



UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Agrupamento colorimétrico, anatômico e quimiotaxonômico
da madeira de 10 espécies de *Eucalyptus spp.***

Dayane Oliveira Lima

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**Agrupamento colorimétrico, anatômico e quimiotaixonômico
da madeira de 10 espécies de *Eucalyptus spp.***

DAYANE OLIVEIRA LIMA

Sob a Orientação do Professor
João Vicente de Figueiredo Latorraca

e Co-orientação do Professor
Fernando José Borges Gomes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

Seropédica, RJ
Abril de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48a Oliveira, Dayane, 1991-
Agrupamento Colorimétrico, Anatômico e
Quimiotaxonômico da Madeira de 10 Espécies de
Eucalyptus spp. / Dayane Oliveira. - 2018.
57 f.: il.

Orientador: João Vicente de Figueiredo Latorraca.
Coorientador: Fernando José Borges Gomes.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Pós Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais, 2018.

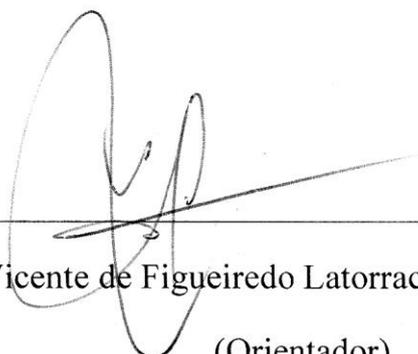
1. Anatomia da Madeira. 2. Química da Madeira. 3.
Colorimetria da Madeira. 4. Identificação de Espécies.
I. de Figueiredo Latorraca, João Vicente, 1962-,
orient. II. Borges Gomes, Fernando José, 1983-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Pós Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

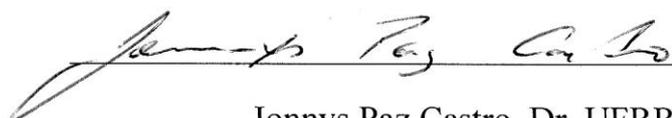
DAYANE OLIVEIRA LIMA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/02/2018.



João Vicente de Figueiredo Latorraca. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)



Jonnys Paz Castro. Dr. UFRRJ



Graziela Baptista Vidaurre. Prof^a. Dr^a. UFES

DEDICATÓRIA

*A Deus, o grande e verdadeiro Mestre,
A minha família, em especial minha amada mãe,
Aos meus irmãos Luiz Eduardo e Willian,
Ao amor da minha vida, Vinicius
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Em tudo daí graças... Dou graças à Deus por todas as minhas vitórias e hoje em especial agradeço à Ele, que é o Mestre das nações, amor que me move e me sustenta todos os dias de minha vida. Obrigada, Senhor meu Pai.

Minha querida mãe, que tanto se dedica para me ver feliz, que abre mão dos seus sonhos para sonhar os meus. Não tenho palavras para agradecer tudo que você fez e faz por mim, e o quanto me ajuda na minha caminhada. Se eu for metade do que você é, já me sentirei realizada! Te amo além dessa vida! Obrigada.

Willian e Luiz Eduardo, meus irmãos, amigos, companheiros, obrigada por estarem sempre ao meu lado, não somente nesta caminhada, mas na vida inteira. Amo vocês de todo coração.

Vinícius, meu amor! Companheiro nesses dois anos de caminhada, obrigada pelas conversas fora de hora, por ser meu acalento em momentos difíceis, por estar sempre disposto a me ajudar, por me fazer sorrir naqueles dias terríveis, obrigada por ser meu amor!

Ao meu padraсто Gélío por estar sempre disposto a me ajudar, com paciência e boa vontade!

À toda minha família, avós, tios, primos e primas que estiveram presentes nesta trajetória, me apoiando. Em especial à minha querida avó Nilda (meu anjo da guarda que mora no céu), Karine (minha prima que sempre esteve e está ao meu lado) e Ester (que me mostrou que através da força de vontade, tudo podemos). FAMÍLIA É TUDO!

À minha sogra, Ermelinda, por estar sempre disposta a me ajudar, me dando apoio, carinho e amor.

Ao meu Orientador, João Vicente de Figueiredo Latorraca pela oportunidade de poder aprender cada dia mais.

Ao meu coorientador, Fernando pelo apoio, na realização deste trabalho e pela oportunidade de estar sempre me incentivando a conhecer novos assuntos e me aprimorar.

Ao Núcleo de Pesquisas em Qualidade da Madeira, Anne, Thayanne, Letícia, Zé, Leif, Jonnys, Sabrina Alvarenga, Sabrina e Thiago. Obrigada pela amizade e companheirismo de vocês. Deixo meu agradecimento especial às meninas (Anne, Thay e Letícia) pela amizade e cumplicidade que criamos, com vocês a caminhada se tornou alegre e cheia de amor.

Anne que tanto me ajudou me ensinou, sempre com tanta paciência e tranquilidade. Sem você, não sei o que seria de mim. Obrigada

À UFRRJ que foi minha casa por sete anos, onde construí minha história ao lado de pessoas tão especiais, que foram mais que amigos, foram família, foram amor e sempre serão: Aline, Marcela Pitarello, Marianna, Marina Gomes, Marcela Lázaro, Thuanny, Claudia, Caterina, Dalila, Júlia, Allana, Marcondes, Lucas Avellar, Carol, Thalita, Paulo César, Cadu, Tharles.

Ao INMETRO, pela realização das análises, principalmente a Maira, que esteve sempre de boa vontade para me ajudar, permitindo que o trabalho fosse executado.

Ao Laboratório de Papel e Celulose da UFV, por abrir as portas, permitindo que as análises fossem realizadas, em especial, à Larisse, que ajudou.

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado, que me deram colo e acalento quando precisei. Samara, minha Bff a qual acompanhou cada passo desta conquista, uma amiga que mesmo na distância se faz presente todos os dias, sempre ao meu lado.

Aqueles amigos que sempre torceram por mim e me ajudaram a enfrentar os obstáculos no caminho, seja com um abraço na chegada, com uma mensagem, ou com uma conversa boa: Gabriela, Monique, Yara, Isabella, Adelina, Ariele, Ariane, Líria, Karina, Larissa.

Ana Luiza, por me acolher em sua casa em Viçosa, sempre de portas abertas, e pela amizade de tantos anos.

Letícia e Deborah, duas pessoas que me acolheram desde que cheguei na Rural, nunca me abandonaram, sempre dispostas a me ajudar. Como sou grata por ter vocês na minha vida, obrigada por tudo!

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Agradeço de todo coração à todas as pessoas que de forma direta ou indireta me ajudaram a conquistar mais uma vitória. Obrigada!

RESUMO

O gênero *Eucalyptus* possui aproximadamente 670 espécies, sendo alguns desses indivíduos com características muito similares, o que dificulta sua identificação precisa. Muitas vezes, apenas uma caracterização anatômica não é suficiente para diferenciar espécies muito parecidas, desta forma, é de importância o uso de técnicas alternativas para identificação de madeiras. O presente trabalho objetivou-se caracterizar a colorimetria, anatomia da madeira perfil fitoquímico de 10 espécies de *Eucalyptus spp.*, com o intuito de especificar as similaridades e distingui-las. As amostras de madeiras foram utilizadas para a caracterização colorimétrica, anatômica e fitoquímica das espécies de *Eucalyptus*. De acordo com os parâmetros colorimétricos foram obtidos através do sistema CIELAB, onde as espécies foram agrupadas em três distintos grupos: *E. saligna* e *E. globulus*; *E. populifolia* e *E. acervula* e *E. viminalis*, *E. longifolia*, *E. robusta* e *E. goniocalyx*. Foi possível diferenciar todas as espécies dentro dos três grupos por meio das características anatômicas, exceto o *E. longifolia*, *E. robusta* e o *E. goniocalyx*. As características que mais contribuíram para a diferenciação das espécies foram frequência e altura de raios, frequência e diâmetro de vasos, comprimento das placas de perfuração, comprimento e espessura da parede das fibras. Quando à Fitoquímica, todas as espécies apresentaram perfis distintos entre si.

Palavras Chave: Identificação, anatomia, quimiotaxonomia.

ABSTRACT

The genus of *Eucalyptus* has approximately 670 species, and some of these individuals have very similar characteristics, which makes it difficult to accurately identify them. Sometimes, only an anatomical characterization is not enough to differentiate very similar species, therefore, the use of alternative techniques to identify wood is extremely important. Thus, the present work aimed to characterize the colorimetry, wood anatomy and phytochemical profile of 10 species of *Eucalyptus spp.*, in order to specify the similarities and distinguish them. The wood samples from the Xiloteca of the Department of Forest Products – FPDw of Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, were used for the colorimetric, anatomical and phytochemical characterization of the *Eucalyptus* species. According to the colorimetric parameters the species were grouped into three distinct groups: *E. saligna* and *E. globulus*; *E. populifolia* and *E. acervula* and *E. viminalis*, *E. longifolia*, *E. robusta* and *E. goniocalyx*. It was possible to differentiate all species within the three groups through anatomical characteristics, except *E. longifolia*, *E. robusta* and *E. goniocalyx*. The characteristics that contributed most to the species differentiation were: frequency and height of rays, vessel frequency and diameter, length of the perforation plates, length and wall thickness of the fibers. The species are different from each other according phytochemical analysis. Only *E. longifolia* and *E. acervula* showed no characteristic markers.

Keywords: Identification, anatomy, chemotaxonomy.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Espaço de cor tridimensional do sistema CIE-L*a*b*. Coordenada L*:luminosidade. Coordenadas a* e b*: variáveis cromáticas. Coordenadas C* e h: saturação e ângulo de coloração, respectivamente. (B) Diagrama de cromaticidade a*, b* (Fonte: AMMON (2011))..... 9
- Figura 2.** Caracteres qualitativos em comum para todas as espécies; (a) camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas e parênquima Axial do tipo vasicêntrico, (b) raios predominantemente unisseriados, finos, numerosos, homogêneo, (c) células procumbentes dos raios, (d) vasos com arranjo diagonal, porosidade difusa e, (e)placas de perfuração simple. Barra de escala: 100µm..... 24
- Figura 3.** Representação gráfica das 10 espécies de *Eucalyptus* num espaço bidimensional. Onde: E_1 = *Eucalyptus saligna*, E_2 = *Eucalyptus resinifera*, E_3 = *Eucalyptus viminalis*, E_4 = *Eucalyptus populifolia*, E_5 = *Eucalyptus longifolia*, E_6 = *Eucalyptus globulus*, E_7 = *Eucalyptus trabutii*, E_8 = *Eucalyptus robusta*, E_9 = *Eucalyptus goniocalyx*, E_10 = *Eucalyptus acervula*..... 29
- Figura 4.** Anatomia comparativa das espécies 4 e 10, respectivamente. (A) (B) Altura de Raios e Frequência de Raios, (C) (D) Comprimento das Placas de Perfuração. 31
- Figura 5.** Anatomia comparativa das espécies 1 e 6. Onde; (A e B) correspondem ao diâmetro tangencial e frequência de vasos das espécies, (C e D) a largura e frequência de raios, (E e F) correspondem comprimento de fibras, e (G e H) diâmetro do lúmen das fibras (I e J) placas de perfuração..... 33
- Figura 6.** Anatomia comparativa das espécies 3, 5, 8 e 9.Onde: (A, B, C e D) correspondem a Altura e frequência de Raios, (E, F, G e H) comprimento das Placas de perfuração, (I, J, K e L) correspondem ao diâmetro do lúmen das fibras e (M, N, O e P) frequência e diâmetro tangencial de vasos. 35
- Figura 7.** Amostras em tubo eppenforf para decantação. 46
- Figura 8.** ESI (+) Espectro MS positivo dos extratos metanólicos para dez amostras das diferentes espécies analisadas. Onde: *Eucalyptus saligna* (A), *Eucalyptus resinifera* (B), *Eucalyptus viminalis* (C), *Eucalyptus populifolia* (D), *Eucalyptus longifolia* (E), *Eucalyptus globulus* (F), *Eucalyptus trabutii* (G), *Eucalyptus robusta* (H), *Eucalyptus goniocalyx* (I), *Eucalyptus acervula* (J)..... 49
- Figura 9.** Sacarose, composto responsável pela formação do íon de m/z 437, através deVS-EASI (+) – MS. 51
- Figura 10.** Nonanal, composto responsável pela formação do íon de m/z 203, através deVS-EASI (+) – MS. 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies analisadas com seus respectivos números de registros.....	21
Tabela 2. Indicação dos parâmetros celulares, material utilizado para confecção das lâminas e número de repetição por amostra.	23
Tabela 3. Valores médios dos parâmetros colorimétricos de cada espécie	24
Tabela 4. Dados quantitativos das espécies estudadas. Para cada espécie são apresentados valores mínimos, médios, máximos e coeficiente de variância (continua).....	27
Tabela 5. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 4 e 10.....	30
Tabela 6. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 4 e 10.....	31
Tabela 7. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 1 e 6.....	32
Tabela 8. Significância das variáveis anatômicas quantitativas na segmentação dos clusters para as espécies 1 e 6.....	32
Tabela 9. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 3, 5, 8 e 9.....	34
Tabela 10. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 3,5,8 e 9.....	35
Tabela 11. Espécies analisadas com seus respectivos números de registros.....	45
Tabela 12. Identificação das amostras para realização das análises Erro! Indicador não definido.	
Tabela 13. Médias de extrativos totais presentes nas espécies analisadas.	46
Tabela 14. Marcadores Fitoquímicos de cada espécie, representados por íons.....	52
Tabela 15. Compostos derivados identificados em extratos de <i>Eucalyptus spp.</i>	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVO GERAL	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1. Gênero <i>Eucalyptus</i>	2
3.2. Descrição das Espécies	3
3.2.1. <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.	3
3.2.2. <i>Eucalyptus resinifera</i> Smith.	3
3.2.3. <i>Eucalyptus viminalis</i> Labill.	3
3.2.4. <i>Eucalyptus populifolia</i> Desf.	4
3.2.5. <i>Eucalyptus longifolia</i> Linkl.	4
3.2.6. <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	4
3.2.7. <i>Eucalyptus trabuti</i> x <i>trabuti</i> Vilm.	5
3.2.8. <i>Eucalyptus robusta</i> Smith.	5
3.2.10. <i>Eucalyptus acervula</i> Hook.	6
3.3. Anatomia da Madeira de <i>Eucalyptus spp.</i>	6
3.4. Colorimetria da Madeira	7
3.6. Metabólitos Secundários da madeira de <i>Eucalyptus spp.</i> Erro! Indicador não definido.	
3.7. Fitoquímica da Madeira	11
3.8. Fundamentos da espectrometria de massas com analisador por tempo de voo e fonte de ESI (ESI-QTOF):	11
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPÍTULO I	19
RESUMO	20
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Preparo do Material	21
3.1. Determinação da cor através do sistema CIE-L*a*b*	22
3.2. Anatomia qualitativa	22
3.3. Anatomia Quantitativa	22
3.4. Análise dos dados	23
4. RESULTADOS	23
4.1. Coordenadas Colorimétricas	23
4.2. Anatomia qualitativa da madeira de dez espécies de <i>Eucalyptus</i>	24

4.3. Descrição anatômica quantitativa das espécies.....	27
4.4. Análise Estatística	Erro! Indicador não definido.
4.4.1. Agrupamento das espécies de acordo com os parâmetros colorimétricos	29
4.4.2. Agrupamento das espécies de acordo com características anatômicas... ..	29
5. DISCUSSÃO	36
5.1. Colorimetria da madeira	36
5.2. Anatomia da Madeira.....	37
6. CONCLUSÕES.....	39
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPÍTULO II.....	42
RESUMO.....	43
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO	44
2. OBJETIVOS	44
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1. Material Utilizado	45
3.2. Quantificação de Extrativos Totais	45
3.3. Análises ESI (ESI-QTOF):.....	45
4. RESULTADOS.....	46
4.1. Quantificação de extrativos.....	46
4.2. Espectrometria de massas com íons em modo positivo	47
5. DISCUSSÃO	49
5.1. Teor de Extrativos	49
6. Análises ESI (ESI-QTOF) em modo positivo	50
7. CONCLUSÕES.....	54
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

O nome eucalipto deriva do grego: *eu* (= bem) e *kalipto* (= cobrir), referindo-se à estrutura globular arredondada de seu fruto, caracterizada pela tampa que protege as suas sementes. Pertence à família *Myrtaceae* e é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área florestal do país, formando densos maciços florestais nativos. O Serviço Florestal da Austrália já identificou 670 espécies. Além do elevado número de espécies, existe um número muito grande de variedades e híbridos (MARTINI, 2009).

