditos por serviços ambientais nas concessões florestais (Brasil, 2024). A regulamentação, visa garantir o acesso seguro aos bens derivados das florestas à população bem como assegurar a garantia de ambiente saudável para as futuras gerações (MMA, 2015). O seu acompanhamento é relevante para que se tenham estimativas do armazenamento de água e subsídio dos recursos de gestão dos recursos hídricos (MMA, 2015).

O Cadastro Nacional das Florestas Públicas (CNFP) promove o acompanhamento das florestas e pode oferecer aos gestores públicos e à sociedade em geral uma base de mapas, imagens dados com informações relevantes para a gestão florestal (SFB, 2024). Instituído pelo Serviço Florestal Brasileiro, é possível auxiliar no processo de destinação das florestas públicas para fins comunitários criação de Unidades de Conservação e realização de Concessões florestais (FAMATO, 2024).

As florestas públicas podem ser divididas em três categorias, Florestas Públicas Tipo A, B e C

- **Floresta Pública Tipo A (FPA):**

São florestas que apresentam denominação e destinação específica, como Unidades de Conservação da Natureza, Terras Indígenas, Assentamentos Rurais Públicos, áreas militares e outras formas previstas em lei (FAMATO, 2024).

- **Floresta Pública Tipo B (FPB):**

São florestas localizadas em áreas arrecadadas pelo poder público, mas que ainda não foram destinadas, como por exemplo, as glebas públicas (FAMATO, 2024).

- **Florestas Públicas Tipo C (FPC):**

São florestas localizadas em áreas de dominialidade indefinida, comumente chamada de terras devolutas (FAMATO, 2024).

As Florestas Nacionais (FLONAS) são florestas públicas do tipo A, responsáveis por promover desenvolvimento sustentável e pesquisas científicas. A permanência de pessoas é permitida desde que de acordo com as normas de manejo já estabelecidas. Nessas áreas, há o incentivo as pesquisas científicas, desde que com as devidas autorizações dos órgãos reguladores, sem extrapolar as condições pré-estabelecidas (ICMBIO, 2022).

## **2.2. Concessões Florestais:**

A concessão é o ato de ceder um bem público, após um processo licitatório, onde pessoas jurídicas concorrem pelo direito de usufruir desse bem e após o processo o vencedor da licitação sela o acordo com o poder público por meio de um contrato administrativo (Munhoz e Pinheiro, 2019). No caso das concessões florestais, uma área pública é cedida a pessoa jurídica vencedora do processo licitatório para realizar o manejo sustentável da área, explorando produtos florestais, de acordo com as exigências estabelecidas em edital, e a sua capacidade de exploração demonstrada, assumindo responsabilidade e risco pelo empreendimento, dentro de um prazo determinado (Brasil, 2006).

Dentro da concessão não é admitido titularidade gratuita e seu caráter é econômico-ambiental (Oliveira, 2013), sendo o manejo de produtos florestais, como madeira, frutos, óleos e resinas, além de serviços florestais como o turismo, o seu objeto de exploração (Munhoz e Pinheiro, 2019). Na Concessão Florestal não há a transferência de titularidade da terra, ou seja, a área não é privatizada e após o período concedido a terra permanece como domínio público, e por isso há certas restrições como exploração de fauna, pesca, mineral e recursos hídricos, além de ser vetado o acesso ao patrimônio genético (Munhoz e Pinheiro, 2019).

No contrato firmado entre o concedente e a empresa vencedora da licitação, que no caso é o concessionário, é calculado um Valor de Referência de Contrato (VRC), baseado na possível produção da área, que será referência para o Valor Mínimo Anual (VMA) recolhido pelo concedente. Trata-se de um percentual, do montante estipulado

pelo VRC. O valor percentual é repassado ao concedente independente se empresa colheu a produção naquele ano ou não (Lima, 2020).

A concessão florestal possui algumas etapas até que de fato ocorra o início da exploração dos bens ou serviços. O primeiro momento ocorre no pré-edital e essa fase compreende outras cinco sub etapas, até que de fato o edital seja lançado. A segunda etapa é o julgamento das propostas apresentadas pelos concorrentes. A terceira fase acontece quando a empresa concessionária já está selecionada e deverá se adequar às normas da concessão.

A primeira etapa de pré-lançamento do edital, se dá com o cadastro nacional de florestas públicas, reunindo os dados georreferenciados das florestas municipais, estaduais e federal. Esse processo auxilia na destinação de florestas públicas para criação de UC's, florestas para uso comunitário e concessões florestais. Após o cadastro, é elaborado o Plano Anual de Outorga Florestal, onde são selecionadas as florestas passíveis de concessão, excluindo as que possuem impedimentos legais, às que já estão em concessão e as que não são de interesse do SFB. O processo de licitação é rígido deve obedecer aos critérios da Lei nº 11.284/2006, regulamentada pelo Decreto nº 12.046/2024.

Após exclusão das florestas que não se adequam, as florestas selecionadas devem contar com um Plano de manejo (UC) ou Licença prévia e Relatório Ambiental Preliminar (Florestas Públicas Tipo B) e só então é lançado um pré-edital que passa por consulta pública, para que seja lançado o edital final e seja iniciada a segunda fase.

A Segunda fase é determinada pela análise da habilitação jurídica, qualificação econômico-financeira e técnica, e a regularidade fiscal, para que se ateste a habilitação. O julgamento das propostas é realizado de acordo com o artigo 26 da lei 11.284: a que apresente o maior VMA, a melhor técnica, de acordo com menor impacto ambiental, e maior valor agregado ao produto ou serviço florestal da região, associado a maiores benefícios sociais direto com maior eficiência. A fase dois é encerrada com assinatura do contrato da empresa vencedora da licitação.

Após assinatura do contrato, há o início da fase três onde deve ser elaborado um Plano de Manejo Florestal (PMF), baseado da Instrução Normativa MMA nº 5, de 11 de dezembro de 2006. Para que as atividades exploratórias sejam iniciadas, o IBAMA é órgão responsável por fiscalizar tanto o plano de manejo quanto as atividades

exploratórias, bem como as demais cláusulas contratuais acordadas entre ambas as partes, para as florestas do tipo 1 (Munhoz e Pinheiro, 2019).

O valor arrecadado pelo VMA acordado em contrato, é investido no próprio sistema para sua manutenção, porém os contratos podem contar com a possibilidade de descontos no valor a ser pago, de acordo com as atividades desempenhadas pelo plano de operação florestal, conforme os resultados forem positivos, considerando os aspectos socioambientais (SFB,2020).

### **2.3. Densidade Básica da Madeira:**

Para avaliação da qualidade da madeira é fundamental a análise das propriedades que afetam o uso final deste produto, com isso a densidade básica é uma característica fundamental na determinação de diversos usos, pois é considerada como indicador qualitativo sobre a madeira e por isso influencia na decisão do seu uso final (Pádua, 2009). A densidade básica é uma propriedade de fácil obtenção, devido a sua metodologia simplificada e está correlacionada com outras propriedades da madeira, como a resistência, por esse motivo possui influência no rendimento qualitativo e quantitativo dos produtos (Pádua, 2009).

O conceito de densidade básica pode ser definido como a relação entre a massa seca em estufa da madeira, e o volume verde, que se trata do volume saturado (Pádua, 2009). Porém mesmo com a correlação da densidade da básica da madeira com suas outras propriedades, ela não pode ser um indicador qualitativo isolado (Pádua, 2009).

A densidade da madeira pode variar entre leve ( $Db < 0,5g/cm^3$ ), média ( $0,5g/cm^3 > Db < 0,72g/cm^3$ ) e alta ( $Db > 0,72g/cm^3$ ) (Melo e Coradin, 1990), afetando a higroscopicidades, a retratibilidade, a resistência mecânica do material, as propriedades elétricas e acústicas (Panshin e Zeeuw, 1998; Loschi e neto et al.,2008). A união de todas as propriedades vai definir o uso final adequado de cada espécie, e combinação compatível para cada tipo de produto, definindo assim espécies mais procuradas para cada tipo de uso final.

### **2.4. Retração Volumétrica:**

A retração volumétrica se trata da variação dimensional nos sentidos tangencial radial e axial da madeira devido a variação no teor de umidade (IPT, 1985). Esta

variação dimensional se dá pela perda ou absorção de água, quando a madeira está abaixo do ponto de saturação de fibra (Oliveira e Fiedler, 2010). Quanto as variações dimensionais, a mais preocupante é variação no sentido tangencial, visto que a madeira no sentido longitudinal possui variação menor que 1%, sendo a variação tangencial responsável por quase 2/3 da contração volumétrica da madeira (Neto et al., 2009).

