



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA  
CAMPUS JORGE AMADO  
CENTRO DE FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS AGROFLORESTAIS  
ENGENHARIA FLORESTAL

THASSIANA LACERDA COELHO

**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE *CEDRELA ODORATA* L. E VARIAÇÕES  
CLIMÁTICAS**

ITABUNA

2021

THASSIANA LACERDA COELHO

**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE *CEDRELA ODORATA* L. E VARIAÇÕES  
CLIMÁTICAS**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Centro de Formação em Ciências Agroflorestais da Universidade Federal do Sul da Bahia, com vistas a obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Mara Lúcia Agostini Valle

Coorientador: Luíz Fernando Silva Magnago

ITABUNA

2021

**Catálogo na Publicação (CIP)**  
**Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)**  
**Sistema de Bibliotecas (SIBI)**

C672r Coelho, Thassiana Lacerda, 1995-

Relação entre densidade de *Cedrela Odorata* L. e variações climáticas / Thassiana Lacerda Coelho. – Itabuna : UFSB, 2021. - 27f.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Jorge Amado, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Engenharia Florestal, 2021.

Orientadora: Dra. Mara Lúcia Agostini Valle.

1. Madeira - Densidade. 2. Cedro-rosa. 3. *Cedrela Odorata* L. 4. Florestas. I. Título.

CDD – 674.12

THASSIANA LACERDA COELHO

**RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE *CEDRELA ODORATA* L. E VARIAÇÕES  
CLIMÁTICAS**

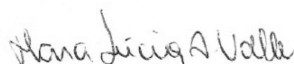
Trabalho de conclusão de curso submetido  
ao Centro de Formação em Ciências  
Agroflorestais da Universidade Federal do  
Sul da Bahia, com vistas a obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Mara Lúcia Agostini Valle

Coorientador: Luíz Fernando Silva Magnago

Este trabalho foi submetido a avaliação e julgado aprovado em: 28/01/2021

**BANCA EXAMINADORA**



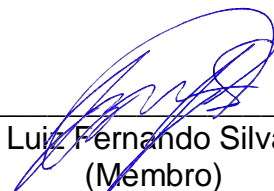
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mara Lúcia Agostini Valle  
(Orientadora)  
Universidade Federal do Sul da Bahia/UFSB



---

Prof. Dr. Ricardo de Almeida Mesquita  
(Membro)  
Universidade Federal do Sul da Bahia/UFSB



---

Prof. Dr. Luiz Fernando Silva Magnago  
(Membro)  
Universidade Federal do Sul da Bahia/UFSB

ITABUNA  
2021

## RESUMO

O conhecimento das propriedades da madeira é imprescindível para um melhor aproveitamento de seu potencial tecnológico, visto que promove maior eficiência de uso e melhor qualidade do produto final. Entre as propriedades mais relevantes, a densidade é uma característica chave por ser de fácil mensuração e fornecer informações sobre as outras propriedades. As árvores estão continuamente respondendo fisiologicamente a condições climáticas prevaletentes, resultando em alterações no seu lenho. Há indícios significativos da relação entre a densidade da madeira e fatores climáticos e geográficos. A relação existente entre a variação de características plásticas vs. genéticas de *Cedrela odorata* L. pode ter consequências importantes para as respostas da densidade da madeira às mudanças ambientais. Estudos de meta-análise podem fornecer dados para simulações e para testar a importância de diversos fatores que interferem na composição do lenho. Objetivou-se neste trabalho determinar a relação da densidade básica de *Cedrela odorata* L. com as condições climáticas de diversas regiões por meio de meta-análise. Para identificar possíveis padrões espaciais e ecológicos nos dados, foi verificado a existência de autocorrelação espacial dos dados por meio do Índice de Moran. A precipitação média anual (mm) e a temperatura média foram significativas na variação da densidade da madeira de *C. odorata*. Não houve autocorrelação espacial entre os dados. Concluiu-se que a densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. apresentou forte ligação com as características ambientais dos locais de origem, entretanto a baixa variância confirmou a conservação genética. O conhecimento da variação intraespecífica da madeira de cedro em relação as condições climáticas podem orientar o uso da madeira, auxiliar um manejo adequado para a preservação da espécie bem como elucidar processos ecológicos florestais em amplas extensões espaciais.

Palavras chave: mudanças climáticas, cedro rosa, tecnologia da madeira

## ABSTRACT

Understanding the properties of wood is essential for a better use of its technological potential, since it promotes greater efficiency of use and better quality of the final product. The wood basic density is considered one of the most important parameters in the wood quality evaluation because of a strong relationship with others wood properties. Trees are continually responding physiologically to prevailing climatic conditions resulting in changes in their wood. There is significant evidence of the relationship between wood density and climatic and geographical factors. The relative importance of plasticity versus genetic differentiation of *Cedrela odorata* L. in different climatic conditions can contribute to wood basic density. Meta-analysis studies can provide data for simulations and to test the importance of several factors that interfere in the composition of the wood. The goal of this paper was to determine the relationship between the basic density of *Cedrela odorata* L. and the climatic conditions of several regions through meta-analysis. To identify possible spatial and ecological patterns in the data, the existence of spatial autocorrelation of the data was verified through the Moran Index. The average annual precipitation (mm) and the average temperature were significant in the variation of the density of the wood of *C. odorata*. There was no spatial autocorrelation between the data. It was concluded that the wood density of *Cedrela odorata* L. presented a hard connection with the environmental characteristics of the places of origin, however the low variance confirmed the genetic conservation. Knowing the intraspecific variation of cedar wood in relation to climatic conditions can guide the use of wood, assist an adequate management for the preservation of the species as well as elucidate ecological forest processes in wide spatial common areas.

Key words: climate changes; wood technology; red cedar

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1	Aplicações tecnológicas e ecológicas da densidade da madeira .....	5
2.2	Relação entre densidade da madeira e fatores climáticos .....	7
3	ARTIGO: RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE <i>CEDRELA</i> <i>ODORATA</i> L. E VARIAÇÕES CLIMÁTICAS. ....	9
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
	REFERENCIAS .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades da madeira é imprescindível para um melhor aproveitamento de seu potencial tecnológico, visto que promove maior eficiência de uso e melhor qualidade do produto final (MOTTA et al., 2014). Este potencial tecnológico é determinado mediante a análise das propriedades físicas, anatômicas, químicas e mecânicas de determinada espécie florestal (SILVA, 2017).

Entre as propriedades da madeira, a densidade básica é frequentemente considerada uma característica chave por ser uma das mais relevantes, possuir fácil obtenção e fornecer informações sobre as outras propriedades da madeira, uma vez que é consequência da associação das propriedades anatômicas, físicas e químicas (MOTTA et al., 2014; BURGUER; RICHTER, 1991).

Além de empregada em diversos segmentos do setor florestal por fornecer parâmetros relacionados à qualidade da madeira, a densidade é utilizada no dimensionamento de estruturas, cálculo de químicos utilizados na polpação, fabricação de painéis, produção energética de biomassa, fabricação de manufaturados (BURGUER; RICHTER, 1991; QUEIROZ et al., 2004; BESSA, 2018). A densidade básica de determinada espécie pode ser influenciada por diversos fatores. Vários estudos documentaram relações entre a densidade da madeira e o clima, bem como outros gradientes de recursos, como a fertilidade do solo, tratamentos silviculturais, competição, idade (CASTRO et al., 2020; LIMA; GARCIA, 2010; KUNSTLER et al., 2016; BRITO et al., 2020).

A espécie *Cedrela* foi selecionada neste trabalho devido a sua importância, ampla ocorrência no Brasil e seu tradicional uso da madeira. O cedro rosa (*Cedrela odorata* L.) é uma espécie pertencente à família Meliaceae com ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada no Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Floresta Amazônica (FLORES, 2020). Apesar de possuir ocorrência confirmada em todas as regiões do Brasil e em países como México e Costa Rica, o cedro-rosa é classificado como vulnerável na lista vermelha da IUCN (MARK; RIVERS, 2017). A madeira de cedro-rosa apresenta elevada estabilidade dimensional, como demonstra seu coeficiente anisotrópico de 1,2 (FERNANDES et al., 2018) e pouca propensão a apresentar defeitos durante o processo de secagem, o que garante seu uso nobre na fabricação de móveis,



barcos, instrumentos musicais e ofurôs (FERNANDES et al., 2018; CATEIN, 2019).