A escolha do eucalipto para suprir o consumo de madeira, tanto em escala industrial como para pequenos consumidores, está relacionada a algumas vantagens da espécie, tais como rápido crescimento; características silviculturais desejáveis (incremento, forma, desrama etc.); grande diversidade de espécies, possibilitando a adaptação da cultura às diversas condições de clima e solo; facilidades de propagação, tanto por sementes como por via vegetativa; e possibilidades de utilização para os mais diversos fins, o que justifica sua aceitação no mercado. Às características desejáveis citadas, somam-se o conhecimento acumulado sobre silvicultura e manejo do eucalipto e ao melhoramento genético, que favorecem ainda mais a utilização do gênero para os mais diversos fins (IPEF, 2005).

As características do lenho da madeira de espécies é muito importante, dentre elas estão colorimetria da madeira, anatomia do lenho e compostos químicos presentes. Pois possibilitam a identificação de indivíduos, qualidade da madeira e possíveis usos.

A colorimetria da madeira é uma ferramenta para identificação e qualidade da madeira, tal característica é tão importante quanto as anatômicas, físicas, mecânicas e químicas. A colorimetria quantitativa é um método rápido e eficaz, através do sistema CIELAB é possível descrever cada elemento da composição de uma cor, através de equipamentos apropriados.

O conhecimento e caracterização da estrutura anatômica da madeira de eucalipto são de grande importância, devido as variações que ocorrem entre e dentro das espécies que apresentam uma estrutura heterogênea resultante das variações de seus elementos anatômicos, tornando-se importante determinar os padrões de variações existentes, visando, principalmente, definir uma utilização mais adequada (TOMAZELLO FILHO, 1985a). Tais espécies podem apresentar características anatômicas e morfológicas similares, em decorrência de alguns fatores como o cruzamento natural, formando híbridos de parentesco indeterminado, dificultando sua identificação. (GONZÁLEZ, 2002). Outro fator relacionado ao gênero *Eucalyptus* é a existência de clones, devido ao melhoramento genético.

Outra ferramenta interessante e ainda não muito utilizada para o auxílio à identificação de espécies é a caracterização química da madeira. A identificação dos compostos presentes nas madeiras pode ser utilizada para diferenciação de espécies através da realização de um método quimiotaxonômico com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos.

A pesquisa em fitoquímica tem por objetivos conhecer os constituintes químicos das espécies vegetais ou avaliar sua presença nos mesmos. Quando não se dispõe de estudos químicos sobre a espécie de interesse, a análise fitoquímica pode identificar os grupos de metabólitos secundários relevantes (SIMÕES, 2001).

Os metabólitos secundários que levam à formação de compostos, cuja distribuição é restrita a algumas famílias, gêneros ou mesmo espécies (OLIVEIRA et al., 2001), estão distribuídos em grande número de famílias botânicas podendo ser divididos em três grandes grupos quimicamente distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (BENNET E WALLSGROVE, 1994).

A espectrometria de massa por infusão direta (MS) usando *eletropray*, já é um método aplicado para a caracterização efetiva de misturas complexas, incluindo extratos de produtos naturais (FASCIOTTI, 2015). Trata-se de um método quimiotaxonômico de madeira com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos. Desde seu surgimento, ESI-MS tornou-se uma das técnicas analíticas mais poderosas e amplamente utilizadas. Dentre as vantagens de ESI-MS incluem alta sensibilidade e seletividade, facilidade de uso e consumo reduzido de amostra. Uma ampla variedade de substâncias pode ser analisada, incluindo proteínas, ácidos nucleicos, e até mesmo complexos metálicos, desde que sejam iônicos ou apresentem sítios ácidos ou básicos (DINIZ, 2011).

Para melhor organização, este trabalho foi estruturado em capítulos, sendo que o Capítulo I aborda o agrupamento das espécies através das características de cor e da anatomia da madeira. O capítulo II aborda o perfil fitoquímico das espécies como fator de identificação.

2. OBJETIVO GERAL

Analisar comparativamente 10 espécies de *Eucalyptus spp.*, agrupando-as com o intuito de especificar quais espécies são semelhantes por meio da colorimetria e anatomia da madeira, e distinguí-las através da quimiotaxonomia.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, é nativo da Austrália, onde cobre 90% da área total do país, formando densos maciços florestais nativos (BERTOLA, 2017).

Segundo Mora e Garcia (2000) já foram derrubados 38% das florestas nativas na Austrália, desde 1788. Para o mesmo ano, estimou-se a existência de 43,2 milhões de ha de florestas, sendo 25,6 milhões (60%) de eucaliptos. As espécies de eucaliptos mais utilizadas no mundo são o *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. viminalis*, *E. saligna* e *E. citriodora* (BERTOLA, 2017).

A maioria das espécies conhecidas são árvores típicas de florestas altas, com 30 a 50 m de altura e de florestas abertas, com árvores de 10 a 25 m de altura. Aproximadamente 30 a 40 espécies são arbustivas (MORA & GARCIA, 2000). Sua copa geralmente é rala e alongada e o tronco quase sempre retilíneo e cilíndrico, com casca ou muito lisa ou muito áspera e fissurada dependendo da espécie. As folhas possuem a característica comum entre a maioria das espécies, de serem aromáticas e dispostas nos ramos de maneira oposta na parte inferior e, alternas na parte superior (BERTOLA, 2017).

Entre os aspectos mais relevantes da espécie estão rápido crescimento em ciclo de curta rotação, alta produtividade florestal, expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais (ABRAF, 2010).

As espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido muito utilizadas no Brasil, para atender a demanda de madeira para serraria, celulose, energia, dentre outros usos (ALMEIDA et al., 2004). No ano de 2013, a área plantada com árvores no Brasil atingiu 7,60 milhões de hectares, representando um crescimento de 2,8% em comparação com os 7,39 milhões de hectares de 2012. Desse total, 72% foram destinados aos plantios de eucalipto (PÖYRY, 2015).

3.2. Descrição das Espécies

3.2.1. *Eucalyptus saligna* Smith.

O *Eucalyptus saligna* é uma árvore de tamanho alto a muito alto, atingindo 30 a 55 m de altura e mais de 2 m de DAP. Excepcionalmente pode atingir mais de 65 m de altura e 2,5 m de DAP. Com excelente forma do fuste. A copa alcança 1/2 a 1/3 da altura total da árvore (IPEF, 2017). Folhas juvenis disjuntas, de forma oval, brilhante de cor verde escuro. Folhas adultas disjunta, lanceoladas, largas, 10-17 cm x, 2-3 cm, verde escuro, brilhante, diferentes cores nas duas superfícies da folha, penínérveas. Umbelas com cerca de 7 a 11 flores; pedúnculo estreito achatado ou angular, 4- 18 mm de comprimento; Pedicelos cilíndricos, 0-3 mm de comprimento. Gemas ovóides acilíndricas ou fusiformes, 5-8 mm de comprimento, 3-4 mm de diâmetro, cicatriz presente; Caliptra cônica, tão longa e tão larga quanto hipanto. Fruto piriforme, cilíndrico ou campanulado, 5-8 mm de comprimento, 4-7 mm de diâmetro; discos deprimidos; válvulas exsertas (NSW FLORA ONLINE, 2011).

A madeira é indicada para uso generalizados. Frequentemente a espécie é confundida com *E. grandis* em função das afinidades existentes entre elas. As características da madeira a tornam indicada para: laminação, móveis, estruturas, caixotaria, postes, escoras, mourões, celulose e carvão. Apresenta susceptibilidade às geadas severas, tolera fogo baixo, e tem alta capacidade de regeneração por brotação das cepas. Em função do sucesso alcançado com a espécie no Estado de São Paulo, ela é recomendada para todas as regiões, com restrições a locais onde ocorram geadas ou deficiências (IPEF, 2017).

3.2.2. *Eucalyptus resinifera* Smith.

Tem sua área de ocorrência natural localizada no litoral e cadeias montanhosas litorâneas do norte de New South Wales, e ao sul de Queensland (IPEF, 2017).

Folhas lanceoladas, bastante grandes e largas, espessas, verde-claro seco em ambos os lados; venação fraca, as nervuras laterais quase transversais e paralelas, o fechamento das veias intra-marginais para a borda. Umbelas axilares, pedúnculo comprimido, número de flores variando até doze em uma umbela. Gemas pediceladas. Cálice hemisférico; opérculo cônico ou hemisférico e acuminado. Frutos hemisféricos; borda plana ou levemente redonda; válvulas intensamente acuminadas, bem exsertos, geralmente cerca de 0,64 cm de diâmetro (BAKER R.T.& SMITH H.G. 2011).

É uma das mais importantes espécies da Austrália podendo ser a sua madeira utilizada para serraria, construções, móveis, caixotaria, dormentes, postes e mourões. É susceptível à geadas e à deficiência hídrica severa, tolerante a fogo e regenera-se bem por brotação das cepas (IPEF, 2017).

3.2.3. *Eucalyptus viminalis* Labill

Também conhecido por *Eucalyptus angustifolia*, o *Eucalyptus viminalis* possui distribuição e ocorrência diversificadas abundantes na Austrália. É uma árvore perene que cresce até 30 m a uma velocidade rápida, as flores são hermafroditas e são polinizadas por abelhas. Espécie adequada para crescimento em solos leves (arenosos), médios (limbo) e pesados (argila), preferem o solo bem drenado e podem crescer em um solo nutricionalmente pobre (PFAF, 2017).

Árvore com casca lisa ou persistente na parte inferior do tronco, cinza a cinza-escuro, pouco fibrosa, dura, foliada, lisa na parte superior, branca, cinza ou amarela,

vertendo em tiras. Folhas juvenis opostas, verdes, lanceoladas sem brilho. Folhas adultas disjunta, lanceoladas ou estreito-lanceoladas, 8-20 cm x 0,8-2,5 cm, verde brilhante, ambas as faces da mesma cor. Umbelas com cerca de 3 flores; pedúnculo estreito achatado ou angular, 4-8 mm de comprimento; pedicelos cilíndricos, 0-3 mm de comprimento. Gemas ovóides, 5-8 mm de comprimento, 3-5 mm de diâmetro, cicatriz presente; caliptra hemisférica para a cônica, pelo menos, tão longa e tão larga quanto hipanto. Frutos globosos, cilíndricos ou ovais, 4-8 mm de comprimento, 4-9 mm de diâmetro; discos levantados; válvulas exsertas (NSW FLORA ONLINE, 2017).

Árvore adequada para reflorestamentos, é amplamente cultivada no sul do Brasil em áreas rurais ao longo de estradas e até no paisagismo (BENTEC, 2017).

3.2.4. *Eucalyptus populifolia* Desf.

Espécie com ampla distribuição no Norte da Austrália. Árvore de médio porte; casca persistente no caule e ramos, áspera, não profundamente enrugada, às vezes esbranquiçada ou cor cáqui. Folhas anormais ovais a oval-acuminadas, 5,1 cm de comprimento, brilhando em ambos os lados; venação distinta, algumas veias laterais espalhadas, veias intramarginais removidas da borda. Folhas normais muito variáveis em tamanho e formato, de ovado-acuminadas, ovado-lanceoladas a estreito-lanceoladas, com menos de 6 cm de comprimento; venação e outras características semelhantes às das folhas anormais. Numerosas flores em panículas axilares ou terminais, pedúnculos delgados, com menos de 1,27 cm. Cálice em concha, 0,21 cm de comprimento e 0,21 cm de diâmetro, também um pedúnculo de cerca de 0,21 cm; hemisférica opérculo, pouco acuminado (BAKER R.T.& SMITH H.G. 2011).

Segundo o IPEF (2005), tal espécie é indicada para usos como lenha e carvão, serraria, indústria moveleira, laminação e construções.

3.2.5. *Eucalyptus longifolia* Linkl.

Ocorre frequentemente em mata ou floresta seca esclerófila em solos de média fertilidade, naturalmente em território Australiano. Árvore de 35 m de altura, casca persistente no tronco e galhos maiores, cinza, fibroescamosa, branco suave ou acima de cinza, vertendo em fitas curtas ou flocos. Folhas juvenis disjuntas, ovadas a ampla lanceoladas, verde-acinzentadas. Folhas adultas disjuntas, lanceoladas ou estreito-lanceoladas, 10-25 cm x 1,5-2,6 cm, verde-acinzentadas ou azuladas, sem brilho, de apenas uma cor por toda a folha. Umbelas com cerca de 3 flores; pedúnculo cilíndrico ou angular, 11-34 mm de comprimento; pedicelos cilíndricos, 4 - 20 mm de comprimento. Gemas fusiformes, 14-26 mm de comprimento, 6-12 mm de diâmetro, cicatriz presente; Caliptra cônica, pelo menos tão longa e tão larga quanto o hipanto. Fruto ovóide, cilíndrico ou campanulado, 10-17 mm de comprimento, 9-16 mm de diâmetro; disco deprimido; válvulas fechadas ou a ao nível da borda.

Segundo (SILVA, 2005) devido às propriedades da madeira, a espécie foi primeiramente utilizada no Brasil em meados de 1830 para a confecção de postes, devido a disponibilidade desta matéria-prima e crescente demanda por postes devido à expansão do telégrafo, telefone e energia elétrica.

3.2.6. *Eucalyptus globulus* Labill.

Uma das espécies de eucalipto com maior distribuição mundial é o *E. globulus*, sendo que uma grande parcela das árvores corresponde a seus híbridos ou subespécies

(JIROVETZ et al., 2007). A área natural desta espécie é bastante restrita, pois encontra-se limitada a pequenas manchas da zona litoral do sudeste e sul da Tasmânia, das ilhas Flinders e King, entre a Tasmânia e a Austrália. Foi a primeira espécie de eucalipto que se espalhou pelo Mundo, sendo atualmente a mais cultivada, em virtude do seu rápido crescimento e porte majestoso (FLORABANK, 2017).

Eucalyptus globulus Labill. é uma árvore aromática na família Myrtaceae (AMMON, 2011), trata-se de uma árvore de grande porte, podendo atingir até 90 metros de altura, de tronco liso, folhas perenes, lanceoladas e opostas, cobertas por glândulas oleríferas. A espécie possui flores de até 4 cm de diâmetro, solitárias ou em pequenos grupos, que possuem numerosos estames macios que podem ser brancos, creme, amarelo, rosa ou vermelho. Os frutos apresentam-se em forma de cápsula de aproximadamente 3 cm. A casca possui coloração esverdeada, e apresenta fibras e estrias cujo grau varia de acordo com a idade da planta (SHAH. et.al, 2012)

As folhas de eucalipto são utilizadas para a confecção de infusões terapêuticas, especialmente para afecções do sistema respiratório superior. Os óleos essenciais extraídos das suas folhas, comercializados sob a designação de cineol (cineole ou eucaliptol), são utilizados em confeitaria, produzindo um efeito refrescante e dilatador dos brônquios semelhante ao mentol. Além disso, a madeira tem o uso indicado para produção de pasta celulósica, lenha, carvão e serraria (IPEF, 2005).

3.2.7. *Eucalyptus trautvittii* x *trautvittii* Vilm.

Muito pouco encontra-se sobre tal espécies na literatura. Consiste em um híbrido natural de *Eucalyptus camaldulenses* x *Eucalyptus botrioides*. Árvore com altura variável de 15 a 50 metros, folhas longas (até 3- cm) estreitas, de cores verde opaca. Espécie de uso ornamental, com casca decorativa e flores brancas de verão (VIVAI FRAPPETTA, 2017).

3.2.8. *Eucalyptus robusta* Smith.