A contração volumétrica da madeira é uma propriedade importante, que afeta e limita de forma considerável o emprego de determinadas espécies para certos usos finais, devido ao seu caráter anisotrópico a madeira possui variações dimensionais de forma distinta em seus sentidos radial, tangencial e longitudinal (Dias et al. 2017). Este é um parâmetro importante, pois é utilizado para determinar o coeficiente de anisotropia, que irá influenciar da propensão do material a empenamentos, defeitos, rachaduras ou colapsos (Gonçalves et al., 2009)

### **2.5.Módulo de Elasticidade (MOE):**

O Módulo de elasticidade é definido com uma medida de rigidez limite de acordo com a deformação elástica da madeira (Moura, 2009), quando a deformação produzida por uma carga externa sobre um corpo de prova está abaixo do limite proporcional, fazendo com que a madeira volte ao seu estado original, quando ultrapassado tem uma deformação plástica (Castro, 2021) e o módulo de elasticidade vai definir a capacidade da madeira de se deformar a tal esforço, sem que haja o rompimento das fibras.

No Brasil, o módulo de elasticidade é obtido por um ensaio padronizado regido pela NBR 7190:2022 – Projeto de Estruturas de Madeira, devendo ser realizado em copos de prova de pequenas dimensões e sem defeitos (ABNT, 2022), durante o ensaio uma máquina exerce uma força externa sobre o corpo de prova e é analisado sua capacidade de deformação, como norma padrão o MOE é dado por MPA, pois se trata de uma medida de força.

O módulo de elasticidade possui relação com propriedades mecânicas como compressão paralela das fibras, e segundo a Norma Brasileira NBR 7190:2022, os valores de compressão paralela e módulo de elasticidade são utilizados para definir a qualidade da madeira para o uso de fins estruturais (Zangiaco, 2013). Com isso, a capacidade de elasticidade do material irá definir qual seu tipo de uso final, visto que sua capacidade de deformação ao receber uma carga externa, pode ser um critério de segurança como no caso da construção civil.

## **2.6. Módulo de Ruptura (MOR):**

O módulo de ruptura é expresso pela tensão máxima suportada por um corpo de prova, até que se tenha o rompimento (Neto, et al., 2016), o rompimento pode se dar por uma força externa de tração, compressão ou cisalhante. Quando exposto ao esforço de tração há uma baixa deformação do corpo até que ocorra o rompimento, caracterizando menor resistência e maior rigidez (Moreschi, 2012).

Assim como no módulo de elasticidade, os ensaios para se obter o módulo de ruptura são regidos pela Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190, da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 7190:2022, onde uma força externa (cisalhante, tração ou compressão) é aplicada a um corpo de prova de pequenas dimensões, até se tenha a ruptura, para avaliar a máxima resistência do material, sendo seu resultado um fator determinante quanto a qualidade da madeira e determinação do seu uso final (Zangiaco, 2013).

Seus resultados são importantes para fatores de segurança quanto ao uso final, no caso da construção civil, por exemplo, o módulo de ruptura associado a outras propriedades mecânicas define quais espécies podem ser utilizadas em determinados tipos de obra, a fim de garantir a segurança dos envolvidos, previstos em normas técnicas como a NBR 7190:2022 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS:

No presente estudo foram selecionadas vinte e oito espécies, que serão manejadas e comercializadas em 2024 (Tabela 1) pela empresa, onde foram analisadas suas características como a Densidade Básica, o Módulo de Ruptura, o Módulo de elasticidade e a Contração Volumétrica, para que fossem indicados dois possíveis substitutos a serem manejados, com densidade básica que apresente variação menor que 10%.

Tabela 1 - Espécies manejadas pela Cemal

NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR
<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melanciaeira
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara-rajada
<i>Buchenavia huberi</i> Ducke	Cuiarana
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiá
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba/Oiticica
<i>Cordia bicolor</i> D.C.	Freijó
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Tauari
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho
<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amsh. Var. <i>leptophylla</i> (Kleinh.) Amsh.	Sucupira-da-terra-firme
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumaru
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uchi-liso
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Sucupira amarela
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Quarubarana/Cedrinho
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
<i>Manilkara bidentata</i> susp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T.D.Penn. Chevalier	Maparajuba/Maçaranduba
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba-amarela
<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	Louro-tamanco
<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Roxinho
<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Abiu
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro/Faieira
<i>Terminalia amazonica</i> (Gmel) Exell.	Cuiarana
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Barrote
<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Angelim-amargoso/Faveira-amargosa
<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Pau-santo

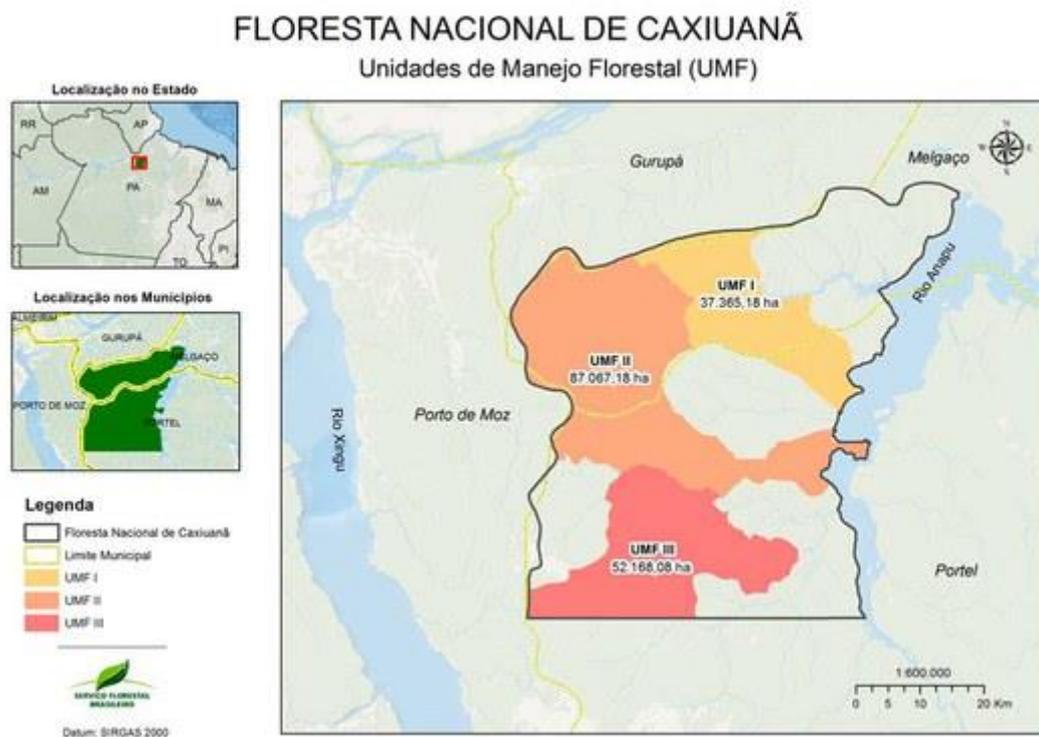
Fonte: Elaborado pela autora a partir de informações da empresa (2024)

#### 3.1. Caracterização da Área

A área de estudo manejada pela empresa Cemal está localizada no município de Portel no estado do Pará (Figura 1) e corresponde a 52.168 hectares da Unidade Manejo

Florestal - III (UMF-III) na Flona de Caxiuanã, que possui área total de aproximadamente 322.400 hectares. Sendo esta uma área pertencente ao bioma de domínio amazônico, com vegetação de Floresta Densa dos terraços e Baixos Platôs (SECELT. Portel- PA,2012), clima tropical úmido, caracterizado por ser quente e úmido, no qual apresenta temperaturas médias anuais em torno de 25,9°C (CEMAL- Ltda EPP, 2018), umidade relativa varia de 84% a 90% (Oliveira et. al., 2008), precipitação anual é de aproximadamente 2.200mm (SECELT. Portel- PA,2012) e ventos fracos com velocidade média anual de 0.86 m.s<sup>-1</sup> (CEMAL- Ltda EPP, 2018).

Figura 1 - Floresta Nacional (FLONA) Caxiuanã e suas respectivas localizações de Unidades de Manejo Florestal (UMF) I, II e III.