Por possuir alto valor comercial (IMAZON, 2010), a madeira de *Cedrela odorata* L. sofre forte pressão da indústria madeireira, tornando-se necessário um manejo adequado para a preservação da espécie (BRANDES et al., 2020).

A relação existente entre a variação de características plásticas vs. genéticas de *Cedrela odorata* L. pode ter consequências importantes para as respostas da densidade da madeira às mudanças ambientais. Estudos de meta-análise podem fornecer dados para simulações e para testar a importância de diversos fatores que interferem na composição do lenho (AUGER; SHIPLEY, 2013).

A meta-análise consiste em uma análise estatística, na qual utiliza dados obtidos a partir de resultados de diferentes pesquisas, com o objetivo de integrá-los, combinando e resumindo seus resultados (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014). Essa compilação de dados tem-se mostrado eficiente em estudos de variação de características intraespecíficas de espécies florestais, tornando possível realizar uma avaliação mais ampla das espécies em diversos aspectos (SIEFERT et al, 2015).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aplicações tecnológicas e ecológicas da densidade da madeira**

A densidade básica da madeira é um dos fatores utilizados para avaliação do seu potencial tecnológico, colaborando para o uso adequado da matéria prima (SILVA, 2017; MOTTA et al., 2014).

Para a indústria de papel e celulose, a análise da densidade da madeira fornece informações em relação aos químicos utilizados na polpação e rendimento de processo (PUPO, 2019). Além disso, a densidade básica possui relação com as características morfológicas das fibras, e consequentemente qualidade da polpa celulósica. Foi relatado que densidades menores acarretam em maiores rendimentos de polpação (MOKFIENSKI et al, 2008). Em contrapartida, uma maior densidade apresentou melhores atributos para opacidade e coeficiente de dispersão de luz na polpa branqueada (GOMIDE; FANTUZZI; REGAZZI, 2010). A densidade também irá direcionar o uso da polpa de celulose. Polpas celulósicas oriundas de madeiras menos densas são indicadas para produção de papeis de impressão e as mais densas para produção de tissue, por exemplo (PUPO, 2019).

Ao se considerar características importantes para a biomassa vegetal para fins energéticos, há uma correlação proporcional entre densidade básica da madeira e a relação carbono/hidrogênio e inversamente proporcional com a relação siringil/guaiacil, teores de cinza, nitrogênio, oxigênio e enxofre (SOARES et al., 2014). A densidade também é utilizada para estimar o potencial de fixação de carbono de determinada espécie, para cálculos de estoques de biomassa e carbono florestal. Quanto maior a densidade da madeira, maior a biomassa estocada por m<sup>3</sup> (CASTRO, 2016; BASTIN et al., 2015).

No processo de fabricação de painéis de madeira, a densidade, junto com a temperatura e pressão aplicada na prensagem são fatores que influenciam nas propriedades físicas e mecânicas nos painéis (SILVA et al., 2020). A densidade de determinada espécie também influencia no rendimento de uma serraria, densidades médias apresentaram maior rendimento durante o desdobro (BONASSA et al., 2020).

Ecologicamente, apesar de altas densidades terem um custo de alocação de carbono maior, há diversas vantagens mecânicas e funcionais. Estudos destacam a importância da densidade da madeira como característica funcional em florestas tropicais, pois está fortemente ligada à variação na sobrevivência (KRAFT et al., 2010). Várias hipóteses para essas relações foram sugeridas, incluindo que a madeira de maior densidade confere maior resistência à quebra mecânica (NIKLAS; SPATZ, 2010), maiores efeitos competitivos (KUNSTLER et al., 2015) e aumento da resistência a pragas e doenças (CHAVE et al., 2009). Independentemente do mecanismo subjacente, a relação entre a densidade da madeira e as taxas de crescimento ou mortalidade implicam em um *trade-off* que é ordenado ao longo de um gradiente de densidade de madeira (POORTER, 2008).

## **2.2 Relação entre densidade da madeira e fatores climáticos**

Devido a atividade do câmbio vascular, as árvores respondem fisiologicamente a condições climáticas prevalecentes resultando em alterações no seu lenho (BOURIAUD et al., 2005). Há indícios significativos da relação entre a densidade da madeira e fatores climáticos e geográficos (NABAIS et al., 2018). Estes fatores têm um impacto sobre a quantidade e as características das células do xilema, bem como as propriedades dos anéis de crescimento e, conseqüentemente, sua densidade (VIEIRA et al., 2014; KURZ-BESSON et al., 2016).

Os estímulos causados na atividade cambial das plantas em diferentes condições climáticas, principalmente em relação a disponibilidade de água, são predominantes nas mudanças nas características da madeira. A precipitação aponta uma relação inversamente proporcional com densidade da madeira (SETTE JUNIOR et al., 2016). No geral, sítios com condições ambientais desfavoráveis à atividade fisiológica, selecionam indivíduos com maiores densidades (OLIVEIRA et al., 2012).

Além da precipitação, mudanças na densidade da madeira ocorrem devido a alterações na temperatura, impulsionadas por alterações na proporção do volume do lúmen no xilema. (THOMAS et al., 2007).

Devido a plasticidade fenotípica, fatores ambientais alteram a resposta fisiológica e morfológica de um mesmo genótipo, otimizando o uso de recursos disponíveis. Como resultado, ocorrem alterações no lenho, dando origem a múltiplas diferenças nas composições de vasos, fibras, parênquima e de raio entre indivíduos da mesma espécie (BAAS; WHEELER, 2011). Estudos avaliando a plasticidade fenotípica têm sido utilizados para avaliar diferentes respostas de espécies florestais aos estímulos ambientais e fitofisionomias variadas (SILVA; MELO JUNIOR, 2017; OLIVEIRA et al., 2012).

Para *Cedrela odorata* L. estudos dendrocronológicos mostraram que os ritmos sazonais de crescimento são particularmente influenciados pelo clima, alterando a composição anatômica do lenho (BALZANO et al., 2019; COSTA; LISI, 2018). Resultados indicam que o cedro possui grande variabilidade entre fenótipos, otimizando o uso dos recursos em diferentes locais. No entanto, a variação intraespecífica no que se refere a densidade da madeira em resposta as variações climáticas no Brasil são pouco conhecidas (SEGURA et al., 2020).

### 3. ARTIGO

#### 1 RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE *CEDRELA ODORATA* L. E VARIAÇÕES 2 CLIMÁTICAS

#### 4 RESUMO

5 O conhecimento das propriedades da madeira é fundamental para um melhor aproveitamento  
6 do seu potencial tecnológico por colaborar para aplicação adequada da matéria prima,  
7 promovendo assim maior eficácia do uso e melhor qualidade no produto final. Entre as  
8 propriedades da madeira, a densidade é considerada como uma das mais relevantes. Vários  
9 estudos documentaram relações entre a densidade da madeira e o clima, porém, pouco se sabe  
10 sobre o papel dos fatores climáticos na variação da densidade de espécies nativas, como  
11 *Cedrela odorata* L., sob perspectiva geográfica, considerando a ampla distribuição da espécie  
12 no Brasil. Tais relações fazem os padrões biogeográficos de densidade da madeira  
13 importantes para a compreensão do desempenho tecnológico intrínseco a cada espécie  
14 florestal, com implicações futuras para modelos e estratégias de manejo, gestão, alocação de  
15 recursos, além de nortear o uso da madeira em diferentes regiões. Objetivou-se neste trabalho  
16 determinar a relação da densidade básica de *Cedrela odorata* L. com as condições climáticas  
17 de diversas regiões por meio de meta-análise. Foi elaborado um banco de dados com  
18 densidade básica, local de plantio, precipitação média anual e temperatura para espécie. Os  
19 dados meteorológicos foram extraídos do WorldClim. A análise estatística feita com o auxílio  
20 do R. Não houve autocorrelação espacial entre os dados e a regressão mostrou influências  
21 significativas da precipitação média anual (mm) e temperatura média anual (°C) na densidade  
22 de *C. odorata*.