Eucalyptus robusta é uma espécie com árvores perenifólias, de 20-30 m de altura, originária da Austrália, de tronco retilíneo, de casca persistente, espessa, fibrosa ou escamosa, marrom-avermelhada. Ramagem oblíqua formando copa ampla e densa. Folhas alternas, ovalado-lanceoladas e acuminadas, coriáceas, desprovidas de odor de cineol, com numerosas glândulas translúcidas, verde-escuras brilhantes na face de cima e mais claras na inferior, com a nervura central saliente, de cor amarelada, de 8-15 cm de comprimento, com pecíolo de 1,5-2,5 cm. As folhas juvenis são menores, largamente elípticas, opostas ou alternas. Inflorescências em umbelas axilares, com 2-12 flores, de pedúnculos achatados de 1,0-3,5 cm. Botões fusiformes, com opérculo rostrado, pedicelados, creme-esverdeados, de ápice cônico, agudo, com estames dobrados. Flores vistosas, com numerosos estames de cor creme. Frutos (cápsulas) cilíndricos, algumas vezes angulados, deiscentes, de 6-8 mm de diâmetro, de 3-4 valvas agudas, inclusas ou ligeiramente saliente, com sementes pequenas marrons. Planta tolerante a solos muito úmidos e brejosos é apropriada para reflorestamentos e para uso paisagístico. Muito rústica e de crescimento básico, pode ser cultivada virtualmente em todo o território brasileiro. Produz madeira forte, durável, para fins diversos (BENTEC, 2017).

ORWA (2009), indica vários usos para tal espécie, folhas utilizadas para forragem na produção de abelha e mel, madeira amplamente utilizada como lenha, carvão vegetal, construções, paletes, a fibra da madeira é utilizada para fabricação de pasta celulósica, árvores utilizadas em paisagismo, entre outros usos.

3.2.9. *Eucalyptus goniocalyx* F. Mueller

Espécie que ocorre geralmente em mata ou floresta seca esclerófila em solos de média fertilidade, muitas vezes em planos aluviais. Casca áspera no tronco e aos ramos pequenos, então suave, cinza ao creme acima. Folhas juvenis redondas, acinzentadas e muito cerosas. Folhas adultas para 250 mm de comprimento e 40 mm de largura, lanceoladas para falcate, lustrosas, verdes. Flores em grupos de 7 em axilas de folhas. Brotos para 11 mm de comprimento e 7 mm de largura, ligeiramente angular perto da base, não cera, broca em forma de cone, de comprimento igual à base (SOSA, 2017). A madeira desta espécie é indicada para poucos usos, além de reflorestamento, pode ser utilizada também para moirões e postes.

3.2.10. *Eucalyptus acervula* Hook.

Também conhecida por *Eucalyptus ovata* Labill. (Sinônimo), espécie que ocorre naturalmente em locais de florestas com gramíneas e ciperáceas, em locais baixos e permanentemente úmidos na Austrália (BAKER R.T., SMITH H.G., 2017). Uma árvore de aproximadamente 30 metros de altura, perenefolia, com folhas simples, verdes escuras, opostas lanceoladas, flores brancas (LORENZI, 2003). Venação não proeminentes, especialmente nas folhas mais velhas, a veia intramarginal bem retirada da borda. Flores em umbelas de cerca de 4 a 8, cerca de 4 linhas de pedúnculos longos, axilares ou às vezes, saltando alternadamente e de forma independente a partir do tronco, dando a inflorescência a aparência de uma panícula. Gemas em cerca de 3 linhas longas; Cálice em tubo cônico, afinando para um pedicelo muito curto, e cerca de duas vezes mais longo que o opérculo fechado cônico. Frutos cônicos, concha; borda convexa, borda externa saliente e, às vezes dando a aparência de fruta em forma de sino; válvulas exsertas ocasionalmente, cerca de 0,63 cm x 0,42 cm (BAKER R.T. & SMITH H.G. 2017).

3.3. Anatomia da Madeira de *Eucalyptus* spp.

A Anatomia da madeira estuda e caracteriza as células que compõem o xilema, bem como sua organização, função e relação com a atividade biológica da planta. Dentre as diversas utilidades que a anatomia da madeira possui, destacam-se: anatomia vegetal, identificação e separação de espécies botânicas, estudos relacionados à nutrição mineral, crescimento, fisiologia, poluição ambiental, climatologia, radiação solar e arqueologia (BURGER e RICHTER, 1991).

A caracterização da estrutura anatômica da madeira de eucalipto é de suma importância, visto que variações ocorrem entre e dentro das espécies. A madeira de eucalipto apresenta uma estrutura heterogênea resultante das variações de seus elementos anatômicos, tornando-se importante determinar os padrões de variações existentes, visando, principalmente, definir sua utilização mais adequada (TOMAZELLO FILHO, 1985a). Os métodos anatômicos permitem a perfeita caracterização da estrutura da madeira, a determinação das dimensões das células, as similaridades entre as árvores, as variações no sentido medula casca e base-topo do tronco, etc. (SHIMOYAMA, 1990; TOMAZELLO FILHO, 1985; 1998).

Os elementos de vaso, fibras, parênquima radial e longitudinal compõem a estrutura anatômica da madeira dos eucaliptos, com variações dentro e entre diferentes grupos de espécies. As características da estrutura anatômica da madeira possibilitam a identificação de muitas espécies de *Eucalyptus* (DADSWELL, 1972). O conhecimento

prévio dos elementos celulares, bem como suas respectivas disposições, dimensões e frequências, que compõem o lenho arbóreo é imprescindível para a caracterização anatômica das espécies florestais (TOMAZELLO FILHO, 2002).

O lenho das principais espécies de *Eucalyptus spp.* utilizadas no Brasil foram caracterizadas, onde foi observado que as madeiras possuem estrutura anatômica homogênea, com pouca variação entre amostras de uma mesma espécie (ALFONSO, 1987). O mesmo autor, ainda relatou que o xilema secundário, na maioria das vezes apresenta poros exclusivamente solitários, existindo exceções como, por exemplo, as espécies de *E. maculata* e *E. citriodora*, em que nestas varia de solitários a múltiplos de 2-4. Quanto ao parênquima axial, o gênero caracteriza-se pela pouca abundância de tal elemento, na maioria das espécies, com tipos variados do difuso escasso, sub-agregado, vasicêntrico e confluyente. Quanto ao parênquima radial, o gênero possui raios relativamente finos e baixos, com predomínio dos unisseriados, localmente bisseriados e bisseriados. Com relação às fibras, há um predomínio daquelas libriformes, de paredes espessas a muito espessas, naquelas espécies com madeiras mais densas como *E. microcorys*, *C. maculata*, *E. propinqua*, *E. paniculata*, *C. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, entre outras.

Barrichelo e Brito (1976) descreveram as características anatômicas da madeira de espécies de *Eucalyptus spp.* apresentando valores para comprimento das fibras variando entre 750,00 a 1300,00 μ m, com a média próxima de 1000,00 μ m. Quanto ao diâmetro das fibras, a variação ficou entre 15,00 a 20,00 μ m. O diâmetro dos vasos variou de 50,00 a 300,00 μ m e a frequência entre 5 a 100vasos/mm². Ainda de acordo com esses autores, o percentual de fibras, vasos e parênquima no tecido lenho foram de 65, 17 e 18% respectivamente.

Muitos autores já realizaram estudos descrevendo a anatomia da madeira de espécies de *Eucalyptus*, demonstrando a variabilidade e as características deste gênero. Dadswell (1972) descreveu a anatomia das madeiras de *Eucalyptus*, considerando a distribuição das espécies estudadas, densidade, medidas quantitativas dos elementos anatômicos macro e microscópicos; Oliveira *et al.* (2012) estudaram os parâmetros quantitativos da anatomia da madeira provenientes de diferentes locais; Ramirez (2009) realizaram um estudo sobre a variação dos parâmetros anatômicos do *Eucalyptus globulus*; Silva (2002) caracterizou anatomicamente a madeira de *Eucalyptus grandis*.

Além da identificação das espécies, os estudos anatômicos possibilitam, ainda, informações sobre a estrutura do lenho, bem como identificação das relações entre o lenho e as características gerais da madeira, principalmente nos aspectos referentes à massa específica, resistência mecânica, permeabilidade, resistência natural e trabalhabilidade (SILVA, 2002). Permite também a correta identificação da espécie permite melhor compreensão do comportamento deste material nas operações de desdobro, secagem, acabamento e preservação.

Alzate (2004) caracterizou através de parâmetros anatômicos e físicos as madeiras de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, visando possibilitar a otimização do seu uso. Tomazello (1985) descreveu anatomicamente e agrupou oito espécies de *Eucalyptus* de acordo com suas características comuns.

3.4. Colorimetria da Madeira

A cor é considerada uma propriedade sensorial a qual pode ser utilizada na avaliação da qualidade da madeira. Permite classificar esteticamente a madeira em diversos ramos da atividade industrial madeireira, como indústria moveleira, indústria

de painéis reconstituídos e serrarias, ainda segundo o mesmo autor, a importância da determinação da cor de qualquer material se torna evidente, uma vez que ela é um dos primeiros contatos visuais, podendo indicar de forma imediata sua finalidade. No caso da madeira a cor tem essa importância, por ser uma das características que a classifica esteticamente.

De acordo com Möttönen e Kärki (2007) e Nishino et al. (1998), a estrutura anatômica da madeira pode proporcionar enorme na cor entre várias espécies, entre diferentes árvores da mesma espécie e, até mesmo, dentro da própria árvore.

O conhecimento da cor da madeira é possível elaborar planos de triagem para madeiras serradas ou laminadas, garantindo a obtenção de produtos homogêneos quanto à cor de madeira sólida (STANGERLIN et al., 2013). A coloração da madeira pode variar significativamente de uma espécie florestal para outra. Mori et al. (2005) relataram a existência de madeiras com coloração amarela, avermelhada, alaranjada, bem como com tons de roxo. Conforme Mady (2000), essa variabilidade na coloração da madeira deve-se à composição química das substâncias extraíveis.

As madeiras de *Eucalyptus spp.* apresentam uma grande variedade de cores, sendo o alburno claro e o cerne, variando desde um amarelado a bege (*Eucalyptus dunni*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*) até tons de pardo avermelhados à vermelhos (*Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus resinifera*) (MUÑIZ, 2002).

A colorimetria pode ser utilizada para a identificação e qualificação da madeira. Apesar de ser uma característica importante como às propriedades físicas e mecânicas da madeira, não tem sido tão discutida quanto às demais características, tais como: propriedades físicas, mecânicas, químicas e anatômicas. Garcia et. al. (2014) caracterizaram as cores das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus pellita* e *E. paniculata* e determinaram sua correlação com a densidade da madeira, visando avaliar o potencial da colorimetria como ferramenta alternativa para identificação e qualificação da madeira (RIBEIRO, 2009).

A cor pode ser determinada através de dois métodos: comparativo ou quantitativo. O método comparativo ou sistema de ordenação de cores mais conhecido é o sistema Munsell que tem como base um atlas de cor que serve para selecionar, medir e comparar a aparência dos objetos. Por sua vez, o método quantitativo mais utilizado é a colorimetria, a ciência da medição da cor (GONÇALEZ et al., 2001), ainda segundo o autor, a colorimetria quantitativa é uma metodologia objetiva e eficaz para a medição da cor da madeira, descrevendo cada elemento da composição de uma cor, numericamente, por meio de aparelhos apropriados (ATAYDE 2011). Existem dois tipos de aparelhos que podem ser utilizados para tal objetivo, os colorímetros e os espectrofotômetros.

Um dos sistemas mais utilizados para a medição de cores é o sistema CIELAB (Comissão Internacional de Iluminantes). O sistema CIELAB é resultado do contínuo desenvolvimento de espaços de cores e variações do espaço XYZ com o objetivo de fornecer uma melhor uniformidade perceptiva e correlação com a percepção humana das cores. Foi adotado pela CIE em 1976 e é baseado em seu antecessor (1942) sistema de Richard Hunter chamado L, a, b, o qual está baseado na teoria da oposição das cores correlacionada com a descoberta (1960) de que em algum lugar entre o nervo óptico e o cérebro os estímulos coloridos na retina são traduzidos em distinções entre claro e escuro, vermelho e verde, azul e amarelo. CIELAB indica estes valores com o uso de três eixos: L*, a*, e b* (HOLDSHIP, 2008).

O sistema CIE-L*a*b* trabalha de acordo com a norma CIE «Commission International de L'Éclairage» e é caracterizado por três diferentes coordenadas (L*, a* e b*) em um espaço de cor tridimensional tal como apresentado na Figura 1

(JOHANSSON, 2005). A axe L^* representa a luminosidade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco), enquanto que a^* e b^* representam as coordenadas cromáticas variando de -60 à +60. No diagrama CIE- $L^*a^*b^*$, os sinais positivos e negativos significam: $+a^*$ aumento na cor vermelha, $-a^*$ aumento na cor verde, $+b^*$ aumento na amarela e $-b^*$ aumento na cor azul tal como mostrado no diagrama de cromaticidade na Figura 1 (SILVA et al., 2007).

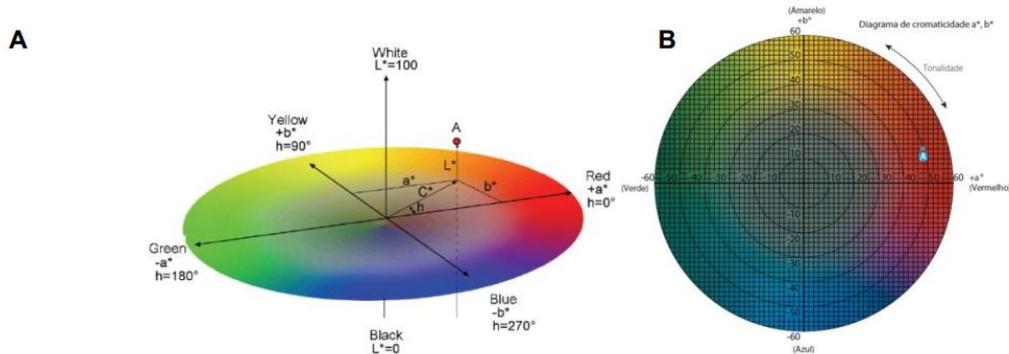


Figura 1. (A) Espaço de cor tridimensional do sistema CIE- $L^*a^*b^*$. Coordenada L^* :luminosidade. Coordenadas a^* e b^* : variáveis cromáticas. Coordenadas C^* e h : saturação e ângulo de coloração, respectivamente. (B) Diagrama de cromaticidade a^* , b^* (Fonte: AMMON (2011)).

O uso do sistema CIELAB é um método eficaz na caracterização e diferenciação das tonalidades entre seções anatômicas, fato observado por Atayde (2011) em seu trabalho de caracterização colorimétrica da madeira de Muirapiranga. Permite também, avaliar a variação das cores da madeira após passarem por algum tipo de tratamento.

Johansson (2005) estudou a resposta da cor da madeira quando submetida à um tratamento térmico e pôde observar a variação dos parâmetros após o tratamento. Da mesma forma, Griebeler, (2013) submeteu madeiras de *Eucalyptus grandis* a uma modificação térmica e determinou a cor após este processo.

3.5. Estatística Multivariada como ferramenta de agrupamento

A análise multivariada é o ramo da matemática que possibilita o estudo simultâneo de inúmeras variáveis (GAUCH JR., 1982). Consiste em um conjunto de métodos estatísticos que, a partir de observações multivariadas, busca identificar a relação existente entre as variáveis envolvidas em um determinado fenômeno. Assim, ao invés de uma única variável aleatória para representar uma só característica de uma unidade experimental (ou observacional), tem-se um vetor aleatório para fazer a representação de várias características, medindo o grau de associação ou de correlação entre variáveis aleatórias (PALERMO, 2010). Segundo Luchesa (2004), a capacidade de lidar com muitas variáveis aleatórias simultaneamente é um dos pontos positivos da estatística multivariada, pois permite obter informações que muitas das vezes permanecem invisíveis nos dados originais.

Dentro no setor florestal, vários autores já utilizaram desta técnica para avaliar diferentes áreas; o Setor econômico-financeiro de empresas florestais, propriedades anatômicas, físicas e químicas, características dendrométricas e tecnológicas da madeira, colorimetria da madeira, distinção de grupos ecológicos, avaliação da

qualidade da madeira, (LUCHESA, 2004; LOBÃO et. al,2011; LOPES, 2004; CAMARGOS 2001; SOUZA 2006; CASTRO, 2013;

Entre as várias técnicas estatísticas de análises multivariadas que podem ser utilizadas, apenas a análise de agrupamento (*Two Step Cluster*) e Escalonamento Multidimensional farão parte desta revisão, pois foram utilizadas neste trabalho.