**Fonte:** Serviço Florestal Brasileiro (2023)

### 3.2. Empresa:

A CEMAL, é uma empresa com valores socioambientais consolidados, atuando na região amazônica com comércio de produtos florestais há mais de uma década de acordo com as legislações ambientais. Possui como missão: “Transformar recursos naturais em prosperidade e desenvolvimento sustentável, agregando valores, respeitando o meio ambiente e melhorando a vida das comunidades (CEMAL, 2020)”. Determina como visão: “Ser a empresa de referência no desenvolvimento sustentável da região

amazônica, utilizando os recursos naturais para criação de valor de longo prazo, com respeito pelas pessoas e pelo planeta (CEMAL, 2020)” e tem como valores a produção que visa a integridade, a valorização de quem faz a empresa, harmonia cultural na valorização do meio, crescimento e evolução e a simplicidade e humildade.

A empresa atua no estado do Pará com contrato assinado para manejar áreas públicas por meio de concessão florestal desde 2011, primeiro com a concessão florestal estadual, na floresta estadual (FLOTA) do Paru, no município de Almerim e posteriormente na área do presente estudo, na qual possui contrato assinado desde 2016 e iniciou as atividades em 2018, nos municípios de Portel, Gurupa e Melgaço, tendo como principais produtos as toras e os toretes.

### **3.3. Base de Dados:**

Utilizou-se a planilha de dados do Laboratório de Produtos Florestais (LPF) com as espécies já estudadas e a planilha fornecida pela empresa Cemal, com as espécies que serão manejadas em 2024 na UPA 06, ambas analisadas no software Microsoft 365 Excel. A partir daí, foram selecionadas as 28 espécies apresentadas no estudo. Por meio da planilha do LPF foram adquiridas as informações sobre as espécies comercializadas pela Cemal, extraídos os valores de Densidade Básica, Módulo de Ruptura, Módulo de Elasticidade e Contração volumétrica.

Posteriormente foi realizada uma pesquisa na planilha fornecida pelo LPF, para encontrar 2 (duas) espécies alternativas que apresentam densidade básica com diferença inferior a 10% em relação a espécie almejada pelo mercado, analisando também dentro de tais espécies, a contração volumétrica, módulo de ruptura e módulo de elasticidade, que mais se assemelhasse a espécie original, apresentando a menor diferença.

O software utilizado para elaborar a planilha comparativa das espécies manejadas e as alternativas, assim como os gráficos presentes no estudo, foi o Microsoft Excel versão 365

### **3.4. Características das Espécies:**

A característica referência na seleção de possíveis espécies substitutas foi a Densidade básica da madeira, no qual se buscou mesma ou semelhante densidade básica de outras espécies que não seriam exploradas naquele ano. Posteriormente foram avaliados os valores de Modulo de Ruptura, Módulo de Elasticidade e Contração

Volumétrica, de modo comparativo, analisando se ainda poderia ser aplicado aos seus usos finais padrão. Os valores foram obtidos pela base de dados fornecida pelo LPF, porém também podem ser obtidos por meio de fórmulas (tabela 2) já estabelecidas em literatura e material que consta no referencial bibliográfico.

#### **3.4.1 Densidade Básica da Madeira (Db):**

A Densidade básica é definida como a massa específica da madeira, normalmente associada à sua resistência mecânica, dada pela razão da massa seca em estufa a um teor de umidade (t.u) a 0% e o volume com teor de umidade saturado ou verde como é comumente chamado.

#### **3.4.2 Contração Volumétrica:**

A Contração Volumétrica é gerada pela variação dimensional da madeira ocasionada pela perda de umidade a partir do ponto de saturação de fibra, com isso ela se contrai nos sentidos radial (contração perpendicular aos anéis de crescimento), tangencial (contração tangencial aos anéis de crescimento) e axial. O somatório de tais variáveis (Contração Tangencial, Contração Radial e Contração Axial) levam a Contração Volumétrica. Os valores variam de acordo com cada espécie.

#### **3.4.3 Módulos de Elasticidade e Ruptura:**

O Módulo de Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR) podem ser obtidos por meio de ensaios mecânicos destrutivos, onde um corpo de prova sobre dois apoios é exposto a uma força externa realizada por uma máquina. No MOE é analisado a capacidade de deformação do corpo sobre dada força até que se tenha a ruptura, e o MOR é dado pela capacidade máxima que o corpo tem de resistir a força externa sem romper, o ensaio termina quando o corpo de prova se rompe.

Tabela 2 - Possíveis formas de obtenção da Densidade básica, Contração Volumétrica, Módulo de Ruptura e Elasticidade

Propriedades Físicas da Madeira	Fórmulas	Leitura das fórmulas
Densidade Básica da Madeira	$Db = \frac{Ms}{V_{sat}}$	Onde: Db: Densidade básica Ms: Massa seca (t.u 0%) V <sub>sat</sub> : Volume Saturado
Contração Volumétrica	$CV = CTr + CTt + CTa$	Onde: CV: Contração Volumétrica CTr: Contração Radial CTt: Contração Tangencial CTa: Contração Axial
Contração Tangencial	$CTt = \left( \frac{Ltsat - Lt0\%}{Ltsat} \right) \times 100$	Onde: CTt: Contração tangencial Ltsat: Dimensão da direção tangencial aos anéis de crescimento ao t.u saturado Lt0%: Dimensão da direção tangencial aos anéis de crescimento ao t.u 0%
Contração Radial	$CTr = \left( \frac{Lrsat - Lr0\%}{Lrsat} \right) \times 100$	Onde: CTr: Contração Radial Lrsat: Dimensão da direção radial aos anéis de crescimento ao t.u saturado Lr0%: Dimensão da direção radial aos anéis de crescimento ao t.u 0%
Contração Axial	$CTa = \left( \frac{Lasat - La0\%}{Lasat} \right) \times 100$	Onde: CTa: Contração Axial Lasat: Dimensão da direção axial aos anéis de crescimento ao t.u saturado La0%: Dimensão da direção axial aos anéis de crescimento ao t.u 0%
Módulo de Elasticidade (MOE)	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	Onde: E: Módulo de Elasticidade $\sigma$ : Tensão no ensaio de tração $\varepsilon$ : Deformação
Módulo de Ruptura (MOR)	$MOR = \frac{3 * Prup * L}{2 * b * h^2}$	Onde: MOR: Módulo de Ruptura Prup: Força de Ruptura L: Distância entre dois apoios h: altura b: largura

Fonte: Elaborado pela autora

Embora tenham sido analisadas outras propriedades físicas da madeira (CV, MOE e MOR), a propriedade tomada como base foi a densidade básica fornecida pelo material de apoio do Laboratório de Produtos Florestais (LPF), mas que podem ser obtidos também de acordo com a metodologia exposta (Tabela 2).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Após analisar as características referência (Densidade básica, Contração Volumétrica, Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura) das vinte e oito espécies que serão manejadas pela empresa Cemal, foram encontradas duas possíveis espécies substitutas para cada espécie explorada. A variação da densidade básica ficou abaixo de 10% como proposto em objetivo, e as espécies alternativas podem ser aplicadas para um possível uso final igual ao da atualmente explorada. (Tabela 3).

Tabela 3 - Densidade básica das espécies analisadas e possíveis usos finais.