23 **Palavras chave:** meta-análise; cedro rosa; mudanças climáticas;

#### 25 1. INTRODUÇÃO

26 O potencial tecnológico da madeira de determinada espécie florestal é dado mediante  
27 avaliação de suas propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas e as correlações  
28 entre elas (Silva, 2017). Portanto, o conhecimento das propriedades da madeira é fundamental  
29 para um melhor aproveitamento do seu potencial tecnológico por colaborar para aplicação  
30 adequada da matéria prima, promovendo assim maior eficácia do uso e melhor qualidade no  
31 produto final (Motta et al., 2014).

A densidade (massa específica) é consequência da associação das propriedades anatômicas, físicas e químicas da madeira e é frequentemente considerada como uma característica chave (Burguer & Richter, 1991). Entre as propriedades da madeira, a densidade básica é considerada como uma das mais relevantes. Além de ser de fácil obtenção e fornecer informações sobre as outras propriedades, ela é frequentemente utilizada para classificação da qualidade da madeira (Motta et al., 2014).

A densidade básica é utilizada em diversos segmentos do setor florestal por ser responsável por características como resistência mecânica, grau de instabilidade, combustibilidade, comportamento da madeira com o uso de adesivos e polpação (Soares et al., 2014; Burguer & Richter, 1991; Gomide et al., 2010). Do ponto de vista ecológico, a alta densidade da madeira está associada a uma taxa de crescimento lento e baixa mortalidade devido ao seu potencial competitivo (Kunstler et al., 2015). Além dessas implicações industriais e ecológicas, a densidade da madeira é um importante componente para procedimentos de estimativa de biomassa e de estoque de carbono de uma floresta (Clough et al., 2017; Bastin et al., 2015).

As árvores respondem fisiologicamente a condições climáticas, resultando em alterações no seu lenho tendo impacto sobre a quantidade e as características das células do xilema, bem como nas propriedades dos anéis de crescimento e, consequentemente, sua densidade, havendo indícios significativos da relação entre a densidade da madeira e fatores geográficos e climáticos (Bouriaud et al., 2005; Nabais et al., 2018; Vieira et al., 2014; Kurz-Besson et al., 2016).

Nesse estudo foi utilizado o cedro rosa por ser uma espécie nativa com ampla distribuição e tradicional exploração madeireira. O cedro rosa (*Cedrela odorata* L.) é uma espécie pertencente à família Meliaceae com ampla distribuição no Brasil, sendo encontrada no Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Floresta Amazônica (FLORES, 2020). A madeira apresenta estabilidade dimensional, como demonstra seu coeficiente de anisotropia de 1,2 e pouca propensão a apresentar defeitos durante o processo de secagem, o que garante seu uso nobre na fabricação de móveis, barcos, instrumentos musicais, ofurôs (Fernandes et al., 2018; Catein, 2019). Todavia, por possuir alto valor comercial (IMAZON, 2010), a madeira de *Cedrela odorata* L. sofre forte pressão da indústria madeireira, tornando-se necessário um manejo adequado para a preservação da espécie (Brandes et al., 2020).

Estudos dendrocronológicos na madeira de *Cedrela odorata* L. mostraram que ritmos sazonais de crescimento são particularmente influenciados pela variação climática intra-anual, principalmente em relação ao período chuvoso (Balzano et al., 2019). Estudos documentaram

relações entre a densidade da madeira e o clima, bem como outros gradientes de recursos, como a fertilidade do solo, tratamentos silviculturais, competição, idade (Castro et al., 2020; Garcia and Lima, 2010; Kunstler et al., 2015; Brito et al., 2020). Ainda assim, pouco se sabe de fato sobre o papel dos fatores climáticos na variação da densidade de cedro-rosa sob perspectivas geográfica, considerando a ampla distribuição da espécie no Brasil.

Tais relações fazem os padrões biogeográficos de densidade da madeira importante para a compreensão do desempenho tecnológico intrínseco a cada espécie florestal, com implicações futuras para modelos e estratégias manejo, gestão, alocação recursos além de nortear o uso da madeira em diferentes regiões. Desta forma, uma análise mais aprofundada da densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. com foco em padrões climáticos diferentes faz-se necessária para compreensão do potencial de resposta do cedro-rosa em diferentes regiões e aplicabilidade de sua madeira. Diante disso, objetivou-se com este trabalho determinar a relação da densidade básica de *Cedrela* com as condições climáticas de diversas regiões.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Dados de densidade

O banco de dados de densidade básica da madeira de *Cedrela odorata* foi construído por meio de pesquisas no Google Scholar, Researchgate, Web of Science, Scielo e banco de dados disponíveis como DRYAD e ICRAF DATABASE. Não foi estabelecido limite geográfico para a montagem do banco de dados.

Das publicações encontradas, a seleção foi realizada com base nos seguintes critérios:

- Publicações com dados de densidade básica de madeira provenientes de ensaios;
- Coordenadas geográficas sinalizadas;
- Quando as coordenadas geográficas não foram mencionadas, deveria constar o local (cidade) onde a madeira foi coletada;
- Ensaios com árvores de diferentes idades ou com dados de densidade obtidos de diferentes segmentos (por exemplo, cerne e albino) foi utilizado o valor médio.

### 2.2 Dados climáticos

Os dados climáticos foram obtidos por meio do WorldClim (Fick and Hijmans, 2017). Os dados de temperatura média anual (°C) e precipitação média anual (mm) foram extraídos considerando-se uma resolução espacial de 30 segundos de arco.

## 2.3 Análise estatística

A análise de regressão foi feita com o auxílio do software R (R core team, 2020). Inicialmente foram avaliados o atendimento aos condicionantes da regressão. A normalidade dos dados por meio do Teste de Shapiro-Wilk e autocorrelação das variáveis independentes com o coeficiente de Pearson. Com o atendimento dos condicionantes, para entender se as variáveis climáticas interferem na densidade da madeira de *Cedrela*, foram utilizados modelos lineares generalizados, considerando a densidade como variável dependente e a temperatura média anual (°C) e precipitação anual (mm) como variáveis preditoras. O pacote MuMin foi empregado para a seleção do modelo de regressão. Foram criados modelos globais e com a função model.sel o critério de informação de Akaike (AIC) foi utilizado para comparar os modelos de regressão com interação entre as variáveis preditoras e sem interação entre as variáveis preditoras.

Posteriormente, foi utilizado a função dredge para a geração de múltiplas regressões do modelo global selecionado e ranqueamento de acordo com o critério de informação de Akaike. O modelo foi ajustado após verificação de quais variáveis preditoras são estatisticamente significativas.