Dentre as técnicas multivariadas, destacam-se as de agrupamento. Tais técnicas baseiam-se em similaridades e dissimilaridades para formar e diferenciar os grupos, respectivamente (KOEHLER, 2001). São conhecidas também como análise de conglomerados, análise de classificação ou *cluster analysis*, é uma técnica amplamente utilizada para diversos fins em ciência florestal utilizada para reunir elementos de uma amostra ou população, em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito às variáveis (características) que neles foram medidas (MINGOTI, 2005). Ainda segundo este autor, dentre as métricas mais usadas para análise de variáveis quantitativas, a distância euclidiana (*Euclidean Distance*) tem se destacado como a principal. Ela simplesmente é a distância geométrica no espaço dimensional e mede a dissimilaridade entre as amostras. Logo, quanto menor os seus valores, mais similares serão os elementos que estão sendo comparados.

As técnicas de agrupamento são técnicas exploratórias utilizadas para formar grupos homogêneos de elementos a partir de coeficientes de similaridade ou coeficientes de distâncias entre eles PALERMO (2010). Esses coeficientes são calculados com base nos vetores de características desses elementos.

Camargo et.al. (2007) testaram métodos estatísticos para agrupar 350 espécies de madeira, entre eles, a distância euclidiana e o agrupamento de *clusters*.

Two Step Cluster é um algoritmo de análise de *cluster* escalonável projetado em duas etapas: *Pré-Cluster*, onde os registros são segmentados em pequenos grupos e a etapa de clusterização formando subperfis finais de acordo com o número ideal de agrupamento. Funciona como ferramenta exploratória que visa revelar grupos dentro de um conjunto de dados em adversidade de medição, com base em variáveis categóricas e contínuas, agrupando indivíduos ou variáveis em grupos homogêneos ou compacto, relativamente a uma ou mais características comuns, objetivando atingir uma solução ótima na criação dos *clusters* (COSTA, 2016), A determinação do número de *clusters* é feita de forma automática, sendo informadas as características mais relevantes para a segmentação dos grupos (CHIU et al., 2001).

Lima (2003) utilizou a técnica para agrupar parte de espécies florestais de uma floresta, de acordo com as características do solo, observando a formação de três grupos.

O escalonamento multidimensional é uma técnica multivariada para análise de dados de similaridade (ou dissimilaridade) entre um conjunto de objetos. Por meio desta técnica de interdependência, é possível mapear as distâncias entre objetos em uma representação gráfica espacial. No espaço multidimensional, cada objeto é representado como um ponto, de modo que pontos próximos indicam semelhança entre objetos enquanto que pontos afastados indicam diferença (COSTA, 2016).

Estudos utilizando o EMD são muito amplos na área Florestal. Amaral (2014), caracterizou elementos químicos e anatômicos dos nós da espécie de *Pinus Ellioti*, observando a formações de padrões distintos.

Esta técnica é bastante utilizada em estudos ecológicos da área florestal, através do Escalonamento Multidimensional. Paciencia e Prado (2005) avaliaram a distribuição espacial de pteridófitas em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica no sul da Bahia. Junior (2013) estudou os fatores do meio físico associados ao estabelecimento de

espécies rústicas em ecossistemas perturbados da Mata Atlântica, também adotando a técnica de EMD.

3.6. Fitoquímica da Madeira

A investigação de grupos de substâncias químicas que apresentam significado como marcadores taxonômicos tem trazido resultados valiosos com respeito à classificação das plantas (KAPLAN e GOTTLIEB, 1982) e as considerações sobre evolução de determinados táxons (GOTTLIEB, 1989).

Diversas vias metabólicas secundárias das plantas levam à formação de compostos, a distribuição destes é restrita a algumas famílias, gêneros ou mesmo espécies, enquanto os primários são encontrados em todo o Reino Vegetal. (OLIVEIRA et al., 2001). A literatura relata dentre os compostos, mais de 24.000 estruturas já encontradas, a melhor classificação para os extrativos é com base nas propriedades físicas e químicas de seus componentes, que inclui os grupos de extrativos alifáticos, fenólicos e terpenos e terpenóides (LOPES, 2008).

Os extrativos também podem ser classificados de acordo com o seu comportamento, da seguinte forma: 1) os saponificáveis, que incluem ácidos orgânicos graxos (geralmente instaurados); ácidos resinosos (normalmente tricíclicos), na forma livre ou esterificada; e 2) os insaponificáveis, que compreendem os esteróides, fenóis e hidrocarbonetos de cadeia longa (LOPES, 2008).

A composição dos extrativos de certas madeiras, também pode ser usada como marcador químico, para classificar madeiras que são difíceis de serem distinguidas anatomicamente. Para isso, a diferença qualitativa dos extrativos entre as espécies é baseada na quimiotaxonomia (taxonomia baseada nos constituintes químicos) (ROWELL et al, 2005).

A pesquisa fitoquímica tem por objetivos conhecer os constituintes químicos das espécies vegetais ou avaliar sua presença nos mesmos. Quando não se dispõe de estudos químicos sobre a espécie de interesse, a análise fitoquímica pode identificar os grupos de metabólitos secundários relevantes (SIMÕES, 2001).

3.7. Fundamentos da espectrometria de massas com analisador por tempo de voo e fonte de ESI (ESI-QTOF):

A Espectrometria de massas (MS, *mass spectrometry*) consiste em uma técnica analítica extremamente valiosa em que moléculas em uma amostra são convertidas em íons em fase gasosa, que são subsequentemente separados no espectrômetro de massas de acordo com sua razão massa (m) sobre a carga (z), m/z (WILSON E WALKER, 2010).

A Espectrometria de massa por infusão direta (MS) usando eletrospray, já é um método aplicado para a caracterização efetiva de misturas complexas, incluindo extratos de produtos naturais (FASCIOTTI, 2015). Trata-se de um método quimiotaxonômico de madeira com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos. Desde seu surgimento, ESI-MS tornou-se uma das técnicas analíticas mais poderosas e amplamente utilizadas. Dentre as vantagens de ESI-MS incluem alta sensibilidade e seletividade, facilidade de uso e consumo reduzido de amostra. Uma ampla variedade de substâncias pode ser analisada, incluindo proteínas, ácidos nucleicos, e até mesmo complexos metálicos, desde que sejam iônicos ou apresentem sítios ácidos ou básicos (DINIZ, 2011). Fra

O surgimento de novas técnicas de ionização, como a ionização por Electrospray (ESI) expandiu a gama de moléculas que podem ser analisadas por espectrometria de

massas, incluindo moléculas de alta polaridade, alta massa molecular e grande complexidade estrutural. Esse tipo de ionização é conhecido pela habilidade em transferir espécies da solução para a fase gasosa de forma suave, permitindo inclusive que espécies supramoleculares fracamente ligadas permaneçam intactas. Essa característica, aliada à alta sensibilidade, torna a técnica de ESI-MS adequada para interceptar espécies transientes em reações orgânicas, ou mesmo monitorar a formação de produtos e detectar o momento que subprodutos estão sendo formados, tornando-se técnicas de escolha para o estudo de mecanismos de reação em química, bioquímica, química forense, química analítica, química de materiais (DINIZ, 2011).

O equipamento tem como finalidade ser uma ferramenta de pesquisa para prover a massa exata de uma determinada substância, tanto em modo varredura ou em modo tandem (MS/MS). De acordo com Azevedo (2004), consiste em um espectrômetro de massas híbrido composto por:

- uma fonte de íons, no caso a ionização Electrospray (ESI),
- um analisador quadrupolo (Q), que atua como um pré-seletor para selecionar um íon precursor em estudos de MS/MS;
- um sistema denominado de “*Triwave*”, composto por um *trap*, uma cela de mobilidade iônica e um *transfer*, localizado entre os dois analisadores, onde é possível separar íons de acordo com suas estruturas tridimensionais (em experimentos de mobilidade iônica) e/ou fragmentar íons específicos no *trap* ou no *transfer*;
- um analisador tempo de voo *Time of Flight* (TOF) de aceleração ortogonal;
- um detector “Microchannel Plate” (MCP).

A ionização dos analitos é feita na fonte ESI, que é realizada sob pressão atmosférica, produzindo íons que vão para a fase gasosa a partir de uma solução de amostra, que é inserida através de um capilar, ao qual uma tensão elétrica elevada é aplicada (2-4 kV). ESI é técnica de ionização que produz moléculas gasosas ionizadas por protonação, desprotonação ou formação de adutos com cátions, a partir de uma solução líquida da amostra. Este processo pode ser dividido em três etapas principais: a nebulização da solução da amostra em gotículas carregadas decorrentes da aplicação direta de voltagem no capilar, a liberação dos íons a partir das gotículas e o transporte dos íons da região de pressão atmosférica da fonte para a região de alto vácuo do analisador.

Os íons gerados na fonte (Z-Spray) são transferidos para o analisador quadrupolo via lentes RF. Após a saída do quadrupolo os íons são transferidos através do sistema de *Triwave* ao segundo analisador, TOF, onde o feixe de íons é acelerado pelo *Pusher*, passando pelo *Reflectron* e chegando ao detector MCP com diferentes velocidades.

No analisador TOF os íons são separados com relação as suas razões massa sobre carga de acordo com seus tempos de voo, aonde os íons de mais alta m/z demoram mais tempo para alcançar o detector. Em um característico espectro de ESI, os íons podem se apresentar mono ou multicarregados, sendo representados pela razão massa sobre carga.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C.; LANDSBERG, J. J.; SANDS, P. J.; AMBROGI, M. S.; FONSECA, S.; BARDDAL, S. M.; BERTOLUCCI, F. L. Needs and opportunities for using a process-based productivity model as a practical tool in *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 2-3, p. 167-177, 2004.

ALZATE, A. B. S. **Caracterização da Madeira de Árvores de Clones de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla***. 2004, 150p. Tese (Doutorado em Recursos

Florestais) na área de Tecnologia de Produtos Florestais, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, Piracicaba.

AMARAL, D. **Anatoquímica de Nós de *Pinus elliottii* var. *elliottii***. 2014, 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná-Curitiba, 2014.

AMMON, R. de A. **Anatomia do lenho de dez espécies de *Eucalyptus* L’Hér.** 2011, 64p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: 2011. 140p.

ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* spp.). **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011.

AZEVEDO, A.A. **Espectrometria de Massas**. LABEM – Laboratório de Espectrometria de Massas, Departamento de Química Orgânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Fevereiro, 2004

BAKER, R.T., SMITH H.G, A Research On The Eucalypts And Their Essential Oils, 2008. Disponível em: <http://chestofbooks.com/health/aromatherapy/Eucalyptus-EssentialOils/62-Eucalyptus-resinifera.html> . Acesso em 09/09/2017.

BAKER, R.T., SMITH H.G, **A Research On The Eucalypts And Their Essential Oils**, 2008. Disponível em: <http://chestofbooks.com/health/aromatherapy/Eucalyptus-EssentialOils/62-Eucalyptus-resinifera.html> Acesso em 26/10/2017.

BENNETT, R. E WALLSGROVE, R.M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **New Phytologist**, vol. 127, p. 617-633, 1994.

BENNETT, R. E WALLSGROVE, R.M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **New Phytologist**, vol. 127, p. 617-633, 1994.

BENTEC- SEMENTES, INSUMOS E TECNOLOGIA. **Sementes exóticas (Eucalipto)**. Disponível em: <http://www.bentecsementes.com.br/eucalipto-viminalis/> Acesso em: 12/10/2017.

BENTEC- SEMENTES, INSUMOS E TECNOLOGIA. **Sementes exóticas (Eucalipto)**. Disponível em: <http://www.bentecsementes.com.br/eucalipto-robusta/> Acesso em: 12/10/2017).

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil**, 2002. Disponível em: <http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc022.pdf> . Acesso em: 04/09/2017.

BURGER, M. B.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. [s.l.] Nobel, 1991.

CAMARGOS, A.A.J.; A Colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira. **Brasil Florestal**, Nº 71, 2001.

CASTRO, M.N.F.A. et.al. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.48, n.6, p.627-635, 2013.

CHIU, T. et al. A Robust and scalable Clustering Algorithm for mixed type Attributes in large database Environment. Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. **Anais...**2001.

COSTA, G. G. O. **Análise Multivariada Light**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2016.

DADSWELL, H. E. The role of Wood Anatomy in Forest Botany. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, v. 12, n. 1, p. 237–242, 1939.

DADSWELL, H.E. **The anatomy of eucalypt woods**. Melbourne: CSIRO: Forest Products Laboratory, Division of Applied Chemistry Technological, 1972. 35p (Paper n.66).

DINIZ, R. E. M., **Uso da técnica de espectrometria de massas com ionização por eletrospray (ESI-MS) para o estudo do mecanismo de reações orgânicas e avaliação do perfil de fragmentação de bis-hidroxiiminas aromática**. 2011. 108f. (Mestrado em química) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FASCIOTTI, M.; ALBERICI, R.; CABRAL, C.; CUNHA, S.V.; SILVA, M.R.P.; DARODA, J.R.; ERBELIN, M. Wood chemotaxonomy via ESI-MS profiles of phytochemical markers: the challenging case of African versus Brazilian mahogany woods. **Analytical. Methods**, 2015, ed7, p8576–8583.

FLORABANK. Listo of Fact Sheets/Glossary. Disponível em: http://www.florabank.org.au/lucid/key/Species%20Navigator/Media/Html/Eucalyptus_globulus.htm Acesso em: 09/11/2017.

FOELKEL, C. **Eucalyptus online Book e Newsletter**, 2009. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>.

GAMBALE, P. G. et al. Composição e riqueza de anfíbios anuros em remanescentes de Cerrado do Brasil Central. **Iheringia**, v. 104, n. 1, p. 50–58, 2014.

GARCIA, A.R.; OLIVEIRA, S.N.; NASCIMENTO, M.A.; SOUZA, D.N. Colorimetria de Madeiras dos Gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**. v. 20, n4, p. 509-517, 2014.

GAUCH JR., H. G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

GONÇALEZ, J.C; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F.da; VALLE, A.T.do. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Revista Brasil Florestal**. ano XX. n. 72. p. 47 – 48. 2001.

GONZÁLEZ, E. R. **Transformação Genética de *Eucalyptus grandis* e do Híbrido *E. grandis* × *E. urophylla* via *agrobacterium***. 2002. 93f. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, São Paulo.

GRIEBELER, O.G.C. **Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden modificada termicamente**. 2013, 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Tecnologia e Utilização de produtos Florestais- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

HARBORNE, J. B.; DEY, P. M. **Plant Biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1997.

HOLDSCHIP, R. **A influência dos sistemas de gerenciamento de cores em provas digitais**. 2008, 123p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) - Universidade Estadual Paulista, Bauru.

INSITUTO DE PESQUISA E ESTUDO FLORESTAL- IPEF. **Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus* sp.** Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp> Acesso em: 17/10/2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS- IPEF. **Chave de Identificação de Espécies Florestais (CIEF)**. Disponível em <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/saligna.asp> Acesso em: 09/09/2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS- IPEF. **Chave de Identificação de Espécies Florestais (CIEF)**. Disponível em < <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/resinifera.asp>> Acesso em: 09/09/2017.

JANIN, G.; GONÇALEZ, J.C.; ANANIAS, R.; CHARRIER, B.; SILVA, G.F.; DILEM, A. Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry: part 1, colorimetry theory for the CIELAB system. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, v. 3, n. 1/2, p. 3-13, 2001.

JIROVETZ, L.; BAIL, S.; BUCHBAUER, G.; STOILOVA, I.; KRASTANOV, A.; STOYANOVA, A.; STANCHEV, V.; SCHMIDT, E. Chemical composition, olfactory evaluation and antioxidant effects of the leaf essential oil of *Corymbia citriodora* (Hook) from China. *Natural Product Communications*, v.2, n.5, p.599-606, 2007.