ESPÉCIE	NOME CIENTIFICO	NOME POPULAR	Usos	Db.(g/cm <sup>3</sup> )
Original	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melancieira	Embarcações e guarda sol	0.60
Alternativa	<i>Micropholis mensalis</i> (Bachm.) Aubrév.	Aburana-branca	Embarcações e guarda sol	0.60
Alternativa	<i>Acacia polyphylla</i> A.DC.	Espinheiro-preto	Embarcações e guarda sol	0.60
Original	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara-rajada	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.79
Alternativa	<i>Cyrtosphaerium priourii</i> A.DC.	Pau-dose	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.78
Alternativa	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Cabreúva-parda	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.78
Original	<i>Buchenavia hubertii</i> Ducke	Cuiarana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.79
Alternativa	<i>Pouteria oblanceolata</i> Presl	Taturubá	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.79
Alternativa	<i>Swarzia recurva</i> Poepp.	Urucurana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.77
Original	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	Lambri e painel em geral	0.59
Alternativa	<i>Ormosia coccinea</i> (Aubl.) Jack.	Tento	Lambri e painel em geral	0.58
Alternativa	<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Tachi-preto	Lambri e painel em geral	0.57
Original	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiá	Forro e guarda sol	0.63
Alternativa	<i>Tachigali paraensis</i> (Huber) Barneby	Taxi-branco	Forro e guarda sol	0.61
Alternativa	<i>Ocotea</i> sp.	Louro-camaru	Forro e guarda sol	0.63
Original	<i>Clavaria racemosa</i> Ruiz. & Pav.	Guarúba/Oftica	Hélice de ventilador	0.56
Alternativa	<i>Macarobium acacifolium</i> (Benth.) Benth.	Arapari	Hélice de ventilador	0.54
Alternativa	<i>Tachigali glauca</i> Tul.	Taxi/Taxizeiro-preto	Hélice de ventilador	0.56
Original	<i>Cordia bicolor</i> D.C.	Freijó	Palito de fósforo	0.49
Alternativa	<i>Guatteria olivacea</i> R.E.Fr.	Envira-preta	Palito de fósforo	0.49
Alternativa	<i>Osteophloeum platyspermum</i> (A.DC.) Warb.	Ucubarana	Palito de fósforo	0.47
Original	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.48
Alternativa	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	Taxi	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.48
Alternativa	<i>Hydrochorea pedicellaris</i> (DC.) M.V.B. Soares, ganci & M.P. Morm.	Ingá-de-porco	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.49
Original	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari	Cabo para rodo, vassoura e esfregão	0.52
Alternativa	<i>Dacryodes hopkinsii</i>	Hreu-branco	Cabo para rodo, vassoura e esfregão	0.51
Alternativa	<i>Annona esuicca</i> A.DC.	Envira	Cabo para rodo, vassoura e esfregão	0.52
Original	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Tauari	Embarcações (barco-convés)	0.65
Alternativa	<i>Glycydenbron amazonicum</i> Ducke	Glicia	Embarcações (barco-convés)	0.66
Alternativa	<i>Pouteria obscura</i> (Huber) Baehni	Maragocalo	Embarcações (barco-convés)	0.64
Original	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.83
Alternativa	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Castanha-sapucaia	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.84
Alternativa	<i>Inga paraensis</i> Ducke	Ingá/ingarana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.82
Original	<i>Dyplolopsis purpurea</i> (Rich.) Amsh. Var. <i>leptophylla</i> (Klein) Amsh.	Sucupira-da-terra-firme	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.74
Alternativa	<i>Pouteria anomala</i> (Presl) T.D.Penn.	Rossalinho/Mangarara	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.74
Alternativa	<i>Licaria rigida</i> Kosterm.	Louro/Louro-amarelo	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.73
Original	<i>Dipterix odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumarú	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.90
Alternativa	<i>Mauriti calocarpa</i> Ducke	Miraóba	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.88
Alternativa	<i>Pouteria camito</i> (Ruiz. & Pav.) Radlk.	Abirana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.88
Original	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uchi-liso	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.78
Alternativa	<i>Eschweilera amazonica</i> cf. <i>fracta</i> R. Kamuth.	Matamatá	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.76
Alternativa	<i>Swarzia recurva</i> Poepp.	Urucurana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.77
Original	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Sucupira amarela	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.84
Alternativa	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaipiba	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.85
Alternativa	<i>Pouteria egregia</i> Sandwith	Abiu	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.84
Original	<i>Ertisa uncinatum</i> Warm.	Uchi-liso	Forro	0.48
Alternativa	<i>Guatteria olivacea</i> R.E.Fr.	Envira-preta	Forro	0.49
Alternativa	<i>Vochysia maxima</i> Ducke	Quaruba-verdadeira	Forro	0.49
Original	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.71
Alternativa	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Amapá-amargoso/Conduru	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.71
Alternativa	<i>Drypetes variabilis</i> Uitten	Pau-branco	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.71
Original	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.76
Alternativa	<i>Protium</i> sp.	Hreu	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.76
Alternativa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Garapeira	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.75
Original	<i>Manilkara bidenata</i> ssp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T.D.Penn. Chevalier	Macaranduba	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.83
Alternativa	<i>Licania gracilipes</i> Taub.	Caraperana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.82
Alternativa	<i>Conepata robusta</i> Huber	Castanha-de-cutia	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.83
Original	<i>Mezilaurus itauba</i> (Melsn.) Taub. ex Mez.	Itaúba-amarela	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.70
Alternativa	<i>Aspidosperma deamanthum</i> Benth. ex Miell. Arg.	Aracanga	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.69
Alternativa	<i>Cissia fistulosa</i> Willd.	Canafístula	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.71
Original	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	Louro-lamenco	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.40
Alternativa	<i>Tachigali cavipes</i> (Spruce ex Benth.) Macbr.	Tachi-branco	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.40
Alternativa	<i>Soptium glandulosum</i> (L.) Morong	Leiteiro	Embalagens leves (caixotaria em geral)	0.40
Original	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Roxinho	Dormente	0.81
Alternativa	<i>Inga paraensis</i> Ducke	Ingá/ingarana	Dormente	0.82
Alternativa	<i>Bowditchia nitida</i> Spruce	Sucupira-preta	Dormente	0.81
Original	<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Abiu	Piso residencial	0.65
Alternativa	<i>Tachigali poeppigiana</i> Tul.	Taxi-preto/Taxi-pitomba	Piso residencial	0.65
Alternativa	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba-mico	Piso residencial	0.65
Original	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro/Facira	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.77
Alternativa	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	Matamatá-vermelho	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.76
Alternativa	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Cabreúva-parda	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.78
Original	<i>Terminalia amazonica</i> (Gmel.) Exell.	Cuiarana	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.80
Alternativa	<i>Terminalia cf. argentea</i> Mart. & Zucc.	Cuia	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.80
Alternativa	<i>Peltogyne cf. subsessilis</i> W. Rodr.	Roxinho	Estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa)	0.79
Original	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Barrote	Embarcações (barco-defensa e quilha)	0.76
Alternativa	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Parinari	Embarcações (barco-defensa e quilha)	0.75
Alternativa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Garapeira	Embarcações (barco-defensa e quilha)	0.75
Original	<i>Fatairoopsis spectiosa</i> Ducke	Faveira-amargosa	Lambri e painel em geral	0.62
Alternativa	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiarana	Lambri e painel em geral	0.61
Alternativa	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Ingá	Lambri e painel em geral	0.62
Original	<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Pau-santo	Pontes (pilar)	0.97
Alternativa	<i>Aniba canehilla</i> (H.B.K.) Mez.	Preciosa	Pontes (pilar)	0.92
Alternativa	<i>Trichilia lecointei</i> Ducke	Pracuúba-da-terra-firme	Pontes (pilar)	0.90

Fonte: Elaborado pela Autora com os dados do LPF e da empresa Cemal (2024)

O Laboratório de Produtos Florestais (LPF), realiza pesquisas com as espécies mencionadas no estudo a mais de cinquenta anos, e de acordo com o material de apoio fornecido pelo LPF as espécies apresentam tais usos finais (Tabela 3). Com isso é possível afirmar que a espécie substituta além da densidade básica semelhante, pode ser aplicada a um mesmo tipo de uso final, indicando que a espécie alternativa também pode ter mercado e ser comercializada.

Segundo a planilha de referência do LPF, as espécies apresentam aplicabilidade na construção civil, sendo utilizadas em estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa), ou revestimento, como pisos residenciais, forros, lambris e painéis. Também são usadas como de pilares de sustentação em pontes, e dormentes em trilhos de trem, e parte do revestimento de embarcações.

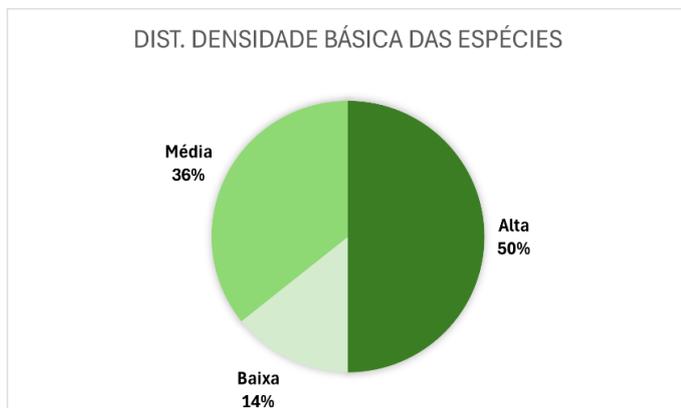
Além das aplicações de construção, sustentação e revestimento, a empresa também trabalha com espécies que geram produtos de utilidade prática, como guarda sol utilizado em praias, palito de fósforo, cabos para rodo, vassoura ou esfregão, embalagens leves de caixotaria em geral e hélices de ventilador.