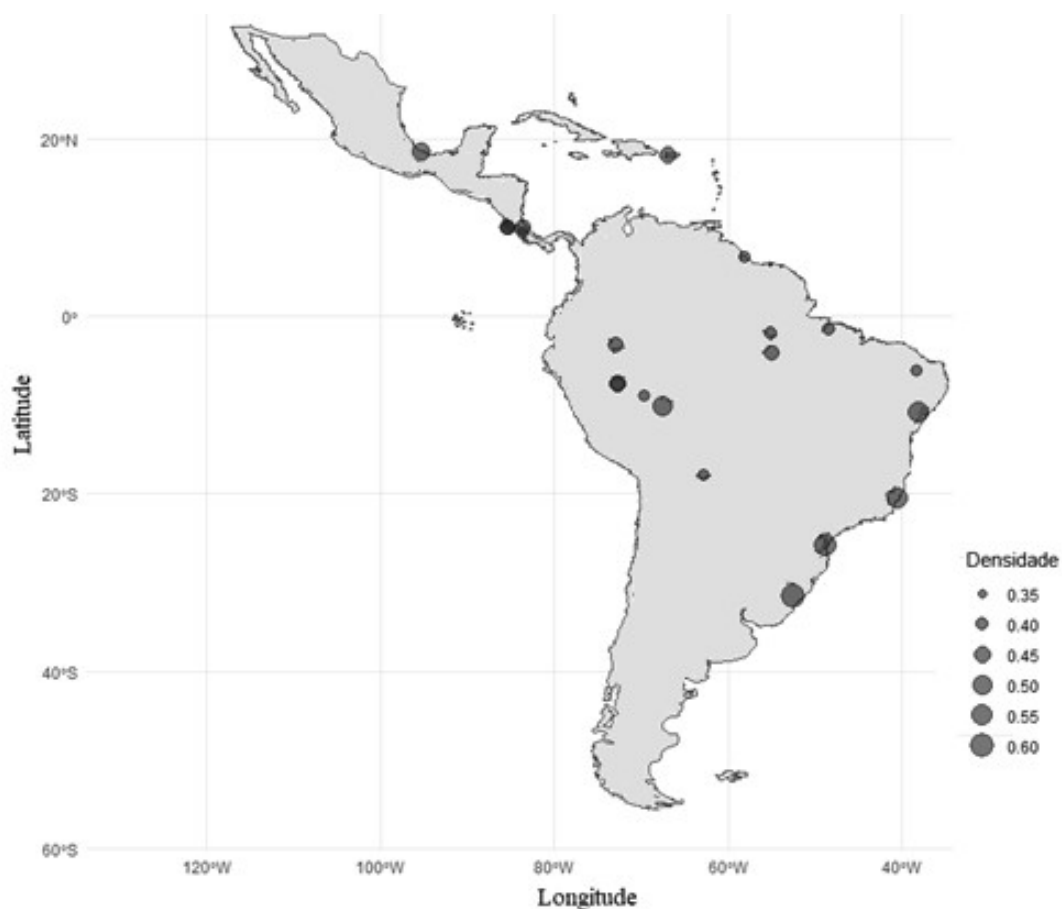
Para identificar possíveis padrões espaciais e ecológicos nos dados, foi verificado a existência de autocorrelação espacial dos dados por meio o Índice de Moran (Pinto et al, 2003).

## 3. RESULTADOS

Foram coletados 24 dados de densidade de *Cedrela odorata* L. provenientes de ensaios experimentais. Todos os dados que atendiam aos pré-requisitos estão localizados na região Neotropical. A distribuição geográfica do database para os dados de densidade de *Cedrela* está na Figura 01 e Tabela 01.

Figura 1 - Mapa de distribuição dos dados de densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) de *Cedrela odorata* L.. Quanto maior o ponto, maior a densidade no local (Tabela 1).





128

129 Fonte: Elaborado pelo autor

130

131 Tabela 1 – Relação entre densidade de *C. odorata* e locais.

Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Latitude	Longitude	Referencias
0,44	4°04'46.4"S	54°54'22.9"W	Reyes et al., 1992
0,43	10°03'28.7"N	85°25'15.8"W	Malavassi, 2003
0,34	10°23'00.6"N	85°20'03.8"W	Wiemann; Williamson, 1989
0,45	18°09'01.6"N	66°59'12.6"W	Little; Wadesworth 1964
0,42	3°15'26.2"S	72°55'03.3"W	Arostegui, 1982
0,379	6°48'05.7"N	58°09'10.3"W	Fanshawe, 1961
0,39	1°26'09.6"S	48°26'57.1"W	Ibama, 2006
0,38	17°51'49.7"S	62°49'33.3"W	Gutierrez Rojas; Sandoval, 2004
0,568	25°43'01.3"S	48°51'30.0"W	Martins, 1944.
0,34	5°53'03.0"N	55°09'29.6"W	Vink, 1983
0,39	1°53'17.1"S	55°07'03.7"W	Fearnside, 1997
0,4675	13°39'56.9"S	172°32'00.3"W	Lemmens et al., 1995
0,48	18°33'45.7"N	95°11'58.8"W	Barajas-Morales, 1987
0,38	9°24'57.6"N	83°41'34.5"W	Brow et al., 1992
0,46	7°37'24.6"S	72°42'14.6"W	Calderon et al., 2013

0,41	7°37'24.6"S	72°42'14.6"W	Fernandes et al., 2018
0,51	10°04'21.8"S	67°37'39.7"W	Dias; Lahr, 2004
0,383	8°51'55.5"S	69°40'01.3"W	Soares et al., 2017
0,54	10°47'04.2"S	38°00'45.5"W	Anholetto-Jr, 2013
0,539	20°35'21.3"S	40°30'45.4"W	Catein, 2019
0,41	9°56'58.5"N	85°21'58.9"W	Segura et al., 2020
0,37	6°06'15.8"S	38°24'39.1"W	Farias; Melo; 2020
0,61	31°32'13.5"S	52°30'15.8"W	Cademartori et al., 2010
0,44	9°58'06.9"N	83°37'15.2"W	Rigg-Aguilar, 2018

Fonte: Elaborada pelo autor

A análise dos dados de densidade para o teste de normalidade, de acordo com o teste de Shapiro Wilk, apresentou estatística  $W = 0,93168$ ,  $p\text{-value} = 0,1063$  aceitando-se a hipótese de normalidade dos dados com nível de significância  $\alpha = 0,05$ . A densidade possuiu uma média  $\cong 0,439 \pm 0,072 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . A maior densidade foi de  $0,61 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  e menor  $0,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , apresentando uma amplitude relativamente baixa.

Com o coeficiente de correlação de Pearson foi verificada a não associação entre as variáveis temperatura e precipitação, com coeficiente de correlação igual a  $-0,05016666$ ,  $\alpha = 0,05$ . Assim, para o modelo estatístico foram utilizadas as duas variáveis climáticas e a interação entre elas.

Com a função dredge foram geradas múltiplas regressões e ranqueadas conforme o critério de seleção Akaike. O emprego de Modelos Lineares Generalizados (GLM) na predição da densidade de *Cedrela odorata* L. (D) em função da precipitação anual (P), temperatura média anual (T) e erro ( $\varepsilon$ ) apresentou melhor ajuste na Equação 1, representando 88,7% dos dados:

$$\text{Eq. 1- } D = 1,8170 - 4,581e^{-0,4} \cdot P - 5,722e^{-0,2} \cdot T + 1,912e^{-0,5} \cdot P \cdot T + \varepsilon$$

Todas as variáveis foram significativas (Tabela 2), portanto, o modelo possibilita estimar com melhor precisão a variável resposta densidade para madeira do *Cedrela*.

Tabela 2 Estimativas do modelo, erro-padrão e significância associado a cada estimativa

	Estimativas	Erro-padrão	T valor	Pr >  t	
Intercepto	1.817	$2,981 \text{ e}^{-0,1}$	6,095	$5,89 \text{ e}^{-0,6}$	***
Precipitação	$-4,581 \text{ e}^{-0,4}$	$1,457 \text{ e}^{-0,4}$	-3,144	0,005110	**
Temperatura	-0,05722	$1,291 \text{ e}^{-0,2}$	-4,433	0,000256	***
Precipitação*temperatura	$1,912 \text{ e}^{-0,5}$	$6,344 \text{ e}^{-0,6}$	3,013	0,006872	**