JOHANSSON, D. **Heat treatment of solid wood: effects on absorption, strength and colour**. 2005. 142 f. Tese (Division of Wood Physics) – Lulea University of Technology, Sweden.

JUNIOR, H. F. B.; VALCARCEL, R.; NETTESHEIM, F. C. Fatores do meio físico associados ao estabelecimento de espécies rústicas em ecossistemas perturbados na Mata Atlântica, Piraf, RJ – Brasil. *Ciência Florestal*, v. 23, n. 3, p. 305–315, 2013.

LIMA. S.A.J.; MANEGUELLI. A.N.; GAZEL FILHO, B.A.; PÉREZ V.D. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 109-116, jan. 2003.

LOPES, L.R. **Influência dos Extrativos e da Relação Cerne/Alburno nas Análises da Madeira por Espectroscopia de Infravermelho Próximo para Produção de Celulose**. 2008. Dissertação (Mestrado em *Magister Scientiae*) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

LOPES,C.M.; SANTINI, J.E.; LONGHI, J.S.; ROSSO, S.; FERNANDES, G.L.D.; MENEZES, F.L. Agrupamento de Árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função

das variáveis Dendrométricas e das características Tecnológicas da Madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2007, v. 14, n. 2, p. 133-144.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.368 p.

MARTINS et al. Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. **Brazilian Journal of Forestry Research**. v. 35, n. 84, p. 443-449, out./dez. 2015.

MORA, A. L., GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

MORI, O.S.L.C.; LIMA, T.J.; TRUGILHO, F.P.; OLIVEIRA C.A. Influência das Características Tecnológicas na Cor da Madeira de Eucaliptos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, 2005.

MUÑIZ, G. I. B. Fatores que limitam a utilização da madeira de Eucalyptus. In: Seminário Sólidos de Eucalipto: Avanços Científicos e Tecnológicos, 2002, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2002. p. 30-63.

NEW SOUTH WALES-FLORA ONLINE. **A comprehensive botanical treatment in an Electronic format**. Disponível em <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/cgi-bin/NSWfl.pl?page=nswfl&lvl=sp&name=Eucalyptus~saligna> . Acesso em: 9/09/2017.

NSW FLORA ONLINE, **A comprehensive botanical treatment in an Electronic format**. Disponível em: <>. Acesso em: 12/10/2017.

NSW FLORA ONLINE, **A comprehensive botanical treatment in an Electronic format**, Disponível em: <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/cgi-bin/NSWfl.pl?page=nswfl&lvl=sp&name=Eucalyptus~longifolia>. Acesso em: 19/10/2017.

OEHLER, A. **Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos Florísticos e Estruturas do Componente Arbóreo em Diferentes Trechos da Serra do Mar, PR**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2001.

OLIVEIRA, J. G. L. et al. Parâmetros Quantitativos da Anatomia da Madeira de Eucalipto que Cresceu em Diferentes Locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 559–567, 2012.

OLIVEIRA, J.E.Z. et al. **Plantas Medicinais e Aromáticas: Avanços no Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitotecnia, p.1-6. 2001.

OLIVEIRA, J.E.Z. et al. **Plantas Medicinais e Aromáticas: Avanços no Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitotecnia, p.1-6. 2001.

ORWA et.al. *Eucalyptus robusta*. **Agroflorestry Database**. 5p, 2009.

PACIENCIA, M. L. B.; PRADO, J. Distribuição espacial da assembleia de pteridófitas em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica no sul da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 32, n. 1, p. 103–117, 2005.

PALERMO, M.P.G. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden visando sua utilização em produtos de maior valor agregado.** 2010, 249p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

PLANTS FOR A FUTURE- PFAF. *Eucalyptus vimilanis* Labill. Disponível em: <<http://www.pfaf.org/User/Plant.aspx?LatinName=Eucalyptus+vimilanis>> Acesso em: 12/10/2017.

PÖYRY, C. EM G. E N. L. Anuário Indústria Brasileira de Árvores 2014. **Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015**, v. 1, p. 100, 2015.

RAMÍREZ, M. et al. Wood anatomy and biometric parameters variation of *Eucalyptus globulus* clones. **Wood Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 131–141, 2009.

RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis*.** 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ROWELL, R. M.; PETTERSEN, R.; HAN, J.S.; ROWELL, J. S.; TSHABALALA, M. A. *Cell Wall Chemistry*. Capítulo 03 do livro *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Editado por Roger M. Rowell. Editora Taylor & Francis Group. New York, 2005.

SEEDS OF SOUTH AUSTRALIA-SOSA. *Eucalyptus goniocalyx* ssp. *goniocalyx* (Myrtaceae) Bastard Box. Disponível em: http://saseedbank.com.au/species_information.php?rid=1826 Acesso em: 20/10/2017.

SHAH G, KAUR M, SINGH PS, RAHAR S, DHABLIYA F, ARYA Y, et al. Pharmacognostic Parameters of *Eucalyptus globulus* Leaves. **Pharmacognosy Journal**. 2012;4(34):38-43.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo-ulo – ESALQ/USP, Piracicaba.

SILVA, C.J. Madeira de Eucalipto na produção de postes. **Revista Madeira**. Viçosa, MG, n.89. abril.2005.

SILVA, E.S.et al. Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Wood Science**. 6(1): 31-37. 2015.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002, 160p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), na área de Tecnologia da Madeira, pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2002.

SILVA, J. R. M., LIMA J. T., TRUGILHO, P. F. Usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes regiões da medula à casca. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 25-31, jan./mar. 2007.

SIMÕES, C. M. O. *et. al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3ªed. Porto Alegre: Ed. Da UFSC, 2001.

SIMÕES, C. M. O. *et. al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Porto Alegre: Ed. Da UFSC, 2001.

TOMAZELLO F. M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **ESALQ/USP**, Piracicaba, Departamento de silvicultura, n. 29, p. 25-36. 1985 a.

TOMAZELLO, F. M. **Formação e anatomia da madeira**. 1ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002.

VIVAI FRAPPETTA. *Eucalyptus trabuti* (*E. camaldulensis* x *E. botrioides*) – Eucalypto. Disponível em: <https://vivaifrappetta.it/prodotto/eucalyptus-trabuti-eucalipto/> Acesso em 20/10/2017.

CAPÍTULO I
AGRUPAMENTO DE 10 ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp.*
ATRAVÉS DE CARACTERES COLORIMÉTRICOS E
ANATÔMICOS

RESUMO

A caracterização da madeira de espécies florestais é muito importante para identificação e diferenciação de indivíduos, principalmente para espécies com características semelhantes. O presente trabalho teve como objetivo agrupar 10 espécies de *Eucalyptus* de acordo com seus caracteres colorimétricos e anatômicos, com o intuito de diferenciá-las. As amostras de madeiras foram utilizadas para a caracterização colorimétrica e anatômica espécies de *Eucalyptus*. O agrupamento das espécies pelas coordenadas colorimétricas do Sistema CIELab separou as espécies em três grupos: i) *E. saligna* e *E.globulus*; ii) *E.populifolia* e *E. acervula*; e iii) *E. viminalis*, *E. longifolia*, *E. robusta* e *E. goniocalyx*. As principais características qualitativas utilizadas para diferenciar as espécies dentro dos grupos foram: textura, obstrução de vasos e brilho. Quanto as características quantitativas, todas as espécies presentes nos grupos se diferenciaram, exceto *E. longifolia*, *E. robusta* e *E. viminalis*. As características anatômicas que mais contribuíram para tal diferenciação foram: frequência e altura de raios, frequência e diâmetro de vasos, comprimento de placas de perfuração, comprimento e espessura da parede de fibras. Desta forma, as análises anatômicas quantitativas se mostraram eficazes na identificação para a maioria das espécies. No entanto, a diferenciação de algumas espécies só é possível a partir de uma análise complementar.

Palavras Chave: Identificação, sistema CIELAB, cor, anatomia da madeira.

ABSTRACT

The characterization of forest species wood is extremely important for identification and differentiation of individuals, especially when dealing with species with very similar characteristics. The present work had the objective of grouping 10 species of *Eucalyptus* according to their colorimetric and anatomical characters, in order to differentiate them. The wood samples from the Xiloteca of the Department of Forest Products – FPDw of Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, were used for the characterization of colorimetric and anatomical *Eucalyptus* species. The compilation of the species by the colorimetric coordinates of the CIELab System separated the species into three groups: i) *E. saligna* and *E.globulus*; ii) *E.populifolia* and *E. acervula*; and iii) *E. viminalis*, *E. longifolia*, *E. robusta* and *E. goniocalyx*. The main qualitative characteristics used to differentiate the species within the groups were: texture, grain, vessel obstruction and brightness. Regarding the quantitative characteristics, all species present in the groups differed, except *E. longifolia*, *E. robusta* and *E. viminalis*. The anatomical characteristics that contributed the most to this differentiation were: frequency and height of rays, frequency and vessel diameter, length of perforation plates, length and thickness of the wall of fibers. In this way, the quantitative anatomical analysis proved to be effective in the identification of most species. However, the differentiation of some species is only possible due to a complementary analysis.

Keywords: Identification, similarity, wood anatomy.

1. INTRODUÇÃO

O grande número de espécies de *Eucalyptus* resulta em uma alta similaridade anatômica no lenho, o que dificulta uma distinção precisa entre elas. Desta forma, muitas espécies apresentam características anatômicas similares, o que dificulta a correta identificação da madeira. Conhecer as características e peculiaridades de cada espécie, é muito importante para o entendimento das propriedades e comportamento tecnológico da madeira. Neste sentido, a anatomia da madeira é uma ferramenta muito importante e indispensável, especialmente porque o gênero *Eucalyptus* apresenta um grande número de espécies.

Embora haja uma alta similaridade entre a anatomia qualitativa do lenho das espécies de eucalipto, a madeira apresenta de forma geral elevada heterogeneidade, resultante das variações morfológicas de seus elementos anatômicos. Assim, para a definição do uso mais adequado da madeira, torna-se primordial uma precisa identificação (TOMAZELLO FILHO, 1985a).

A colorimetria quantitativa é uma ferramenta que tem sido pouco utilizada para a caracterização da madeira. Trata-se de uma análise objetiva e eficaz para a mensuração da cor, descrevendo numericamente cada parâmetro que a compõe (ATAYDE 2011). Essa técnica, de acordo com Ribeiro (2009), pode ser utilizada para a identificação e qualificação da madeira. A cor é uma característica importante, embora tenha sido negligenciada na caracterização tecnológica da madeira. Os parâmetros colorimétricos, podem ser utilizados para agrupamento de espécies de acordo com a sua similaridade.

Desta forma, o objetivo deste capítulo foi caracterizar a cor e a anatomia da madeira 10 espécies de *Eucalyptus*, a fim de distingui-las através do emprego de técnicas multivariadas de agrupamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo do Material

As amostras, oriundas do cerne de 10 espécies de *Eucalyptus* (Tabela 1), utilizadas neste trabalho foram coletadas do acervo da Xiloteca do Departamento de Produtos Florestais – FPDw, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Tabela 1. Espécies analisadas com seus respectivos números de registros.

Table 1. Species analyzed with their respective registration numbers.

Espécie	Procedência	Nº de registro da xiloteca
<i>Eucalyptus saligna</i> Smith.	D. Federal	351
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith.	São Paulo	1498
<i>Eucalyptus viminalis</i> Labill.	São Paulo	1504
<i>Eucalyptus populifolia</i> Desf.	São Paulo	2291
<i>Eucalyptus longifolia</i> Linkl.	D. Federal	99
<i>Eucalyptus globulos</i> Labill.	São Paulo	2283
<i>Eucalyptus trauti</i> Vilm.	São Paulo	2292
<i>Eucalyptus robusta</i> Smith.	D. Federal	176
<i>Eucalyptus goniocalyx</i> F. Meuller	São Paulo	2314
<i>Eucalyptus acervula</i> Hook.	São Paulo	2311

Inicialmente as amostras foram polidas em uma sequência de lixas com granulometria de 80, 120 e 220 μm , para melhor visualização dos três planos de corte, afim de realizar as análises de colorimetria e anatomia macroscópica.

De cada amostra, foi ainda retirado uma amostra (1x1x2 cm) para obtenção dos cortes histológicos e realização das análises microscópicas. Seções a partir dos três planos de corte (transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial) de 16 μm de espessura, foram obtidos em Micrótopo de deslize *Carl Zeiss Hm 450*. As secções obtidas foram coradas com Safranina 1% afim de produzir lâminas semi-permanentes. O bloco remanescente foi dissociado seguindo a metodologia de Franklin (1945).

3.2. Determinação da cor através do sistema CIE-L*a*b*

A cor das madeiras das espécies selecionadas foi determinada segundo sistema CIE L*a*b*, seguindo a norma da *Commission Internationale de L'Eclairage - CIE* (1976).

A medição das coordenadas colorimétricas L*, a* e b* das 10 espécies foi realizada com o auxílio de um espectrofotômetro portátil CM 2600kd, utilizando um iluminante D65 e ângulo de observação de 10° com luz especular incluída a temperatura ambiente.

Para cada espécie foram realizadas 10 medições na superfície longitudinal de cada amostra. Após as medições, as variáveis foram transportadas para o programa de análise de cor Spectramagic™ da Konica Minolta e então exportados ao programa Excel (Microsoft Office) para as análises posteriores.

3.3. Anatomia qualitativa

A descrição qualitativa das espécies foi realizada através da caracterização macro e microscópica dos elementos anatômicos.

A descrição macroscópica foi realizada com o auxílio de lente (10x) seguindo os procedimentos estabelecidos pela Série Técnica nº 15 LPF/IBAMA (1991). Macroscopicamente, foram descritos: Caracteres Gerais (Textura; Brilho; Odor; e Gosto) e Anatômicos (Parênquima axial - tipo; Raio - abundância, tipo de célula, homogeneidade e estratificação; Vaso - tipo de placa de perfuração, presença pontuações intervasculares e raiovasculares, distribuição, arranjo, agrupamento e conteúdo).

3.4. Anatomia Quantitativa

A descrição anatômica quantitativa foi realizada através da mensuração dos elementos anatômicos de cada espécie, através da análise microscópica dos cortes histológicos e tecido dissociado (Tabela 2). As descrições foram realizadas seguindo as orientações propostas pelo IAWA Committee (1989).

Tabela 2. Indicação dos parâmetros celulares, material utilizado para confecção das lâminas e número de repetição por amostra.

Table 2. Indication of the cellular parameters, material used to make the slides and number of repetition per sample.

Parâmetro	Local de Medição
Comprimento da Fibra (μm)	
Espessura da Fibra (μm)	
Diâmetro Lúmen da Fibra (μm)	Macerado
Comprimento dos Vasos (μm)	
Pontoações Raiovasculares (μm)	
Placas de Perfuração (μm)	
Diâmetro tangencial dos Vasos	Plano Transversal
Frequência de Vasos/mm ²	
Altura Raios (μm)	
Largura Raios (μm)	
Nº de células (altura) dos Raios	Plano Longitudinal Tangencial
Nº de células (largura) dos Raios	
Frequência Raios/mm	

3.5. Análise dos dados

As análises estatísticas das variáveis descritas foram realizadas separadamente (parâmetros colorimétricos e variáveis anatômicas quali-quantitativas) no programa estatístico SPSS 15.0.

Inicialmente, por análise de escalonamento multidimensional (EMD), as espécies foram agrupadas de acordo com os caracteres colorimétricos, visando mapear as distâncias euclidianas entre as 10 espécies de *Eucalyptus spp.* Para tal, utilizou-se o algoritmo ALSCAL e realizou-se a investigação do EMD em duas dimensões.

A partir dos grupos formados pela cor, análises de *Two Step Cluster* foram realizadas com os dados anatômicos, primeiramente os qualitativos e depois os quantitativos. O agrupamento foi realizado segundo o Critério de Informação Bayesiana (BIC), utilizando como medida de distância a probabilidade de *log*. A significância das variáveis qualitativas dentro de cada cluster foi determinada por meio do teste de Bonferini do Qui-Quadrado, ao nível de 95% de confiança. Enquanto que, a significância das variáveis quantitativas foram obtidas pelo teste de T-Student, ao nível de 95% de confiança.