As espécies de baixa e média densidade básica são comumente utilizadas em produtos que não necessitam de alta resistência físico-mecânica (Motta, 2014), como os de utilidade prática citados acima. Para construção civil e sustentação de estruturas são necessárias espécies com maior resistência física (IPT, 2003), com isso, são utilizadas espécies de alta densidade básica.

Para revestimento, setor náutico e dormentes dos trilhos de trem, além da alta resistência física são necessárias espécies de madeira com boa trabalhabilidade (Silva et al., 2021) por isso são analisadas outras propriedades físico-mecânicas, em complemento a densidade básica, pois estas também definem sobre a resistência física da madeira e seu processamento (Pádua, 2009).

Ao analisar a densidade básica das espécies atualmente comercializadas pela empresa Cemal, vimos que a 50% são espécies de alta densidade básica (Figura 2). As espécies de maior densidade básica apresentam maior resistência física, sendo comercializadas em mercados mais rentáveis (Gonzaga, 2006). Ao propor espécies alternativas foram indicadas espécies com mesmo tipo de uso final, para que não alterasse o mercado em que a empresa atua no presente momento.

Figura 2 - Distribuição da classificação de densidade básica comercializada pela empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Ao comparar a densidade básica da espécie manejada com a espécie alternativa à variação foi inferior a 8%, apresentando espécies substitutas com densidade básica próxima às das espécies atualmente manejadas (Figura 3). Mesmo com esta variação, a planilha de dados do laboratório de pesquisas florestais apresenta tais espécies como aptas a serem aplicadas a determinados usos finais em que as espécies atualmente manejadas são utilizadas (Tabela 3)

Figura 3 - Percentual de diferença da densidade básica da espécie de mercado em relação a espécie indicada



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A espécie que apresentou maior variação de densidade básica, quando comparada a espécie atualmente manejada, foi a *Trichilia lecointei* Ducke que se

mostrou 7,22% menos densa que a *Zollernia paraensis* Huber, atual espécie comercializada, porém isto pode ser atribuído ao fato de, a densidade da espécie atualmente manejada ser mais alta que o normal e conseqüentemente dificulta encontrar substitutos com densidade básica mais próxima. Contudo, mesmo com a densidade básica alta, foi encontrada uma possível substituta com densidade básica com variação menor que 10% como proposto no estudo, sendo potencial espécie substituta para o mercado nos próximos anos de contrato.

A densidade básica é uma importante característica da madeira, pois possui relação direta com a resistência física do material e outras propriedades físico-mecânicas, porém este não pode ser um indicativo isolado (Spatz e Pfisterer, 2013) para propor a substituição de manejo de uma espécie pela outra a ser comercializada, por isso foram analisados os parâmetros de MOE, MOR e CV (Tabela 4), pois estes também são importantes para o mercado no momento de selecionar a espécie para uso em determinado produto.

Quando analisada a Contração Volumétrica (CV), o Módulo Elasticidade (MOE) e o Módulo de Ruptura (MOR) nota-se que os valores das espécies substitutas apresentam diferenças maiores que 10% em relação as espécies atuais (Tabela 4), porém mesmo com esta diferença ainda podem ser utilizadas para determinados usos finais (Tabela 3) de acordo com material de apoio fornecido pelo LPF.

A contração volumétrica é associada a causas de defeitos na madeira no processo de secagem, como empenos e rachadura que interferem na resistência física da madeira, e conseqüentemente em seu uso final (Batista et al.,2016) As espécies alternativas apresentaram diferenças de até 70% na CV em relação às espécies manejadas, porém mesmo com esta diferença nos valores o material de apoio do LPF as recomenda como própria para determinado uso final, como o da atualmente manejada (Tabela 3).

O MOE é a capacidade de deformação, quanto menor o MOE, maior é a rigidez da madeira já o MOR é a capacidade da madeira de resistir determinada tensão sem atingir um limite de ruptura, com isso interferem diretamente no uso final (Segundinho et al., 2018). Os valores do MOE e MOR das espécies substitutas apresentam diferenças superiores a 50% em relação à espécie manejada (Tabela 4), porém mesmo com tal diferença o material de referência do LPF as recomenda para ao menos um uso final

comum com a espécie atualmente manejada (Tabela 3), a reforçando como potencial espécie alternativa para o próximo contrato.

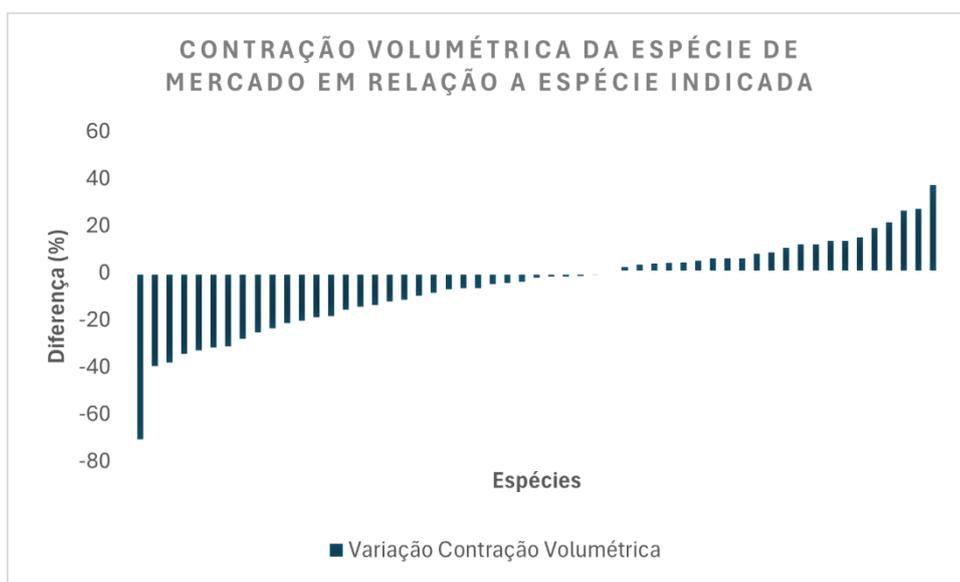
Tabela 4 - Comparativo dos valores de CV, MOE e MOR das espécies manjedas e substitutas