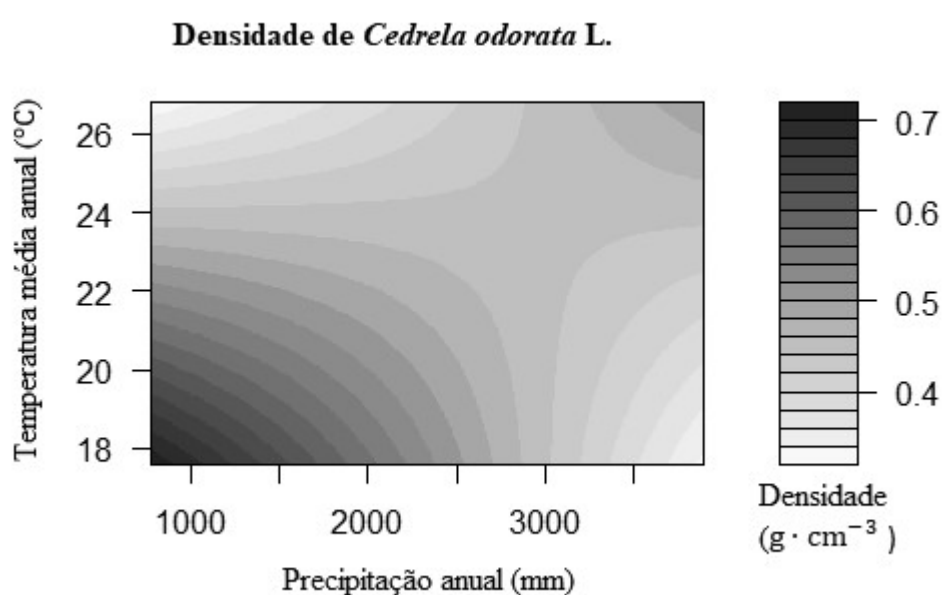
---

Signif. Codes: 0 ‘\*\*\*’ 0,001 ‘\*\*’ 0,01 ‘\*’ 0.5 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

---

A densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. apresentou uma relação inversamente proporcional com a temperatura e precipitação (Figura 2)

Figura 2 – Relação entre a densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. e variáveis climáticas. Tons mais escuros representam um valor maior de densidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Excluiu-se a existência de autocorrelação espacial no conjunto de dados pelo Índice de Moran garantindo a independência estatística dos dados (Pinto et al., 2003)

#### 4 DISCUSSÃO

A densidade da madeira é considerada uma característica hereditária, com uma grande influência filogenética e impulsionada pelo clima (Chave et al., 2006; Nabais et al., 2018). A hipótese aqui presente é que a variação da densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. está associada com as condições climáticas do local de origem. Os resultados mostraram que a densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. apresentou forte ligação com as características

ambientais dos locais de origem, sendo as variáveis climáticas temperatura média anual e a precipitação anual estatisticamente significativas.

A baixa variância  $0,072 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , confirma que apesar da densidade da madeira variar significativamente em diferentes sítios, o intervalo é limitado, sugerindo que a densidade média da madeira de *Cedrela* é altamente conservada filogeneticamente (Chave et al., 2006).

Foi encontrada uma relação clara da densidade da madeira com as características de precipitação e temperatura. Locais com menores temperaturas e menor precipitação apresentaram maiores densidades. Estes fatores têm um impacto sobre a quantidade e as características das células do xilema, bem como as propriedades dos anéis de crescimento e sua densidade de *Cedrela* (Kurz-Besson et al., 2016). Estudos dendrocronológicos indicam uma forte relação da atividade cambial do cedro com a precipitação. O início da estação de crescimento do lenho desta espécie está positivamente relacionado às chuvas da estação anterior, indicando uma reserva de água que é mobilizada na próxima estação de crescimento (Lisi et al., 2020, Dünisch et al, 2003). Assim, com altas precipitações, há uma maior proporção na formação do lenho inicial, originado no início da estação de crescimento, em relação ao lenho tardio. A atividade cambial *Cedrela* também é bastante influenciada pela temperatura; estudos apontam aumento da temperatura induziu a atividade do câmbio vascular; Enquanto que a diminuição da temperatura está associada com a diminuição do diâmetro das células, espessamento da parede celular, redução da atividade cambial, e , consequentemente, aumento da densidade da madeira (Deslauriers et al., 2008; Begun et al., 2017 ).

*C. odorata* é uma espécie bastante conhecida pela dinâmica de crescimento e formação de anéis durante sua atividade cambial bem delimitadas, sua madeira apresenta uma maior concentração de vasos com diâmetros maiores no início do período de crescimento e menor concentração vasos com menores diâmetros no final do período, e, consequentemente, menor densidade no lenho inicial (Espinoza et al. 2014). Albuquerque et al. (2016) encontrou valores de densidade de  $0,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  no lenho inicial e  $0,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  no lenho tardio. Em consequência da maior proporção de lenho inicial em locais com alta precipitação o cedro apresenta menores densidades da madeira. No geral, ambientes favoráveis ao crescimento, que resultam em uma maior taxa de divisão celular, geralmente não é acompanhada de um espessamento da parede celular, resultando em menor densidade da madeira devido a uma proporção inferior de lenho tardio em relação ao lenho inicial (Berges et al., 2008).

Na maioria dos dados, a densidade da madeira foi positivamente correlacionada com clima mais seco. O que indica que, pelo menos para a *Cedrela*, uma maior densidade é um traço adaptativo associado à tendência à seca (Clough et al., 2017; Chave et al., 2006). No entanto, também foi observado uma maior densidade média de *Cedrela* em algumas áreas úmidas e com temperaturas maiores, o que pode sugerir uma característica evolutiva em decorrência da existência a outros estímulos no local (Sette Jr et al., 2016). Thomas et al. (2007) observou que a densidade da madeira de *Eucalyptus* variou dentro de um intervalo de temperatura ótima. Um aumento da temperatura diminuiu marginalmente o diâmetro da célula da fibra, e isso, junto com as mudanças na espessura da parede celular, reduziu diâmetro do lúmen da fibra. Porém, em temperatura supra-ótima, foi observado uma redução da densidade. Em seu modelo, temperaturas mais altas resultaram em uma maior produção de células, porém em temperaturas supra-ótimas a taxa de produção de células diminuiu. Isso sugere que outros fatores não contabilizados além do clima (por exemplo, idade, competição, fertilidade do solo, resistência a patógenos) também podem ser fortes impulsionadores da variação da densidade da madeira (Nabais et al., 2018).

O conhecimento da variação intraespecífica da densidade madeira em relação às condições climáticas podem orientar o uso da madeira, auxiliar um manejo adequado para a preservação da espécie bem como elucidar processos ecológicos florestais em amplas extensões espaciais. Faz-se necessário uma análise mais aprofundada da espécie, com foco na anatomia da madeira (características de fibra, poros e raio), juntamente com dados de clima mais precisos, dos fatores que influenciam na densidade da madeira e podem explicar mais a variabilidade da densidade da madeira de Cedro no país (como competição, fertilidade do solo, resistência a patógenos).

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos dados avaliados, neste trabalho, para *Cedrela odorata* L. pode-se concluir que existe uma forte interação entre variações climáticas e a densidade. Apesar de apresentarem uma baixa variância das densidades, comprovando um elevado controle filogenético da espécie. Foram identificadas correlações significativas entre a densidade do cedro rosa e variáveis de temperatura média anual e precipitação anual. Para a *C. odorata* a densidade apresentou maior sensibilidade a temperatura.