4. RESULTADOS

4.1. Coordenadas Colorimétricas

Todas as espécies apresentaram valores positivos para os parâmetros colorimétricos. De uma forma geral, todos os parâmetros apresentaram variação nas espécies. *E. globulus* (E6) apresentou o maior valor médio para luminosidade (L^*) e valores mais próximos à tonalidade verde, indicando menor valor da coordenada cromática a^* . O *E. acervula* (E10) apresentou o maior valor médio para a coordenada cromática a^* , sendo este mais próximo aos tons de vermelho e menor valor para luminosidade. Em relação à coordenada cromática b^* , o *E. saligna* (E1) apresentou o maior valor e *Eucalyptus resinifera* (E2) o menor valor para tal parâmetro (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros colorimétricos de cada espécie
Table 3. Mean values of the colorimetric parameters of each species

Coordenadas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
L*	60,92	49,96	55,20	44,62	62,57	62,80	55,80	52,16	58,80	43,84
a*	9,77	10,74	14,09	15,44	15,08	9,63	11,17	16,10	15,20	17,39
b*	24,17	18,34	23,43	18,87	23,39	23,64	20,93	22,83	22,74	19,44

Em que: L* = claridade; a* e b* = coordenadas cromáticas e Onde: (E1) *Eucalyptus saligna*, (E2) *Eucalyptus resinifera*, (E3) *Eucalyptus viminalis*, (E4) *Eucalyptus populifolia*, (E5) *Eucalyptus longifolia*, (E6) *Eucalyptus globulus*, (E7) *Eucalyptus trauti*, (E8) *Eucalyptus robusta*, (E9) *Eucalyptus goniocalyx* e (E10) *Eucalyptus acervula*.

4.2. Anatomia qualitativa da madeira de dez espécies de *Eucalyptus*

Todas as espécies apresentaram amostras com odor e gosto imperceptíveis, camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas, parênquima axial do tipo vasicêntrico, raios predominantemente unisseriados, finos, numerosos, homogêneos, com células procumbentes, vasos com arranjo diagonal, porosidade difusa, com placas de perfuração simples.

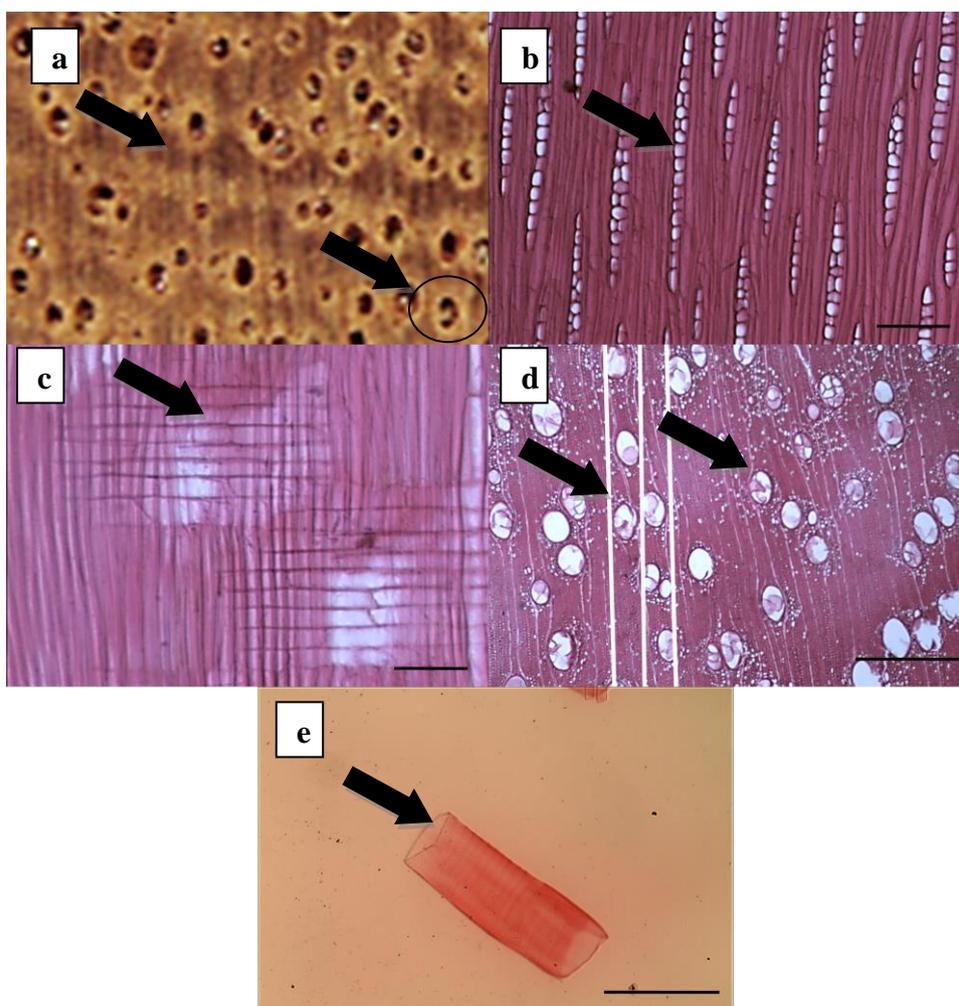


Figura 2. Caracteres qualitativos em comum para todas as espécies; (a) camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas e parênquima Axial do tipo vasicêntrico, (b) raios predominantemente unisseriados, finos, numerosos, homogêneo, (c) células procumbentes dos

raios, (d) vasos com arranjo diagonal, porosidade difusa e, (e) placas de perfuração simple. Barra de escala: 100µm

***Eucalyptus saligna* Smith.**

Caracteres Gerais: Textura média, brilho moderado, moderadamente liso ao tato, odor e gosto imperceptíveis.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** visíveis à olho nu, demarcadas por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** distinto sob lente sendo do tipo Paratraqueal vasicêntrico escasso, formando algumas vezes confluências curtas e oblíquas. **Raios** visíveis sob lente 10x, finos e numerosos, predominantemente unisseriados, com estratificação ausente. **Vasos** visíveis à olho nu, com porosidade difusa, arranjo diagonal, poucos, com frequência média 8,68/mm² predominantemente solitários ou múltiplos de 2, grandes, com diâmetro tangencial médio 157,53 µm, placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus resinifera* Smith.**

Caracteres Gerais: Textura média, brilho ausente, moderadamente lisa ao tato, odor e gosto imperceptíveis.

Descrição Macroscópica: **Camadas de crescimento** visíveis a olho nu, demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** distinto sob lente sendo do tipo paratraqueal vasicêntrico visíveis a olho nu. **Raios** não visíveis a olho nu, visíveis sob lente 10x, finos, numerosos, predominantemente unisseriados, com estratificação ausente. **Vasos** visíveis a olho nu, com porosidade difusa, arranjo diagonal, poucos, com frequência média 11,12/mm, predominantemente solitários ou escasso múltiplo de 2, médios, com diâmetro tangencial médio 165,87µm, placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, pontuações intervasculares areoladas, alternas e arredondadas, escassamente obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus viminalis* Labill.**

Caracteres Gerais: Textura média, brilho moderado, odor e gosto não perceptíveis na amostra, moderadamente lisa ao tato.

Descrição macroscópica: **Camadas de crescimento** visíveis a olho nu, demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima axial** distinto sob lente do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente, finos, numerosos, predominantemente unisseriados, com estratificação ausente. **Vasos** visíveis à olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, poucos, frequência média 9/mm² exclusivamente solitários, médios, com diâmetro tangencial médio 172,58µm, placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, pontuações intervasculares arredondadas, alternas e arredondadas, obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus populifolia* Desf.**

Caracteres gerais: Textura média, brilho ausente, moderadamente lisa ao tato.

Descrição Macroscópica: **Camadas de Crescimento** visíveis sob lente, demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** distinto sob lente do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente, finos, numerosos, predominantemente unisseriados com estratificação ausente. **Vasos** visíveis à olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, numerosos, com frequência média de 23,36/mm², predominantemente solitários,

pequenos, de diâmetro tangencial médio de 97,57 μm , com placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus longifolia* Linkl.**

Caracteres gerais: Textura média, brilho moderado, odor e cheiro não perceptíveis na amostra, moderadamente lisa ao tato.

Descrição macroscópica: **Camadas de crescimento** quando visíveis demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** visível sob lente, do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente, finos, numerosos, predominantemente unisseriados com estratificação ausente. **Vasos** visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, poucos, com frequência média 12,40/mm², exclusivamente solitários, médios, com diâmetro tangencial médio 103,31 μm , placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus globulus* Smith.**

Caracteres gerais: Textura fina, brilho acentuado, odor e gosto não perceptíveis na amostra, moderadamente lisa ao tato.

Descrição Macroscópica: **Camadas de Crescimento** pouco perceptíveis, demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** visível sob lente, do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente, finos, numerosos, unisseriados, não estratificados. **Vasos** visíveis à olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, poucos, com frequência média 14,99/mm², predominantemente solitários, médios, de diâmetro tangencial médio 114,04 μm , placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, obstruídos por tiloses .

***Eucalyptus trabuti* Vilm.**

Caracteres Gerais: Textura fina, brilho moderado, odor e gosto não perceptíveis na amostra, lisa ao tato.

Descrição Macroscópica: **Camadas de Crescimento** difícil visualização mesmo com lente, quando visíveis são demarcados por zonas fribrosas. **Parênquima Axial** visível somente sob lente, do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** pouco visíveis, mesmo sob lente, finos, numerosos, predominantemente unisseriados, não estratificados. **Vasos** visíveis somente com o auxílio de lente, porosidade difusa, arranjo diagonal, numerosos, de frequência média de 39,60/mm², exclusivamente solitários, pequenos, com diâmetro tangencial médio 58,14 μm , placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, não obstruídos.

***Eucalyptus robusta* Smith.**

Caracteres Gerais: Textura média, pouco brilho, odor e gosto não perceptíveis na amostra, áspera ao tato.

Descrição Macroscópica: **Camadas de Crescimento** visíveis a olho nu, demarcados por zonas fribrosas. **Parênquima Axial** visível sob lente, do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente, finos, numerosos, predominantemente unisseriados não estratificados. **Vasos** visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, com frequência média 5,24/mm², predominantemente solitários, médios, de

diâmetro tangencial médio 172,65 μm , placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, não obstruídos.

***Eucalyptus goniocalyx* F. Mueller**

Caracteres Gerais: Textura média, pouco brilho, odor e gosto não perceptíveis na amostra, lisa ao tato.

Descrição Macroscópica: Camadas de Crescimento visíveis sob lente, demarcados por zonas fibrosas. **Parênquima Axial** visíveis sob lente de 10x, do tipo paratraqueal vasicêntrico. **Raios** visíveis sob lente de 10x, finos, numerosos, predominantemente unisseriados, não estratificados. **Vasos** visíveis sob lente, porosidade difusa, arranjo diagonal, numerosos, com frequência média 23,04/mm², predominantemente solitários, pequenos, de diâmetro tangencial médio 82,13 μm , placas de perfuração simples, pontuações raiovasculares simples, obstruídos por tiloses.

***Eucalyptus acervula* Hook.**

Caracteres Gerais: Textura fina, brilho acentuado, odor e gosto imperceptíveis nas amostras, moderadamente lisa ao tato.

Descrição Macroscópica: Camadas de Crescimento visíveis sob lente 10x, demarcados por zonas fibrosas. Parênquima Axial visível somente com auxílio de lente 10x, tipo paratraqueal vasicêntrico escasso. **Raios** visíveis sob lente de 10x, finos, numerosos, predominantemente unisseriados, não estratificados. **Vasos** visíveis a olho nu, porosidade difusa, arranjo diagonal, numerosos, de frequência média 25,52/mm², exclusivamente solitários, pequenos, com diâmetro tangencial médio 88,54 μm , placas de perfuração, pontuações raiovasculares simples, não obstruídos.

4.3. Descrição anatômica quantitativa das espécies

As espécies estudadas apresentaram dimensões médias e proporções de elementos de vasos, fibras e raios variando para cada indivíduo. Em geral, os vasos apresentaram comprimento variando entre 52,65 μm e 556,75 μm , com diâmetros de 46,84 μm a 223,84 μm , e placas de perfuração com 41,30 μm a 326,66 μm ; Para as fibras, o comprimento variou entre 366,72 μm e 1666,62 μm , espessura de parede entre 1,52 μm e 8,06 μm , diâmetro do lúmen apresentou valores de 2, 57 μm a 23, 81 μm ; os Raios apresentaram altura de 43, 51 μm a 529,94 μm e largura entre 5,16 μm e 40,21 μm ; as pontuações raiovasculares apresentaram diâmetros de 1,97 μm a 9,39 μm , Os valores máximos, mínimos, médios e coeficiente de variância das características anatômicas quantitativas das 10 espécies, estão apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 4. Dados quantitativos das espécies estudadas. Para cada espécie são apresentados valores médios e desvio padrão.

Table 4. Quantitative data of the species studied. For each species, minimum, average, maximum and coefficient of variance are presented (continuous).

	Comprimento da Fibra (mm)	Espessura da Parede das Fibras (μm)	Diâmetro do Lúmen das Fibras (μm)	Comprimento de Vasos (mm)	Diâmetro tangencial de Vasos (μm)	Frequência de Vasos (vasos/ mm^2)	Altura dos Raios (μm)	Largura dos Raios (μm)	Nº de células raio (altura)	Nº de células raio (largura)	Frequência de raios (Raios/mm)	Diâmetro de pontoaçõesraiovasculares	Comprimento de Placa de Perfuração
<i>Eucalyptus saligna</i>													
Média	1244,76	4,95	7,57	318,11	157,53	8,68	183,62	23,19	8,84	1,24	5,20	6,68	94,73
Desvio Padrão	153,61	1,30	1,59	105,53	19,60	2,43	83,38	6,46	4,32	0,44	1,12	1,00	27,85
<i>Eucalyptus resinifera</i>													
Média	969,18	4,40	8,09	318,49	165,87	11,12	165,29	21,58	8,04	1,08	6,12	3,34	125,90
Desvio Padrão	111,32	1,07	1,90	99,15	24,39	2,07	86,42	4,72	4,83	0,28	1,56	0,80	9,95
<i>Eucalyptus viminalis</i>													
Média	894,55	3,80	8,36	144,31	172,58	9,00	232,71	20,68	9,64	1,24	5,84	5,90	113,40
Desvio Padrão	153,73	0,95	2,20	67,96	41,58	2,40	93,64	3,24	5,10	0,44	1,14	1,18	20,55
<i>Eucalyptus populifolia</i>													
Média	712,36	4,08	6,94	222,15	97,57	23,36	79,84	20,31	9,80	1,12	14,80	4,49	99,34
Desvio Padrão	93,51	0,85	1,94	78,15	17,25	4,18	21,20	5,93	4,29	0,33	3,40	1,72	20,79
<i>Eucalyptus longifolia</i>													
Média	971,02	3,99	9,99	280,67	103,31	12,40	189,90	17,34	9,64	1,04	6,40	6,51	144,49
Desvio Padrão	124,69	1,14	2,30	63,68	29,23	2,16	73,48	3,65	4,34	0,20	1,32	1,35	12,14
<i>Eucalyptus globulus</i>													
Média	1024,05	4,65	9,76	274,12	114,04	14,96	149,45	17,25	7,08	1,16	7,00	5,57	124,38
Desvio Padrão	162,90	0,82	2,55	63,51	21,98	1,95	37,13	4,45	2,55	0,37	1,35	1,79	18,33
<i>Eucalyptus trabuti</i>													
Média	618,35	3,90	5,40	179,69	58,14	39,60	127,08	10,81	9,28	1,00	7,72	4,64	91,03
Desvio Padrão	102,81	0,93	1,73	79,32	11,15	7,01	55,10	2,59	5,82	0,00	1,51	1,07	9,85
<i>Eucalyptus robusta</i>													
Média	1048,72	6,00	10,71	278,41	172,65	5,24	282,74	20,63	8,28	1,08	13,04	6,27	226,47
Desvio Padrão	184,10	1,17	4,07	119,33	24,80	1,92	89,89	4,79	3,63	0,28	2,03	1,38	45,88
<i>Eucalyptus gonicalyx</i>													
Média	847,85	3,56	7,06	189,71	82,13	23,04	168,43	18,49	9,20	1,08	7,04	5,57	130,99
Desvio Padrão	82,80	0,91	1,75	59,05	17,80	4,59	49,25	4,16	3,52	0,28	1,34	1,09	15,96
<i>Eucalyptus acervula</i>													
Média	743,73	4,32	5,04	255,80	88,54	25,52	163,93	18,58	8,44	1,36	7,56	5,77	166,32
Desvio Padrão	123,27	0,81	1,41	65,21	13,66	3,73	69,05	4,94	3,84	0,49	1,66	1,32	27,90

4.4. Agrupamento das espécies de acordo com os parâmetros colorimétricos

Na figura 2, observa-se que cada ponto no mapa perceptual representa as espécies, agrupadas de acordo com o sistema de classificação CIEL*a*b*. Os grupos formados são compostos por espécies com coordenadas colorimétricas aproximadamente semelhantes. O Escalonamento Multidimensional indicou o uso de duas dimensões para a análise realizada. Apresentou *Stress* perfeito para o ajuste dos dados e a qualidade do ajustamento foi confirmada pelo *RSQ*. O mapa perceptual explica 99,92% da variação dos dados da base colorimétrica.