ESPÉCIE	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	CV(%)	MOR(Mpa)	MOE(Mpa)
Original	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Melanciaeira	14.50	696.00	9800.00
Alternativa	<i>Micropholis mensalis</i> (Bachni) Aubrév.	Abiuarana-branca	14.70	563.50	12800.00
Alternativa	<i>Acacia polyphylla</i> A.DC.	Espinheiro-preto	14.00	284.90	11400.00
Original	<i>Astronium lecontei</i> Ducke	Muiracatiara-rajada	11.90	573.10	13200.00
Alternativa	<i>Cryosophyllum prierii</i> A.DC.	Pau-doce	20.30	355.04	16900.00
Alternativa	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Cabreúva-parda	11.30	578.22	13800.00
Original	<i>Buchenavia huberi</i> Ducke	Cuiarana	14.70	502.71	13200.00
Alternativa	<i>Pouteria oblanceolata</i> Pires	Tuturubá	13.80	514.86	13800.00
Alternativa	<i>Swartzia recurva</i> Poepp.	Urucurana	15.00	386.07	16700.00
Original	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba	12.60	229.02	9500.00
Alternativa	<i>Ormosia coccinea</i> (Aubl.) Jack.	Tento	10.90	403.84	9000.00
Alternativa	<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Tachi-preto	12.80	464.45	13200.00
Original	<i>Caryocar villasum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiá	12.60	297.20	10000.00
Alternativa	<i>Tachigali paraensis</i> (Huber) Barneby	Taxi-branco	12.30	336.97	12500.00
Alternativa	<i>Ocotea</i> sp.	Louro-canuaru	11.10	403.28	12800.00
Original	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba/Oiticica	9.60	436.15	11200.00
Alternativa	<i>Macrobolobium acacifolium</i> (Benth.) Benth.	Arapari	10.00	469.60	7300.00
Alternativa	<i>Tachigali glauca</i> Tul	Taxi/Taxizeiro-preto	11.10	432.85	10500.00
Original	<i>Cordia bicolor</i> D.C.	Freijó	18.00	561.00	9600.00
Alternativa	<i>Guatteria olivacea</i> R.E.Fr.	Envira-preta	13.11	132.46	10314.29
Alternativa	<i>Osteophloeum platyspermum</i> (A.DC.) Warb.	Ucumarana	13.27	306.57	10066.67
Original	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	10.60	416.00	8500.00
Alternativa	<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	Taxi	11.90	375.10	10500.00
Alternativa	<i>Hydrochorea pedicellaris</i> (DC.) M.V.B.Souares, gançi & M.P.Morim	Ingá-de-porco	11.00	351.45	10300.00
Original	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari	10.40	191.80	9400.00
Alternativa	<i>Dacryodes hopkinsii</i> .	Breu-branco	11.60	330.55	9300.00
Alternativa	<i>Ammona exsucca</i> A.DC.	Envira	12.30	482.56	11600.00
Original	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Tauari	13.40	342.00	13400.00
Alternativa	<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	Glicia	12.00	520.20	12500.00
Alternativa	<i>Pouteria obscura</i> (Huber) Baehni	Marangonçalo	11.80	432.50	11500.00
Original	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho	14.50	396.50	15300.00
Alternativa	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Castanha-sapucaia	13.90	509.06	14700.00
Alternativa	<i>Inga paraensis</i> Ducke	Ingá/ingarana	15.90	667.70	14600.00
Original	<i>Diplotropis purpurea</i> (Rich.) Amsl. Var. <i>leptophylla</i> (Kleinh.) Amsl.	Sucupira-da-terra-firme	15.60	368.88	16800.00
Alternativa	<i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D.Penn.	Rosadinho/Mangarana	14.65	383.54	13961.54
Alternativa	<i>Licaria rigida</i> Kosterm.	Louro/Louro-amarelo	13.50	718.74	14100.00
Original	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumaru	13.61	547.84	16120.00
Alternativa	<i>Mouriri caliocarpa</i> Ducke	Miraúba	17.40	250.11	14400.00
Alternativa	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Abiuarana	14.56	816.37	15928.57
Original	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uchi-liso	15.60	290.75	14600.00
Alternativa	<i>Eschweilera amazonica</i> cf. <i>fracta</i> R.Kanuth.	Matamatá	14.90	382.40	13400.00
Alternativa	<i>Swartzia recurva</i> Poepp.	Urucurana	15.00	386.07	16700.00
Original	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Sucupira amarela	12.70	407.29	14900.00
Alternativa	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	Jutaieba	13.76	479.78	13500.00
Alternativa	<i>Pouteria egregia</i> Sandwith	Abiu	15.70	256.49	15300.00
Original	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Uchi-liso	12.90	377.60	8700.00
Alternativa	<i>Guatteria olivacea</i> R.E.Fr.	Envira-preta	13.11	132.46	10314.29
Alternativa	<i>Yochysia maxima</i> Ducke	Quaruba-verdadeira	12.10	283.82	9500.00
Original	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	13.11	506.51	11792.86
Alternativa	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Amapá-amargoso/Condur	12.00	529.24	14300.00
Alternativa	<i>Drypetes variabilis</i> Uittien	Pau-branco	15.90	730.05	12900.00
Original	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	11.40	748.71	14600.00
Alternativa	<i>Protium</i> sp.	Breu	15.00	825.31	14300.00
Alternativa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Garapeira	15.90	258.16	11600.00
Original	<i>Manilkara bidentata</i> susp. <i>surinamensis</i> (Miq.) T.D.Penn. Chevalier	Maçaranduba	13.80	367.54	12600.00
Alternativa	<i>Licania gracilipes</i> Taub.	Caraiperana	18.10	234.74	13900.00
Alternativa	<i>Couepia robusta</i> Huber	Castanha-de-cutia	15.70	237.94	13300.00
Original	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba-amarela	10.50	725.68	10600.00
Alternativa	<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müell.Arg.	Aracanga	14.50	655.90	12900.00
Alternativa	<i>Cassia fastuosa</i> Willd.	Canafistula	-	761.43	12700.00
Original	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	Louro-tamanco	9.10	362.44	7600.00
Alternativa	<i>Tachigali cavipes</i> (Spruce ex Benth.) Macbr.	Tachi-branco	9.70	273.06	7900.00
Alternativa	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	Leiteiro	12.10	162.80	7800.00
Original	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.	Roxinho	12.70	555.02	15700.00
Alternativa	<i>Inga paraensis</i> Ducke	Ingá/ingarana	15.90	667.70	14600.00
Alternativa	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce	Sucupira-preta	14.51	436.53	16212.50
Original	<i>Pouteria oppositifolia</i> (Ducke) Baehni	Abiu	12.50	729.97	10900.00
Alternativa	<i>Tachigali poeppigiana</i> Tul.	Taxi-preto/Taxi-pitomba	12.60	427.30	12900.00
Alternativa	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	Peroba-mico	11.50	505.33	13600.00
Original	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Louro/Faeria	18.00	323.05	14800.00
Alternativa	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	Matamatá-vermelho	15.30	741.37	12800.00
Alternativa	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	Cabreúva-parda	11.30	578.22	13800.00
Original	<i>Terminalia amazonica</i> (Gmel.) Exell	Cuiarana	12.80	491.28	11700.00
Alternativa	<i>Terminalia cf. argentea</i> Mart. & Zucc.	Cuia	15.20	345.60	14800.00
Alternativa	<i>Peltogyne cf. subsessilis</i> W.Rodr.	Roxinho	13.40	489.88	14000.00
Original	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Barrote	14.94	560.72	11940.00
Alternativa	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Parinari	14.80	349.05	14500.00
Alternativa	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Garapeira	15.90	258.16	11600.00
Original	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	Faveira-amargosa	9.90	501.26	11900.00
Alternativa	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Pequiarana	11.90	562.80	13200.00
Alternativa	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Ingá	13.30	648.80	11500.00
Original	<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Pau-santo	16.80	315.99	16300.00
Alternativa	<i>Aniba canehilla</i> (H.B.K.) Mez	Preciosa	13.60	911.46	16400.00
Alternativa	<i>Trichilia lecontei</i> Ducke	Pracutiba-da-terra-firme	13.20	703.54	13600.00

Fonte: Elaborado pela Autora com os dados do LPF e da empresa Cemal (2024)

Ao analisar a diferença percentual de contração volumétrica das espécies de mercado e espécies alternativas presentes no estudo (Figura 4), não foram encontradas espécies com a exata CV da espécie de mercado, porém foram encontradas espécies alternativas com diferenças negativas ( $CV \text{ espécie alternativa} > CV \text{ espécie de mercado}$ ) e positiva negativas ( $CV \text{ espécie alternativa} < CV \text{ espécie de mercado}$ ) (Figura 4), com isso pode ser que dependendo do uso final tal espécie esteja limitada a aplicação.

Figura 4 - Percentual de diferença da Contração Volumétrica da espécie de mercado em relação à espécie indicada



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

No caso das variações positivas, em que a espécie de mercado apresenta uma contração volumétrica maior que a espécie indicada, este é um ponto positivo, visto que a retração volumétrica esta relacionada a defeitos na madeira e uma CV menor, pode indicar menores possibilidades de defeito (Batista et al.,2016) e conseqüentemente a espécie ter uma aplicabilidade mais ampla.

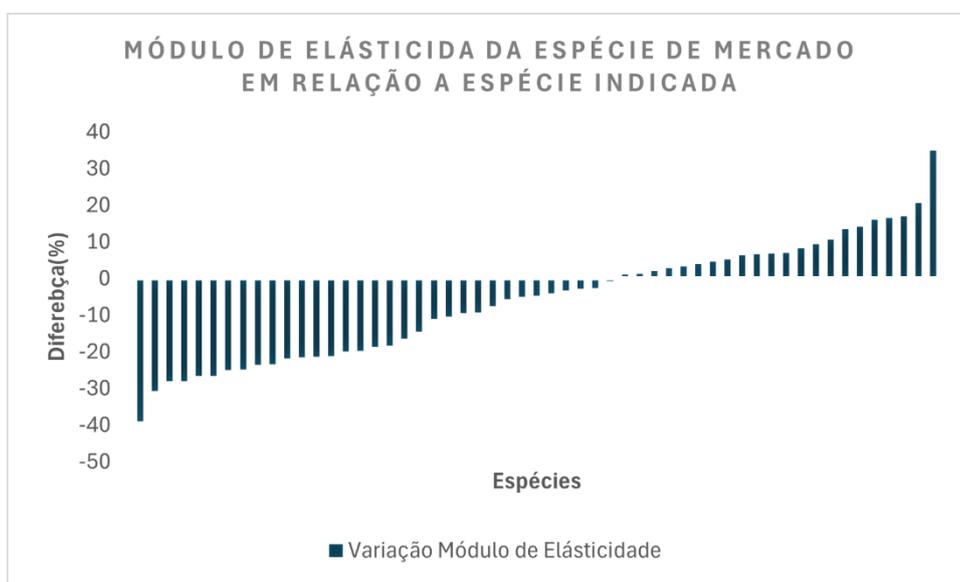
A espécie que apresentou maior diferença percentual foi a *Crhysophyllum prieurii* A.DC., que substituiria a *Astronium lecointei* Ducke, onde o CV foi 70,59% maior que a espécie colhida, porém mesmo a *Astronium lecointei* Ducke, sendo utilizada para estrutura de cobertura (viga, caibro e ripa), a *Crhysophyllum prieurii* também pode ser usada neste uso final, sem gerar prejuízos (Tabela 3).