## 7. REFERÊNCIAS

- 233 Albuquerque, AR, Castro, VR, Lobão, MS, Sarto, C, Tomazello Filho, M, Guedes, DTP.  
 234 Comparative analysis of anatomy and microdensitometry of the growth rings of hardwoods  
 235 and conifers, with emphasis on dendrochronology. Sci. For., 2016;44(11):595-610. doi:  
 236 dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.06
- 237 Anholetto-Jr, C.R. 2013. Dendroecologia e composição isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ) dos anéis de  
 238 crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e Mata Atlântica do  
 239 estado de Sergipe, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- 240 Apgaua, DMG, Tng, DYP, Cernusak, LA, Cheesman, AW, Santos, RM, Edwards, WJ, et  
 241 al. Plant functional groups within a tropical forest exhibit different wood functional anatomy.  
 242 Functional Ecology, 2016;31:582-591. doi:https://doi.org/10.1111/1365-2435.12787
- 243 Arostegui, A. Estudio tecnológico de maderas de Perú (zona Pucallpa). Características y usos  
 244 de la madera de 145 especies del país.. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1974.  
 245 v. 1.
- 246 Balzano, A, Novak, K, Humar, M, Čufar, K, Application of confocal laser scanning  
 247 microscopy in dendrochronology. Les/Wood, 2019;68(2):5-7. doi:10.26614/les-  
 248 wood.2019.v68n02a01
- 249 Barajas-Morales, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in  
 250 Mexico. International Association of Wood Anatomists Bulletin, 1987;8(2):143-148. doi:  
 251 https://doi.org/10.1163/22941932-90001041
- 252 Bastin, JF, Fayolle, A, Tarelkin, Y, Van Den Bulcke, J, De Haulleville, T, Mortier, F, et al.  
 253 Wood specific gravity variations and biomass of central african tree species: The simple  
 254 choice of the outer wood. Plos one, 2019;10(11). doi:10.1371/journal.pone.0142146
- 255 Begum, S, Kudo, K, Rahman, MH, Nakaba, S, Yamagishi, Y, Nabeshima, E, Nugroho, WD,  
 256 Oribe, Y, Kitin, P, Jin, HO, Funada, R. Climate change and the regulation of wood formation  
 257 in trees by temperature. Trees, 2017; 32(1):1-13. doi:10.1007/s00468-017-1587-6
- 258 Bergès, L, Nepveu, G, Franc, A. Effects of ecological factors on radial growth and wood  
 259 density components of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) in Northern France. Forest  
 260 Ecology and Management, 2008;255(3):567-579. doi: doi:10.1016/j.foreco.2007.09.027
- 261 Bouriaud, O, Leban, JM, Deleuze, C. Intra-annual variations in climate influence growth and  
 262 wood density of Norway spruce. Tree Physiology, 2005;25:651–660.  
 263 doi:10.1093/treephys/25.6.651
- 264 Brandes, AFN, Novello, BQ, Domingues, GAF, Barros, CF, Tamaio, N. Endangered species  
 265 account for 10% of Brazil's documented timber trade. Journal for Nature Conservation,  
 266 2020;55. doi:10.1016/j.jnc.2020.125821
- 267 Burger, LM, Richter, HG. Anatomia da madeira. São Paulo: Editora Nobel, 1991, 156 p.
- 268 Cademartori, PH, Gatto, DA, Stangerlin, D, Calegari, L. DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA  
 269 DAS MADEIRAS DE *Cedrela fissilis* Vell., *Cedrela odorata* L. E *Cedrelinga catenaeformis*  
 270 Ducke. XII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, 2010
- 271 Calderon, CM, Lopes, E, Fernandes, NCL, Amorim, P, Calderon, RA. Avaliação das  
 272 propriedades físicas da madeira de *Cedrela Odorata* L. no município de Cruzeiro do Sul-AC.  
 273 In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira 2013, Campinas: 2013, São  
 274 Paulo. Anais [...].

- 275 Castro, VR, Chambi-Legoas, R, Tommasiello Filho, M, Surdi, PG, Zanuncio, PG, Zanuncio,  
276 AJV. The effect of soil nutrients and moisture during ontogeny on apparent wood density of  
277 *Eucalyptus grandis*. Scientific Reports, 2020;10(1):1-9. doi: 10.1038/s41598-020-59559-2
- 278 Catein, FA. Caracterização da madeira de *Cedrela odorata* destinada a fabricação de ofurô.  
279 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial  
280 Madeireira) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do  
281 Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- 282 Chave, J., Muller-Ladau, H, Baker, T. R, Easdale, T. A, Teege, H. T, Webb, C. O. Regional  
283 and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. Ecological  
284 Applications, 2006;16(6):2356-2367. doi:10.1890/1051-  
285 0761(2006)016[2356:RAPVOW]2.0.CO;2
- 286 Clough, B, Curzon, MT, Domke, GM, Russel, MB, Woodall, LCW. Climate-driven trends in  
287 stem wood density of tree species in the eastern United States: Ecological impact and  
288 implications for national forest carbon assessments. Global Ecology and Biogeography,  
289 2017;26(10):1153–1164. doi: 10.1111/geb.12625
- 290 Database of Brazilian Woods. 2006. <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/default.htm>.
- 291 Deslauriers, A, Rossi, S, Anfodillo, T, Saracino, A. Cambial Begum, S, Kudo, K, Rahman,  
292 MH, Nakaba, S, Yamagishi, Y, Nabeshima, E, Nugroho, WD, Oribe, Y, Kitin, P, Jin, HO,  
293 Funada, R. Climate change and the regulation of wood formation in trees by temperature.  
294 Trees, 2017; 32(1):1-13. doi:10.1007/s00468-017-1587-6
- 295 Dias, FM, Lahr, FAR. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através  
296 da densidade aparente. Scientia Forestalis, 2004;65:102-113.
- 297 Dünisch, O, Montóia, VR, Bauch, J. Dendroecological investigations on *Swietenia*  
298 *macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. Trees,  
299 2003;17(3):244-250. doi: 10.1007/s00468-002-0230-2
- 300 Espinoza, MJP, Guillen, GJI, Morales, MS, Arisméndiz, RR. Potencialidad de *Cedrela*  
301 *odorata* (Meliaceae) para estudios dendrocronológicos en la selva central del Perú. Rev.  
302 Biol.trop., 2014;62(2): 783-793. ISSN 0034-7744
- 303 Fanshawe, DB. Forest products of British Guiana I: principal timbers. Forestry Bulletin (New  
304 Series). Forest Department, Georgetown, British Guiana By H ter Steege. 1961.
- 305 Farias, DT, Melo, RR. Caracterização macroscópica da madeira de cinco espécies da  
306 Caatinga. Research, Society and Development, 2020;9(8). doi: 10.33448/rsd-v9i8.5614
- 307 Fearnside, PM. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian. Forest Ecology and  
308 Management. 1997;90(1): 59-87. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03840-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03840-6)
- 309 Fernandes, NCL, Valle, MLA, Calderon, CMA. Características Físicas e Anatômicas de  
310 *Cedrela odorata* L. e *Cedrelinga cateniformis* Ducke. Floresta e Ambiente, 2018;25(1).  
311 doi.org/10.1590/2179-8087.100814.
- 312 Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces  
313 for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- 314 Flores, T.B. *Meliaceae* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de  
315 Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9992>>. [cited  
316 2020 october 21]