De acordo com as distâncias geradas na análise, observou-se a formação de três grupos distintos. O primeiro formado pelas espécies *E. Populifolia* (4) e *E. Acervula* (10). O segundo pelas espécies *E. saligna* (1) e *E. globulus* (6), e o terceiro e não menos importante pelas espécies *E. robusta* (8), *E. viminalis* (3), *E. goniocalyx* (9) e *E. longifolia* (5). Posteriormente estes grupos foram analisados separadamente de acordo com suas características gerais e anatômicas (macro e microscópicas).

Para as espécies *E. resinifera* (2) e *E. trauti* (7) não foi observada a formação de grupos. Isso sugere que tais espécies distinguem-se das demais de acordo com os parâmetros colorimétricos.

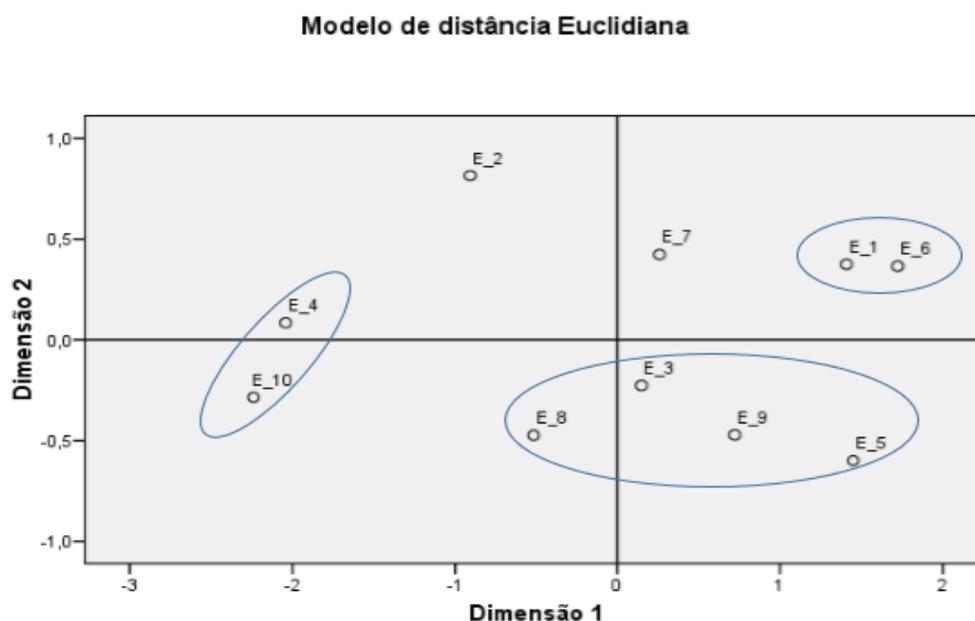


Figura 3. Representação gráfica das 10 espécies de *Eucalyptus* num espaço bidimensional. Onde: E_1 = *Eucalyptus saligna*, E_2 = *Eucalyptus resinifera*, E_3 = *Eucalyptus viminalis*, E_4 = *Eucalyptus populifolia*, E_5 = *Eucalyptus longifolia*, E_6 = *Eucalyptus globulus*, E_7 = *Eucalyptus trauti*, E_8 = *Eucalyptus robusta*, E_9 = *Eucalyptus goniocalyx*, E_10 = *Eucalyptus acervula*.

4.4.2. Agrupamento das espécies de acordo com características anatômicas

Para cada grupo de espécies formados a partir dos parâmetros colorimétricos, foi realizada uma nova análise Multivariada a fim de se diferenciar as espécies a partir das características anatômicas quali-quantitativas. Primeiramente, utilizaram-se os dados

das características gerais e macroscópicas da madeira e, em seguida, os dados das variáveis anatômicas quantitativas.

4.2.1.1. Análise de agrupamento das espécies *E. populifolia* (4) e *E. acervula* (10)

Caracteres qualitativos

A distribuição dos clusters indicou a formação de dois agrupamentos distintos, cada *cluster* possui 50% da totalidade dos dados analisados, ou seja, as espécies *E. populifolia* (4) e *E. acervula* (10) apresentam características qualitativas significativamente diferentes. Os caracteres gerais foram os mais relevantes para a formação destes grupos (Tabela 5).

As variáveis são apresentadas em ordem decrescente e sua importância na formação do *cluster* está em função da magnitude de suas significâncias. O cluster um corresponde à espécie *E. populifolia* (4) e o cluster dois corresponde ao *E. acervula* (10). As variáveis que mais contribuíram para a diferenciação entre elas foram: obstrução dos vasos, textura e brilho. De forma que *E. populifolia* apresentou vasos obstruídos por tilo, textura média e ausência de brilho, enquanto para *E. Acervula*, os vasos não apresentaram obstrução, textura fina e presença de brilho. Isso sugere que as duas espécies se diferenciam por suas características gerais (organolépticas).

Tabela 5. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 4 e 10.

Table 5. Significance of qualitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 4 and 10.

Variável	Cluster	
	1- <i>E. populifolia</i>	2- <i>E. acervula</i>
Obstrução de Vasos	***	***
Textura	**	**
Brilho	*	*
Odor	ns	ns
Gosto	ns	ns
Tipo de Parênquima	ns	ns
Estratificação dos Raios	ns	ns
Distribuição de Vasos	ns	ns
Arranjo de Vasos	ns	ns
Agrupamento de Vasos	ns	ns
Placas de perfuração	ns	ns
Pontoações Intervasculares	ns	ns
Pontoações Raiovasculares	ns	ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo, para o teste de significância do Qui-Quadrado.

Caracteres quantitativos

A tabela 6 apresenta o Cluster um composto pela espécie *E. populifolia* e o cluster dois formado pela espécie *E. acervula*, Cada *cluster* possui 50% da totalidade dos dados analisados. As variáveis de maior importância para a formação dos cluster foram: a altura de Raios, comprimento das placas de perfuração e frequência de raios (μm) (FIGURA 4).

Tabela 6. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 4 e 10.

Table 6. Significance of the quantitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 4 and 10.

Variável	Cluster	
	1 - <i>E. populifolia</i>	2 - <i>E. acervula</i>
Altura de Raios (μm)	***	***
Comprimento de Placas de Perfuração (μm)	**	**
Frequência de Raios (Raios/mm)	*	***
Largura de Vasos (μm)	ns	ns
Número de células de Raio (Altura)	ns	ns
Número de células de Raio (Largura)	ns	ns
Frequência de Vasos (Vasos/mm)	ns	ns
Diâmetro do Lúmen das Fibras (μm)	ns	ns
Espessura de Parede (μm)	ns	ns
Comprimento de Vasos (μm)	ns	ns
Comprimento de Fibras (μm)	ns	ns
Diâmetro de Pontoações (μm)	ns	ns
Diâmetro tangencial de Vasos (μm)	ns	ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo, para o teste de significância de Bonferiri T-Student.

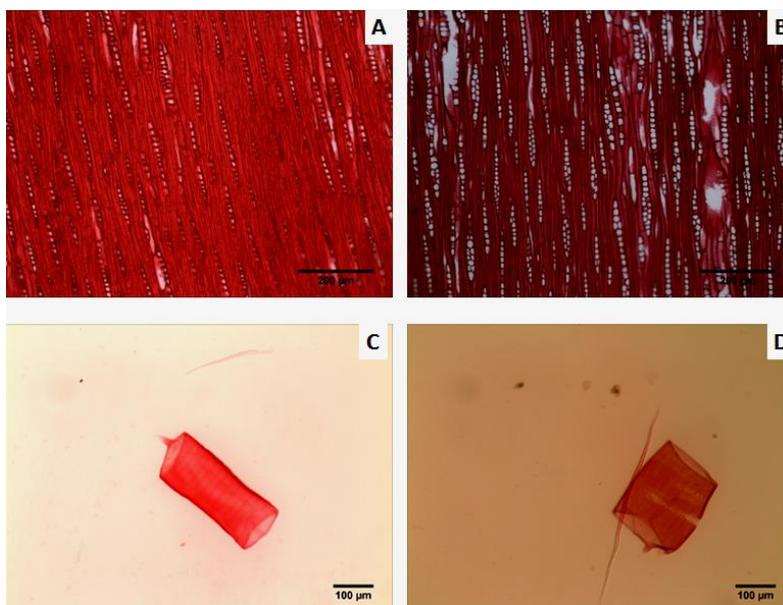


Figura 4. Anatomia comparativa das espécies 4 e 10, respectivamente. (A) (B) Altura de Raios e Frequência de Raios, (C) (D) Comprimento das Placas de Perfuração.

4.2.1.2. Análise agrupamento das espécies *E. saligna* (1) e *E. globulus* (6)

Caracteres qualitativos

O Cluster um é composto por *E. saligna* e o dois formado pelo *Eucalyptus globulus*, cada *cluster* possui 50% da totalidade dos dados analisados (Tabela 7).

Ambos caracterizam-se por terem como variável de maior contribuição para sua formação, a textura. A diferença se dá pelo fato de que *E. saligna* apresenta textura média e grã reta e *E. globulus*, textura fina e grã ondulada.

Tabela 7. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 1 e 6.

Table 7. Significance of qualitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 1 and 6.

Variável	Cluster	
	1- <i>E. saligna</i>	2- <i>E. globulus</i>
Textura	***	***
Brilho	**	**
Obstrução	Ns	Ns
Odor	ns	ns
Gosto	ns	ns
Tipo de Parênquima	ns	ns
Estratificação dos Raios	ns	ns
Distribuição dos Vasos	ns	ns
Arranjo dos Vasos	ns	ns
Agrupamento dos Vasos	ns	ns
Placas de perfuração	ns	ns
Pontoações Intervasculares	ns	ns
Pontoações Raiovasculares	ns	ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo, para o teste de significância de Bonferini do Qui-Quadrado.

Caracteres quantitativos

O *Eucalyptus saligna* compõe o *cluster* um, o *cluster* dois é formado pelo *Eucalyptus globulus*. As variáveis que mais contribuíram para a formação dos clusters foram: a frequência de vasos, diâmetro tangencial de vasos, comprimento de placas de perfuração, comprimento de fibras, largura de raios e frequência de raios (FIGURA 4).

Tabela 8. Significância das variáveis anatômicas quantitativas na segmentação dos clusters para as espécies 1 e 6

Table 8. Significance of quantitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 1 and 6

Variável	Cluster	
	1- <i>E. saligna</i>	2- <i>E. globulus</i>
Frequência de Vasos (Vasos/mm)	***	***
Diâmetro tangencial de Vasos (μm)	***	***
Comprimento de Placas de Perfuração (μm)	**	**
Comprimento de Fibras (μm)	*	*
Largura de Raios (μm)	*	**
Frequência de Raios (Raios/mm)	*	**
Diâmetro do Lúmen das Fibras (μm)	ns	ns

Número de células de Raio (Altura)	ns	ns
Altura Raios (μm)	Ns	Ns
Número de células de Raio (Largura)	ns	ns
Espessura de Parede (μm)	ns	ns
Largura de Vasos (μm)	ns	ns
Diâmetro de Pontações (μm)	ns	ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo, para o teste de significância de Bonferini T-Student.

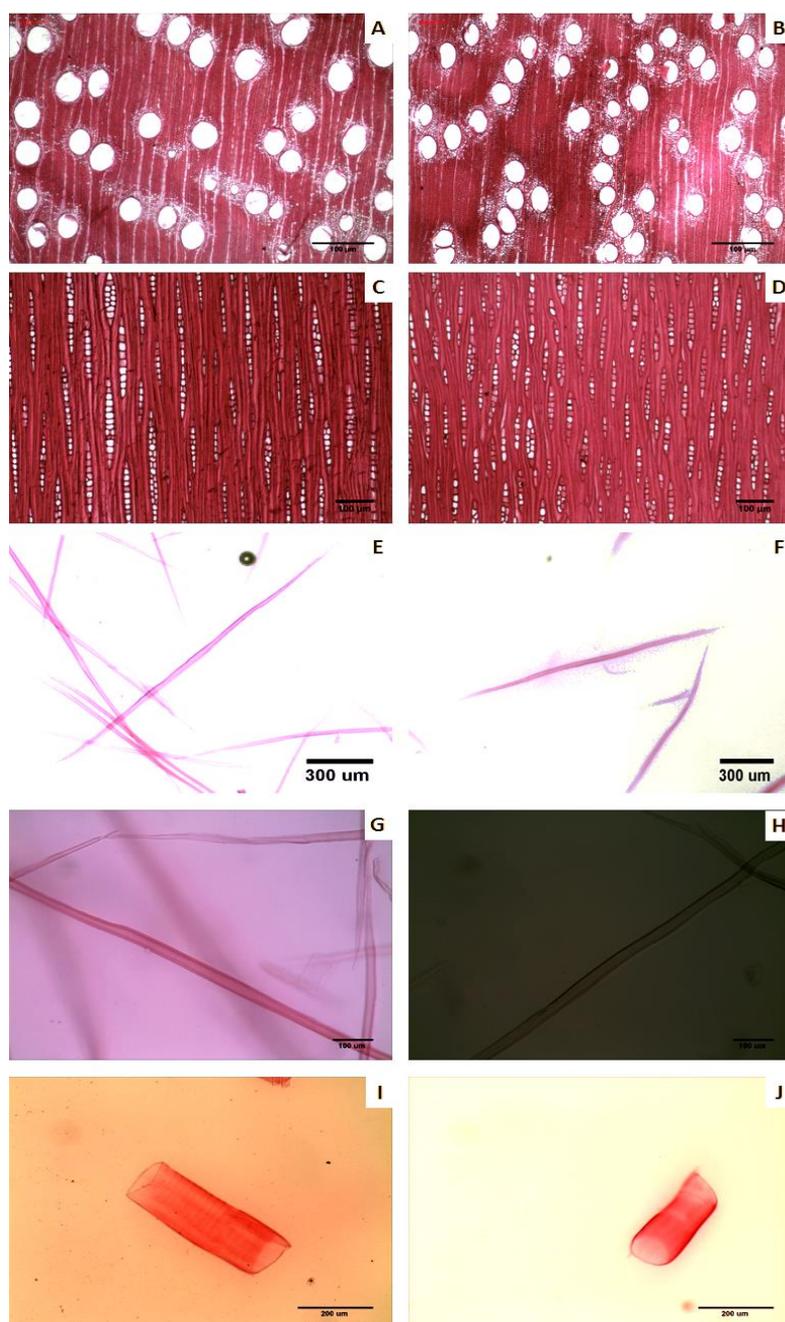


Figura 5. Anatomia comparativa das espécies 1 e 6. Onde; (A e B) correspondem ao diâmetro tangencial e frequência de vasos das espécies, (C e D) a largura e frequência de raios, (E e F) correspondem comprimento de fibras, e (G e H) diâmetro do lúmen das fibras (I e J) placas de perfuração.