Também foi selecionada a espécie *Myrocarpus frondosus* para substituir a *Roupala montana*, que apresentou uma retração volumétrica 34% menor que a atual

espécie manejada podendo ser uma espécie potencialmente bem avaliada pelo mercado, e conseqüentemente mais rentável para empresa.

Também foi analisada a diferença percentual do Módulo de Elasticidade (MOE) da espécie de mercado em relação a espécies substituta (Figura 5), não foram encontradas espécies que apresentassem exatamente o mesmo MOE que as espécies de mercado, novamente apresentaram variações negativas e positivas. Quando a espécie de mercado apresentou um MOE menor que da espécie indicada a variação percentual foi negativa e quando a espécie de mercado apresentou um MOE maior que o da espécie indicada a variação percentual foi positiva.

Figura 5 - Percentual de diferença do MOE da espécie de mercado em relação a espécie indicada.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

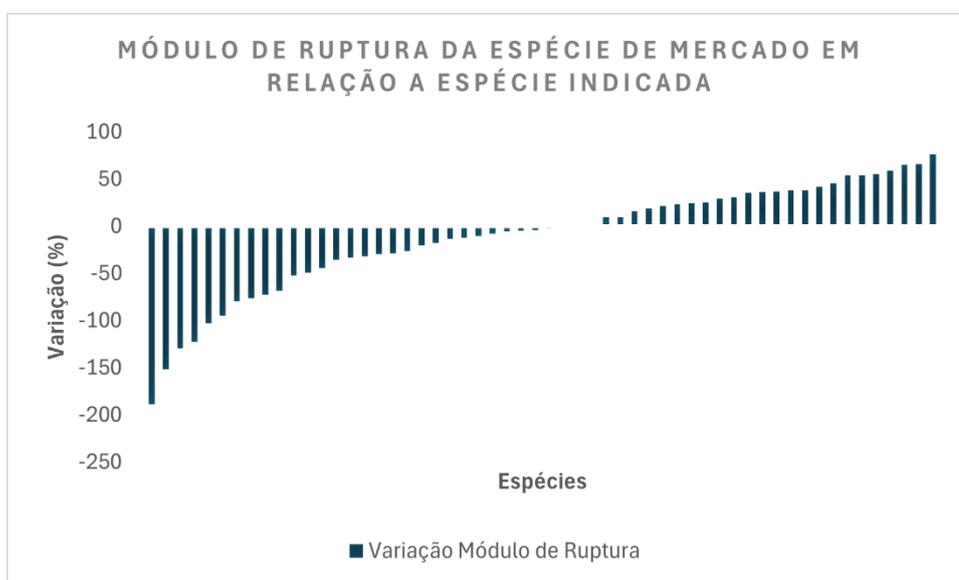
O MOE refere-se ao grau de rigidez da madeira e sua capacidade de deformação até o rompimento, logo a madeira que apresenta maior MOE, pode apresentar uma característica positiva dependendo do uso final, visto que maior MOE pode conferir maior maleabilidade à madeira e resistência aos impactos sem causar uma deformação plástica ou rompimento da peça (Segundinho et al, 2018) algo que pode ser visado pelo mercado.

Dentro do MOE, a maior diferença encontrada entre a espécie manejada e a espécie indicada para substituí-la foi da *Tachigali multijuga* Benth que substituiria a *Carapa guianensis* Aubl, onde a espécie indicada apresentou um MOE 38,95% maior que o da espécie comercializada no mercado, indicando que a espécie substituta apresenta maior

capacidade de deformação, sem chegar ao colapso, o que pode ser considerado vantajoso para o mercado dependendo do seu uso final escolhido, espécie também é compatível com uso final proposto pelo material do LPF (Tabela 3).

Diferente do MOE e a CV, o Módulo de Ruptura (MOR), apresentou algumas espécies alternativas com o mesmo valor de MOR que as espécies de mercado, conferindo-as variação percentual nula. Do mesmo modo as características analisadas anteriormente, algumas espécies de mercado apresentaram MOR menor que as espécies indicadas, com isso a variação percentual foi negativa e quando a espécie de mercado apresentou MOR maior do que a espécie indicada a variação percentual foi positiva.

Figura 6 - Percentual de diferença do MOR da espécie de mercado em relação a espécie indicada.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Algumas espécies de mercado apresentaram um MOR mais de 100% menor que o da espécie indicada, porém esta é uma característica positiva para espécie indicada, devido a possibilidade de maior resistência mecânica, como é caso da *Aniba canelilla* (H.B.K.) Mez, que substituiria a *Zollernia paraensis* Huber, ela apresentou um MOR 188% maior que o da espécie comercializada no mercado. Quando analisado ao uso final (Tabela 3) tem-se que a *Aniba canelilla* também pode ser usada como pilar de sustentação em pontes, assim como a *Zollernia paraensis*, atual espécie de mercado.

Já no caso das espécies indicadas que apresentaram um MOR menor que o da atual espécie manejada, a *Guatteria olivacea* R.E.Fr. que substituiria a *Cordia bicolor* D.C.

foi a que apresentou a maior diferença, onde o a variação percentual foi de 76,39% menor que o MOR da espécie manejada.

A *Cordia bicolor* é uma espécie de baixa densidade básica (Tabela 3) usada para fabricação de palitos de fósforo e embalagens leves, segundo os estudos do Laboratório de Produtos Florestais, assim como a *Guatteria olivácea* que apresenta baixa densidade básica e também pode ser utilizada na fabricação de palitos de fósforo. Este é um uso final em comum das duas espécies, demonstrando indicativo de mercado mesmo com a discrepância nos valores do MOR, sendo uma potencial espécie a ser comercializada no próximo contrato.

Em suma, as características apresentaram variações em relação à espécie atualmente manejada, porém a característica referência no presente estudo é densidade básica devido a sua constante associação do mercado com a qualidade da madeira, esta apresentou uma variação pequena em relação à espécie manejada, conferindo potencial de indicativo para possível comercialização de tais espécies em ciclos posteriores.

As outras características (CV, MOE e MOR) foram utilizadas para fins comparativos e também reafirmaram potencial qualidade da madeira para comercialização, pois mesmo com a discrepância maior nos valores, tais espécies possuem pelo menos um uso final em comum com a espécie de referência, demonstrando ser vantajoso para os próximos ciclos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

A característica de densidade básica foi um bom critério para avaliação das espécies e se mostrou semelhante às espécies manejadas, porém as características de Contração Volumétrica, Módulo de Elasticidade e Módulo de Ruptura apresentaram maiores discrepâncias em relação à espécie manejada, com isso fazem-se necessários maiores estudos sobre outras características como a trabalhabilidade das espécies apresentadas como substituta para se recomendar como espécies alternativas para determinados usos finais com maior segurança.

As espécies indicadas como alternativas demonstraram aplicabilidade em usos finais semelhantes as das espécies já manejadas.

Em suma, o estudo considerou os resultados satisfatórios e reforça que este é um estudo primário fazendo-se necessários estudos mais aprofundados sobre as espécies apresentadas como substitutas e suas características, como indicação sugere-se analisar trabalhabilidade de tais espécies.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANGELO, H; SANTOS, J.;BRASIL. A. A. **Madeiras Tropicais: Análise Econômica das Principais Espécies Florestais Exploradas**. Revista Árvores, Brasília-DF,p.237-248.

BRASIL. Lei 11.284 de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF. Disponível em < [Lei nº 11.284 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br)> Acesso em 10 de setembro de 2024.