- 317 Garcia, JN, Lima, IL. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às  
 318 fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus*  
 319 *grandis* hill ex-maiden. Revista Árvore, 2010;34(3). [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300019)  
 320 67622010000300019
- 321 Gomide, JL, Fantuzzi Neto, H, Regazzi, AJ. Análise de critérios de qualidade da madeira de  
 322 eucalipto para produção de celulose kraft. Revista Árvore, 2010;34(2):339-344.  
 323 [ttp://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200017](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200017).
- 324 Gutierrez Rojas, VH, Sandoval, IJS. Informacion Technica para el Procesamiento Industrial de  
 325 134 Especies Maderables de Bolivia. Serie Tecnica XII. Ministerio de Desarrollo Sostenible y  
 326 Planificacion. Santa Cruz, La Paz, Bolivia, 2004
- 327 Kunstler, G, Falster, D, Coomes, DA, Hui, F, Kooyman, RM, Laughlin, DC, et al. Plant  
 328 functional traits have globally consistent effects on competition. Nature,  
 329 2015;529(7585):204–207, <https://doi.org/10.1038/nature16476>
- 330 Kurz-Besson, CB, Lousada, JL, Gaspar, MJ, Correia, IE, David, TS, Soares, PMM, et al.  
 331 Effects of Recent Minimum Temperature and Water Deficit Increases on *Pinus pinaster*  
 332 Radial Growth and Wood Density in Southern Portugal. Frontiers in Plant Science,  
 333 2016;7(1170). doi:10.3389/fpls.2016.01170
- 334 Lemmens, RHMJ, Soerjanegara, I, Wong, WC. Plant Resources of South-East Asia Timber  
 335 trees: Minor commercial timbers. Leiden: Backhuys Publishers. 1995. v 5. ISBN 90-5782-  
 336 042-0
- 337 Lisi, CS, Pagotto, MA, Anholetto Jr, CR, Nogueira Jr, FC, Santos, HL, Costa, CM, et al.  
 338 Dendroecological Studies with *Cedrela odorata* L., Northeastern Brazil In: Pompa-García  
 339 M., Camarero J., editor. Latin American Dendroecology , Springer, 2020, p. 37-59. ISBN  
 340 978-3-030-36930-9
- 341 Little, EL, Wadsworth, FH. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. US  
 342 Department of Agriculture, Washington: US Government Printing Office; 1964. Agricultural  
 343 Handbook 249. ASIN : B001S5SDBO
- 344 Luana Nunes da Silva. 2017. 44 f. Correlações entre propriedades tecnológicas da madeira de  
 345 cedro (*Cedrela odorata* L.) determinadas por metodologias destrutivas e não destrutivas.  
 346 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de  
 347 Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- 348 Luchi, AE. Quantitative features of *Cedrela odorata* L. wood (Meliaceae). Rev. bras. Bot.,  
 349 2011;34(3). doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000300013>
- 350 Malavassi, IMC. Maderas de Costa Rica: 150 Especies forestales. Costa Rica: Editorial de la  
 351 Universidad de Costa Rica; 2003. 340p. ISBN 9977-67-725-8
- 352 Martins, R. Livro das Arvores do Parana. Edicao do Diretorio Regional de Geografia do  
 353 Estado do Parana, Curitiba; 1944
- 354 Motta, JP, Oliveira, J, Braz, RL, Duarte, APC, Alves, RC. Caracterização da madeira de  
 355 quatro espécies florestais. Ciência Rural, Santa Maria, 2014;44(12):2186-2192.  
 356 <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130479>
- 357 Nabais, C, Hansen, JK, Schwartz, RD, Klisz, M, López, R, Rozenberg, P. The effect of  
 358 climate on wood density: What provenance trials tell us?. Forest Ecology and Management.  
 359 2018;408:148-156. doi:10.1016/j.foreco.2017.10.040



- 360 Pinto, MP, Bini, LM, Diniz-Filho, JAF. Análise quantitativa da influência de um novo  
361 paradigma ecológico: autocorrelação espacial. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*,  
362 2003;25(1), –. doi:10.4025/actascibiolsci.v25i1.2113
- 363 R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation  
364 for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 365 Reyes, G, Brown, S, Chapman, J, Lugo, AE. Wood Densities of Tropical Tree  
366 Species. General Technical Report (GTR). SO-88. New Orleans, LA: U.S. Dept of  
367 Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 1992;15 p.  
368 doi: <https://doi.org/10.2737/SO-GTR-88>
- 369 Rigg-Aguilar, P, Moya, R, Propiedades de la madera de árboles de siete años de edad de dos  
370 poblaciones de *Cedrela odorata* plantadas en un sistema agroforestal. *Madera bosques*.  
371 2018;24(1). doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411485>.
- 372 Segura, LAG, Finegan, B, Delgado-Rodriguez, D, Sequeira, FM. Variación intraespecífica de  
373 rasgos funcionales de *Cedrela odorata* L. en la Península de Nicoya, Costa Rica. *Rev. mex. de*  
374 *cienc. Forestales*. 2020;11(57).doi: 10.29298/rmcf.v11i57.556
- 375 Sette Jr, CR, Tomazello, M, Lousada, JL, Lopes, D, Laclau, JP. Relationship between climate  
376 variables, trunk growth rate and wood density of *Eucalyptus grandis* w. mill ex maiden trees.  
377 *Revista Árvore*, 2016;40(2):337-346. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000200016>
- 378 Soares, LF, da Silva, DC, Bergo, MC, Coradin, VTR, Braga, JWB, Pastore, TCM. Avaliação  
379 de espectrômetro NIR portátil e PLS-DA para a discriminação de seis espécies similares de  
380 madeiras amazônicas. *Química Nova*. 2017;40(4):418-426. doi:  
381 <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170014>.
- 382 Soares, VC, Bianchi, ML, Trugilho, PF, Pereira, AJ, Höfler, J. Correlações entre as  
383 propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. *Revista Árvore*,  
384 2014;38(4). <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000300017>
- 385 Thomas, DS, Montagu, KD, Conroy, JP. Temperature effects on wood anatomy, wood  
386 density, photosynthesis and biomass partitioning of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Tree*  
387 *Physiology*, 2007;27:251–260. doi: 10.1093/treephys/27.2.251
- 388 Vieira, J, Rossi, S, Campelo, F, Freitas, H, Nabais, C. Xylogenesis of *Pinus pinaster* under a  
389 Mediterranean climate. *Annals of Forest Science*. 2014;71(1):71–80. doi:10.1007/s13595-  
390 013-0341-5
- 391 Vink, AT. Surinam Timbers. State Forest Industries, Paramaribo, Suriname :H Muller-  
392 Landau. 1983.
- 393 Wiemann, MC, Williamson, GB. Wood specific gravity gradients in tropical dry and montane  
394 rain forest trees. *American Journal of Botany*, 1989;76(6):924-928. doi:  
395 <https://doi.org/10.2307/2444548>

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie *C. odorata* apresentou ampla distribuição geográfica. Os resultados mostraram que a densidade da madeira de *Cedrela odorata* L. varia significativamente em diferentes gradientes climáticos, principalmente em relação a temperatura média anual, embora tenha apresentado uma conservação hereditária. Baixas temperaturas e menores precipitações resultaram numa maior densidade da madeira, indicando uma tolerância da espécie a ambientes secos.

Outros fatores, como fertilidade do solo, pressão de vapor da água e radiação solar podem ser contabilizados para um maior ajuste da variação da densidade do cedro.

## REFERÊNCIAS

AUGER, S.; SHIPLEY, B. Inter-specific and intra-specific trait variation along short environmental gradients in an old-growth temperate forest. **Journal of Vegetation Science**. v. 24, p. 419– 428, 2013.

BAAS, P.; WHEELER, E. A.; Wood anatomy and climate change. In: HODKINSON, T. R. et al. (org.). **Climate Change, Ecology and Systematics**. New York: Cambridge University Press, 2011, cap. 6, p. 141-155.

BALZANO, A.; NOVAK, K.; HUMAR, M.; & ČUFAR, K. Application of confocal laser scanning microscopy in dendrochronology. **Les/Wood**, v. 68, n. 2, p. 5-7, 2019.

BASTIN, J. F.; FAYOLLE, A.; TARELKIN, Y.; VAN DEN BULCKE, J.; DE HAULLEVILLE, T.; MORTIER, F.; BEECKMAN, H.; VANACKER, J.; SERCKX, A.; BOGAERT, J.; DE CANNIÈRE, C. Wood specific gravity variations and biomass of central african tree species: The simple choice of the outer wood. **Plos one**, v. 10, n. 11, 2015.

BESSA, M. A. S. **Dimensionamento de estruturas de madeira tropical utilizando a densidade básica** - madeira seca. 2018. 184 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)- Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BONASSA, F. V. S.; EVANGELISTA, W. V.; FERREIRA, J. L. Determinação do rendimento de madeira serrada de três espécies Florestais da Amazônia. In: OLIVEIRA, R. J. (org.). **Engenharia Florestal Desafios, Limites e Potencialidade**. Guarujá: Editora Científica, 2020, cap. 23, p. 285-314.

BOURIAUD, O.; LEBAN, J. M.; DELEUZE, C. Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. **Tree Physiology**, n. 25, p. 651–660, 2005

BRANDES, A. F. N.; NOVELLO, B. Q.; DOMINGUES, G. A. F.; BARROS, C. F.; TAMAIO, N. Endangered species account for 10% of Brazil's documented timber trade. **Journal for Nature Conservation**, v. 55, 2020

BRITO, A. S.; SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; TRUGILHO, P. F. Influência da idade nas propriedades da madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B. et al. (org.). **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: Editora EDUFES, 2020, cap. 4, p. 103-132.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Editora Nobel, 1991, 156 p.

CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N.; PIMENTA, A. S.; MARINHO, I. V. Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 85, p. 1-7, 2016.

CASTRO, V. R.; CHAMBI-LEGOAS, R.; TOMMASIELLO Filho, M.; SURDI, P. G.; ZANUNCIO, P. G.; ZANUNCIO, A. J. V. The effect of soil nutrients and moisture during ontogeny on apparent wood density of *Eucalyptus grandis*. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020

CATEIN, F. A. **Caracterização da madeira de *Cedrela odorata* destinada a fabricação de ofurô**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

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

COSTA, C. M.; LISI, C. Estudos anatômicos e dos anéis de crescimento de *Cedrela odorata* L., na Floresta Atlântica, SE. In: XIII Congresso de Ecologia, 2018, Minas Gerais. **Anais [...]**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ecologia, 2018.

FERNANDES, N. C. L.; VALLE, M. L. A.; CALDERON, C. M. A. Características Físicas e Anatômicas de *Cedrela odorata* L. e *Cedrelinga cateniformis* Ducke. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, 2018.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; PARANHOS, R.; SILVA JUNIOR, J. A.; ROCHA, E. C.; ALVES, D. P. O que é, para que serve e como se faz uma meta-análise? **Teoria e Pesquisa**, v. 23, n. 2, p. 205-228, 2014.

FLORES, T.B. *Meliaceae in Flora do Brasil 2020 em construção*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB9992>>. Acesso em: 21 out. 2020.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de critérios de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 339-344, 2010.

KRAFT, N. J. B.; METZ, E. R.; CONDIT, N. S.; CHAVE, J. The relationship between wood density and mortality in a global tropical forest data set. **New Phytologist**, v. 188, n. 4, p. 1124–1136, 2010.

KUNSTLER, G.; FALSTER, D.; COOMES, D. A.; HUI, F.; KOOYMAN, R. M.; LAUGHLIN, D. C.; ... WESTOBY, M. Plant functional traits have globally consistent effects on competition. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 204–207, 2015.

KURZ-BESSON, C. B.; LOUSADA, J. L.; GASPAR, M. J.; CORREIA, I. E.; DAVID, T. S.; SOARES, P. M. M.; CARDOSO, R. M.; RUSSO, A.; VARINO, F.; MÉRIAUX, C.; TRIGO, R. M.; GOUVEIA, C. M. Effects of Recent Minimum

Temperature and Water Deficit Increases on *Pinus pinaster* Radial Growth and Wood Density in Southern Portugal. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 1170, 2016.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* hill ex-maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, 2010.

Luana Nunes da Silva. 2017. 44 f. Correlações entre propriedades tecnológicas da madeira de cedro (*Cedrela odorata* L.) determinadas por metodologias destrutivas e não destrutivas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.

MARK, J.; RIVERS, M.C. 2017. ***Cedrela odorata*. The IUCN Red List of Threatened Species** 2017: e.T32292A68080590. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T32292A68080590.en>. Downloaded on 21 October 2020.

MOKFIENSKI, A.; COLODETTE, J. L.; GOMIDE, J. S.; CARVALHO, A. M. L. A importância relativa da densidade da madeira e do teor de carboidratos no rendimento de polpa e na qualidade do produto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 401-413, 2008.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ, R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 12, p. 2186-2192, 2014.

NABAIS, C.; HANSEN, J. K.; SCHWARTZ, R. D.; KLISZ, M.; LÓPEZ, R; ROZENBERG, P. The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us?. **Forest Ecology and Management**. v. 408, p. 148-156, 2018.

NIKLAS, K. J.; SPATZ, H.-C. Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. **American Journal of Botany**, v. 97, p. 1587–1594, 2010.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO, J. M.; TRUGILHO, P. F.; SCOLFORO, J. R. S; ALTOÉ, T. F.; SILVA, A. J.; DE OLIVEIRA, A. D. Efeito do ambiente sobre a densidade da madeira em diferentes fitofisionomias do estado de minas gerais. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 2, p. 345-352, 2012.

POORTER, L. The relationships of wood-, gas- and water fractions of tree stems to performance and life history variation in tropical trees. **Annals of Botany**, v. 102, n. 3, p. 367–375, 2008.

PUPO, C. H. **Relação entre as propriedades da madeira e as características dos produtos finais para energia e celulose**. 2019. 126 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2019.

QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p.901-909, 2004.

SILVA, M. M.; MELO JUNIOR, J. C. F. Plasticidade da folha e lenho de cinco espécies lenhosas em duas áreas de restinga no Sul do Brasil. **Iheringia. Série Botânica**, v. 72, n. 2, p. 173–180, 2017

SEGURA, L. A. G; FINEGAN, B.; RODRIGUEZ, D. D.; SEQUEIRA, F. M. Variación intraespecífica de rasgos funcionales de *Cedrela odorata* L. en la Península de Nicoya, Costa Rica. **Rev. mex. de cienc. Forestales**, v. 11, n. 57, 2020 .

SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO, M.; LOUSADA, J. L.; LOPES, D. LACLAU, J. P.; RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE VARIABLES, TRUNK GROWTH RATE AND WOOD DENSITY OF *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden TREES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 337-346, 2016.

SIEFERT, A.; VIOLLE, C.; CHALMANDRIER, L.; ALBERT, C. H.; TAUDIERE, A.; FAJARDO, A.; AARSSSEN, L. W.; BARALOTO, C.; CARLUCCI, M. B.; CIANCIARUSO, M. V.; DANTAS, V.; DE BELLO, F.; DUARTE, L. D. S.; FONSECA, C. R.; FRESCHET, G. T.; GAUCHERAND, ST.; GROSS, N.; HIKOSAKA, K.; JACKSON, B.; JUNG, V.; KAMIYAMA, C.; KATABUCHI, M.; KEMBEL, S. W.; KICHENIN, E.; KRAFT, N. J. B.; LAGERSTRÖM, A.; BAGOUSSE-PINGUET, Y. L.; LI, Y.; MASON, N.; MESSIER, J.; NAKASHIZUKA, T.; OVERTON, J. MCC.; PELTZER, D. A.; PÉREZ-RAMOS, I. M.; PILLAR, V. D.; PRENTICE, H. C.; RICHARDSON, S.; SASAKI, T.; SCHAMP, B. S.; SCHÖB, C.; SHIPLEY, B.; SUNDQVIST, M.; SYKES, M. T.; VANDEWALLE, M.; WARDLE, D.A.; CHASE, J. A global meta-analysis of the relative extent of intraspecific trait variation in plant communities. **Ecology Letters**, v. 18, n. 12, p. 1406–1419, 2015.

SILVA, D. A. L.; AQUINO, V. B. M.; LAHR, F. A.; CHRISTOFORO, A. L. ARTIGOS Influência dos parâmetros de fabricação nas Propriedades Físicas e Mecânicas de Paineis de Partícula de Média Densidade. **Matéria (Rio J.)**. v. 25, n. .1, 2020.

SILVA, D. A. L.; AQUINO, V. B. M.; LAHR, F. A.; CHRISTOFORO, A. L. ARTIGOS Influência dos parâmetros de fabricação nas Propriedades Físicas e Mecânicas de Painéis de Partícula de Média Densidade. **Matéria (Rio J.)**. v. 25, n. .1, 2020.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HÖFLER, J. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, 2014.

THOMAS, D.S.; MONTAGU, K.D.; CONROY, J.P; Temperature effects on wood anatomy, wood density, photosynthesis and biomass partitioning of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Tree Physiology**, v. 27, n. 2, p. 251–260, 2007.

VIEIRA, J.; ROSSI, S.; CAMPELO, F.; FREITAS, H.; NABAIS, C. Xylogenesis of *Pinus pinaster* under a Mediterranean climate. **Annals of Forest Science**. v. 71, n. 1, p. 71–80, 2014.