BARNABÉ, André Isper Rodrigues. Aspectos jurídicos da gestão dos contratos de concessão sob a perspectiva pública. 2023. Dissertação (Mestrado em Direito do Estado) - Faculdade de Direito, University of São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/D.2.2023.tde-23082023-124334.

BATISTA, D. C; KLITZKE,R. J.; ROCHA, M.P; BATISTA, R. T. **Ensaio de Taxa de Secagem e Escore de Defeitos para a Predição da Qualidade da Secagem Convencional da Madeira de Eucalyptus sp. – Parte 2**, Curitiba/PR, Floresta e Ambiente N.23(1), P.135-141, 2016

CADASTRO NACIONAL DE FLORESTAS PÚBLICAS. **Serviço Florestal Brasileiro**. Disponível em: <https://www.gov.br/florestal/pt-br/assuntos/cadastro-nacional-de-florestas-publicas>. Acesso em:24/08/2024

CARLI. A. A.;COSTA.L. A. **Sustentabilidade ambiental: parâmetro necessário à atividade econômica e requisito essencial à concessão de benefícios fiscais**. vol.09, nº. 02, Rio de Janeiro, 2016. pp.843-860.

CEMAL- Ltda EPP. **Plano de manejo florestal sustentável pracupi em Floresta Pública Federal**- Belém-PA. 2016

CEMAL- Ltda EPP. **Plano operacional anual 06 unidade de manejo florestal 03 - flona caxiuanã plano de manejo florestal sustentável pracupí**. Belém-PA,2022.

CHULES, E. L; SCARDUA, F. P; MARTINS, R. C. C. **Desafios da implementação da política de concessões florestais federais no Brasil**. REVISTA DE DIREITO ECONÔMICO E SOCIOAMBIENTAL. Curitiba-PR. vol. 9 | n. 1 | jan/abril 2018

CONCESSÕES E MONITORAMENTO. **Serviço Florestal Brasileiro**. Disponível em:<https://www.gov.br/florestal/pt-br/assuntos/concessoes-e-monitoramento>. Acesso em:20/08/2024

CONCESSÕES FLORESTAL, **Sistema Nacional de Informações Florestais**. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/temas-florestais/concessoes-florestais>. Acesso em: 10/08/2024

DIAS, A. C. C. **Relação entre a densidade básica e as retrações em madeira de teca**. Gurupi-TO, p.38-45, 2018

FAMATO, **Florestas públicas**. MatoGrosso do Sul, 05/2024. Disponível em: <https://sistemafamato.org.br/wp-content/uploads/2024/05/informativo-florestas-publicas.pdf>. Acesso em: 07/08/2024

FIEDLER, C. N; FILHO, T. M; OLIVEIRA, J. T. S. **Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de eucalyptus**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

FIGUEIRAS, G. C. et al,. **Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do pará**. Belém - PA. *Agroecossistemas*, v. 9, n. 2, p. 102 – 129, 2017

FLONA, **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em : <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/unidades-de-conservacao/flona>. Acesso em: 04/07/2024.

GOMES, M. C. **Riscos e incertezas em contratos públicos de concessão: uma análise econômica da repartição de responsabilidades**. RJLB, Ano 6 (2020), nº 4.

GONZAGA, Armando. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília-DF, IPHAN/Monumenta, p. 246, Caderno técnico, 2006.

ITTO. 2000. **Annual Review and Assesment of the World Tropical Timber Situation**.1999. Yokohama: 118p. (Document GI-7/99).

KARSENTY, Alain. et al. Regulating industrial forest concessions in Central Africa and South America. **Forest Ecology and Management, Moving beyond reduced impact-logging towards a more holistic management of tropical forests**. v. 256, n. 7, p.1498-1508, 20/set. 2008.

Laboratório de Pesquisas florestais. **Serviço Florestal Brasileiro**. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/>. Acesso em: 15/08/2024

LIMA, F. B. (2020). **Determinantes da viabilidade financeira no investimento em concessões florestais**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, publicação PPGCFL.DM-X/2020. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 67p.

MELO, Júlio Eustáquio de., CAMARGOS, José Arlete Alves. **A madeira e seus usos**. Brasília: SFB/LPF/MMA, 2016, p. 18, 228p. ISBN: 978-85-63269-15-7

MELO, Júlio Eustáquio de., CORADIN, Vera Teresinha Rauber. **Classes de massa específica básica**. LPF/IBAMA, 1990.

MOTTA, P. J. et al., **Caracterização da madeira de quatro espécies florestais**. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.12, p.2186-2192, dez, 2014

MUNIZ, T. F; PINHEIRO, A. S. O. **Concessão florestal como instrumento para redução de exploração ilegal madeireira em Unidades de Conservação em Rondônia**. Revista Farol, Rolim de Moura – RO, v. 8, n. 8, p. 121-142, jun./2019.

NETO, P. N. M; PAES, J. B; SEGUNDINHO, P. G. A. **Determinações dos módulos de elasticidade e ruptura de madeiras por técnicas não destrutivas e destrutiva**. Sci. For., Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 683-690, set. 2016.

NETO, S. P. M. **Variação axial das Propriedades Físicas da Madeira de Cinco Procedências de Pinus tecunumanii no Cerrado do Distrito Federal**, DF. 1º edção, EMBRAPA, ed. online (2009)

PADUA, F. A. (2009). **Amostragem de densidade básica da madeira de uma híbrido de eucalyptus grandis w. Hill ex maiden x eucalyptus urophylla s. T. Blake**. Tese de Doutorado em Ciências tecnologia da madeira. Universidade Federal de Lavras , Lavras, MG, P.87.

Petrauski, S. M. F C. et al.,. **Competitividade do brasil no mercado internacional de madeira serrada**. Cerne, Lavras, v. 18, n. 1, p. 99-104, jan./mar. 2012.

PINGAULT, N.; ROSHETKO, J. M; MEYBECK, A., **Perspectivas do Setor Florestal da Ásia-Pacífico: Silvicultura inovadora para um futuro sustentável**. FAO - CGIAR Programa de Pesquisa em Florestas, Árvores e Agroflorestas. 2021.

RIBEIRO, E. S. (2017). **Propriedades Tecnológicas de Vinte Espécies de Madeiras Tropicais Comercializadas Pelo Estado de Mato Grosso**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD 073-2017. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 183p.

SEGUNDINHO, P. G. A. et al., **Variação dos módulos de elasticidade e ruptura em madeira de cedro-australiano por meio de ensaios não destrutivo e destrutivo**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1163-1178, jul.- set., 2018.

SILVA, Carlos. **Caracterização física, mecânica e de trabalhabilidade de madeiras de seis espécies da Mata Atlântica**, Rio de Janeiro-RJ, Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil, p. 20-41, 2021

SILVA, C. J; MIGUEL. E. P; VALE. A. **Densidade básica da madeira de espécies arbóreas de Cerradão no estado de Tocantins**. Pesq. flor. bras., Colombo, v. 35, n. 82, p. 63-75, abr./jun. 2015

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Serviço Florestal Brasileiro**. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/>. Acesso em:24/08/2024

SIST, P., PIPONIOT, C., KANASHIRO, M., PENA-CLAROS, M., PUTZ, FE, SCHULZE, M., VIDAL, E. **Sustentabilidade das concessões florestais brasileiras**. *Ecologia e Manejo Florestal*, v. 496. 2021.

SPATZ, C. H.; PFISTERER, J.; **Mechanical Properties of Green Wood and Their Relevance for Tree Risk Assessment**. *Arboriculture & Urban Forestry* 39(5): September 2013.

Unidades de Conservação Federais - por categoria. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/unidades-de-conservacao>. Acesso em: 20/08/2024.

VEIGA, N. S. **Inferência da densidade da madeira estimada por esclerometria**.2014, p. 81, Dissertação de Mestrado em concentração de Construções Rurais e Ambiente. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS Faculdade de Engenharia Agrícola Campinas, SP : [s.n.], 2014.

VERISSIMO, A.;Preira,D. **Produção na Amazônia Florestal: características,desafios e oportunidades**, Parc. Estrat. Brasília-DF , v. 19 , n. 38 , p. 13-44 , jan-jun 2014.

VIVIAN, M. A. et al. **Estimativa da Resistência e Rigides da Madeira de Eucalyptus  
grands Por meio de onda ultrassonora.**pesq. Flores.bras., Colombo, v. 32, n69, p.109-  
113, jan/mar. 2012