4.2.1.3. Análise estatística das espécies *E. viminalis* (3), *E. longifolia* (5), *E. robusta* (8) e *E. goniocalyx* (9)

Caracteres qualitativos

Quando analisadas as características qualitativas das respectivas espécies, observa-se que cada cluster possui 25% da totalidade dos dados totais. As variáveis significantes têm comportamento que diferenciam dos *clusters* gerados na análise (Tabela 10).

No cluster um, formado pelo *E. viminalis* (3), a variável qualitativas que mais contribuiu para sua diferenciação foia presença de ontoações intervasculares. *E. longifolia* (5), pertencente ao *cluster* dois, tem como variável de maior relevância, a densidade. O *E. robusta* (8), espécie que compõe o *cluster* três, a variáveis que mais contribuem para a sua diferenciação foram Obstrução de vasos edensidade. Por fim, o cluster quatro, composto pelo *E. goniocalyx* (9), teve como variável mais importantes na diferenciação das demais espécies a densidade.

Tabela 9.Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 3, 5, 8 e 9.

Table 9. Significance of qualitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 3, 5, 8 and 9.

Variável	Cluster			
	1	2	3	4
Pontoações Intervasculares	***	ns	ns	Ns
Obstrução	**	**	**	**
Brilho	ns	ns	***	Ns
Textura	ns	ns	ns	Ns
Odor	ns	ns	ns	Ns
Gosto	ns	ns	ns	Ns
Tipo de Parênquima	ns	ns	ns	Ns
Estratificação dos Raios	ns	ns	ns	Ns
Distribuição dos Vasos	ns	ns	ns	Ns
Arranjo dos Vasos	ns	ns	ns	Ns
Agrupamento dos Vasos	ns	ns	ns	Ns
Placas de perfuração	ns	ns	ns	Ns
Pontoações Raiovasculares	ns	ns	ns	Ns
	Ns	Ns	ns	Ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo, para o teste de Bonferini do Qui-Quadrado.

Caracteres quantitativos

Quando analisadas as variáveis quantitativas das presentes espécies (Tabela 10), obteve-se a formação de dois clusters, sendo o primeiro formado pelo *Eucalyptus viminalis* (3), com 25% do total de dados. O Clusters dois é composto pelo *Eucalyptus longifolia* (5), *Eucalyptus robusta* (8) e *Eucalyptus goniocalyx* (9), com 75% da totalidade dos dados.

Quanto às variáveis de maior importância para a formação de cada *cluster*, observa-se que os caracteres que mais contribuíram para a formação dos clustes foram:

frequência de raios, comprimento das placas de perfuração, espessura da parede das fibras, frequência de vasos, diâmetro tangencial de vasos e altura de raios (FIGURA 6).

Tabela 10. Significância das variáveis anatômicas qualitativas na segmentação dos clusters para as espécies 3,5,8 e 9

Table 10. Significance of quantitative anatomical variables in the segmentation of clusters for species 3, 5, 8, and 9

Variável	Cluster	
	1- <i>E. viminalis</i>	2- <i>E. longifolia, E. robusta, E. goniocalyx</i>
Frequência de Raios (Raios/mm)	***	***
Comprimento de Placas de Perfuração (µm)	***	**
Espessura de Parede (µm)	**	**
Frequência de Vasos (Vasos/mm)	*	***
Diâmetro tangencial de Vasos (µm)	*	**
Altura de Raios (µm)	*	*
Comprimento de Fibras (µm)	ns	ns
Largura de Raios (µm)	ns	ns
Diâmetro do Lúmen das Fibras (µm)	ns	ns
Número de células de Raio (Altura)	ns	ns
Número de células de Raio (Largura)	ns	ns
Largura de Vasos (µm)	ns	ns
Diâmetro de Pontoações (µm)	ns	ns

Onde, ***= Muito Importante; **= Importante; * Pouco Importante e ns= Não Significativo

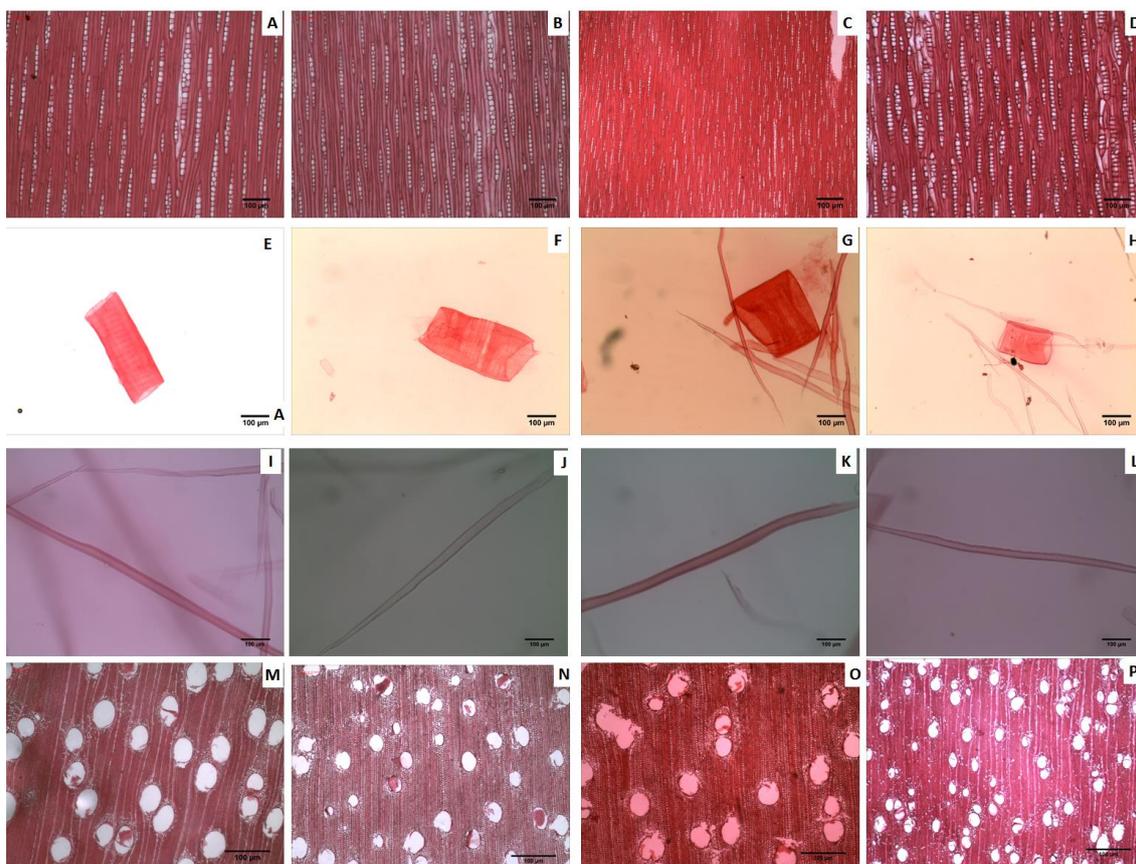


Figura 6. Anatomia comparativa das espécies 3, 5, 8 e 9. Onde: (A, B, C e D) correspondem a Altura e frequência de Raios, (E, F, G e H) comprimento das Placas de

perfuração, (I, J, K e L) correspondem ao diâmetro do lúmen das fibras e (M, N, O e P) frequência e diâmetro tangencial de vasos.

5. DISCUSSÃO

5.1. Colorimetria da madeira

Para todas as espécies, os valores das coordenadas a^* e b^* foram positivos, o que classifica as amostras no primeiro quadrante de cores no Sistema CIELAB 1976, padrão de comportamento esperado para coloração de madeiras (CAMARGOS, 1999).

Observou-se variação nos parâmetros colorimétricos para todas as espécies estudadas, indicando diferença entre as cores das madeiras dos indivíduos. Garcia (2014), utilizando a mesma técnica, encontrou diferenças na cor da madeira das espécies *E. pellita*, *E. paniculata*, *E. grandis* e *E. citriodora*, explicada conforme a variação densidade. As madeiras mais densas apresentaram no geral, cores mais escuras. O grupo formado pelas espécies *E. saligna* (1) e *E. globulus* (6) apresentaram maiores valores de Luminosidade (60, 92 e 62,80 respectivamente), indicando madeiras com cores mais claras dentre as analisadas. Além disso, tais espécies destacaram-se por apresentarem menores valores (9, 77 e 9,63 respectivamente) para a coordenada cromática a^* (pigmento vermelho) e valores extremos (24, 14 e 23, 63 respectivamente) para a coordenada cromática b^* .

As espécies *E. populifolia* (4) e *E. acervula* (10) correspondem ao grupo de espécies com madeiras mais escuras, apresentando menores valores (44, 62 e 43, 84) para coordenada L^* . Esse grupo apresenta valores extremos (15,44 e 17,39 respectivamente) para a coordenada cromática a^* (pigmento vermelho) e menores valores (16,44 e 19,44) para a coordenada b^* (pigmento amarelo).

O terceiro grupo, formado pelas espécies *E. viminalis* (3), *E. longifolia* (5), *E. longifolia* (8) e *E. goniocalyx* (9) apresentaram altos valores de luminosidade (55,20; 62,57; 52,16 e 58,80 respectivamente), indicando que estas espécies apresentam cores de médias à claras. A coordenada cromática a^* (pigmento vermelho) apresentou valores medianos (14, 09; 15,08; 16,10 e 15,20 respectivamente) quando comparados aos outros grupos, enquanto que a coordenada b^* (pigmento amarelo) apresentou valores extremos (23,43; 23,39; 22,83 e 22,74 respectivamente).

As variações entre as cores das madeiras podem estar relacionadas à composição química de substâncias presentes no xilema, como polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, dentre outras que conferem as cores no lenho das espécies. Além disso, as características anatômicas como camadas de crescimento, vasos, raios e tipos de parênquima axial, também podem influenciar na cor da madeira (MADY, 2000).

Mori et. al (2004), constataram que em clones de *Eucalyptus spp.* a característica que mais influenciou na cor da madeira foi o teor de polifenóis, que é o principal responsável pela claridade da madeira. Quanto maior é o seu teor, mais escura é a madeira, o que pode explicar a variação da cor encontra entre as espécies de *Eucalyptus* estudadas.

Analisando a colorimetria da madeira natural de *E. Grandis*, Griebeler (2013), encontrou valores para a Luminosidade de 70,44; para a coordenada cromática a^* o valor foi 11, 04 e para a coordenada b^* obteve-se 18,70. Tais valores encontram-se próximos aos obtidos para o grupo formado pelas espécies *E. saligna* (1) e *E. globulus* (6). Segundo Gierlinger et. al. (2004), a cor natural da madeira está ligada a fatores como a espécie, densidade, teor de umidade, teor de extrativos, estrutura anatômica, taxa de crescimento, idade da árvore e tratamentos silviculturais.

Assim como no presente trabalho, Martins et al. (2015) utilizaram a colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de 25 clones de *Eucalyptus spp* com base nas características cromáticas. Os clones foram separados em três grupos, demonstrando a similaridade da cor da madeira dos clones estudados. Isso denota a importância da técnica de colorimetria na classificação de espécies e peças de madeira para o mercado madeireiro, visando a homogeneização dos produtos, o que facilita sua comercialização.

A cor da madeira apresenta variação entre espécies, tornando-se uma ferramenta auxiliar à identificação. Entretanto, essas comparações devem ser realizadas com precaução, sendo necessárias muitas pesquisas, já que a cor pode variar de acordo com as condições climáticas do local de crescimento, densidade, teor de umidade, teor de extrativos, taxa de crescimento, idade da árvore, posição de amostragem na árvore e tratamentos silviculturais (GIERLINGER et al., 2004).

5.2. Anatomia da Madeira

As espécies analisadas apresentaram características anatômicas qualitativas usualmente descritas para a família das Myrtaceae e o gênero *Eucalyptus*.

Ao descrever a estrutura anatômica de clones de *E. grandis* e *E. saligna*, Alzate (2009) obteve características semelhantes às de *E. saligna*, *E. resinifera*, *E. viminalis*, *E. populifolia*, *E. robusta* e *E. gonicalyx* descritas no presente estudo: brilho moderado, gosto e odor imperceptíveis, macias ao corte, grã direita, textura média e camadas de crescimento demarcado por zonas fibrosas.

Alzate (2009), reportam que, as espécies de *Eucalyptus* apresentam madeiras com textura de média à fina. Os resultados mostraram que as espécies *E. saligna*, *E. resinifera*, *E. viminalis*, *E. populifolia*, *E. robusta* e *E. gonicalyx* apresentam textura média, enquanto *E. globulus*, *E. trautviti* e *E. acervula* apresentam textura fina.

A família das Mirtáceas é caracterizada por apresentar indivíduos com estrutura anatômica muito semelhante, tornando difícil a distinção de espécies através da sua constituição anatômica. As semelhanças são observadas principalmente quanto o arranjo diagonal dos vasos, predominantemente solitários, e camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas (BALDIN, 2017). Para Foelkel, (2009) o arranjo dos vasos é influenciado pelas condições de crescimento, ambiente e fator genético, no qual é o principal responsável pela forma em que os vasos estão arranjos no lenho.

Baldin (2017) encontrou para madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage as mesmas características obtidas para as espécies analisadas no presente estudo: Vasos predominantemente solitários e numerosos, com arranjo diagonal, porosidade difusa e parênquima paratraqueal vasicêntrico.

Apesar das espécies terem se diferenciado através das características qualitativas, foi necessário à realização de análise de agrupamento com os caracteres quantitativos, pois, a identificação de espécies através de suas características organolépticas, apresenta muita subjetividade devido às diferenças de sensibilidade entre observadores (ZENIDE, 2007). Burger e Richter (1991) apontam que somente a análise macroscópica não é suficiente para identificação de muitas espécies, o que requer análises ainda mais minuciosas.

Observou-se que uma das características mais relevantes para diferenciação das espécies, está relacionada aos vasos (frequência e comprimento). Segundo Souza (2004), existem variações na frequência e diâmetro tangencial dos vasos no lenho de diferentes espécies de *Eucalyptus*. Tais diferenças foram observadas por Oliveira (1997) ao analisar as madeiras de *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla*, *E. paniculata* e *E. pilularis*. As dimensões e a frequência dos vasos variam

com as espécies, com os clones e com as diferenças de ambientes em que crescem as árvores (FOELKEL, 2009).

Em geral, as espécies de *Eucalyptus* apresentam cerca de 3 a 25 vasos por mm² na seção transversal, ocorrendo muita variação entre as dimensões dos elementos de vaso. A maioria possui diâmetro entre 60 µm e 250 µm e comprimento entre 200 µm e 600 µm (FOELKEL, 2009). Todas espécies analisadas apresentaram frequência de vasos variando conforme a descrição do autor citado anteriormente. Em relação ao diâmetro dos vasos, somente o *E. saligna*, *E. resinifera*, *E. viminalis*, *E. robusta* e *E. populifolia* seguem esse padrão de variação. As demais espécies apresentaram intervalos diferentes, explicado pela maior ou menor frequência dos vasos. Os valores de comprimento de vasos encontrados para as espécies estudadas foram menores, em sua maioria, daqueles relatados na literatura (FOELKEL, 2009), com exceção do *E. resinifera*.

Tomazello Filho (1985) caracterizando oito espécies de *Eucalyptus* (*E. globulus*, *E. grandis*, *E. gummifera*, *E. microcorys*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. saligna* e *E. Triantha*) encontrou valores significativamente diferentes para a altura dos raios, o mesmo observado para as espécies como *E. saligna*, *E. pellita* e *E. grandis* (FLOESHEIM (2000); POUBEL (2011); OLIVEIRA (2012).

As variações observadas para o comprimento, diâmetro e espessura das fibras entre espécies pode ser explicada pela alta resistência mecânica do tronco e da copa das árvores de *Eucalyptus* resultado do alto teor de lignina na parede celular (SOUSA, 2004).

Através da análise de agrupamento, observaram-se diferenças significativas entre o *E. saligna* e *E. globulus*. A frequência e comprimento dos vasos, comprimento de fibras e altura de raios foram as variáveis responsáveis para a segmentação dos grupos, permitindo que as espécies fossem diferenciadas. Tomazello Filho (1985a) encontrou características diferenciais dos vasos, raios lenhosos e parênquima para as espécies *E. saligna* e *E. globulus*, que puderam distingui-las.

Diante das variações observadas entre a anatomia da madeira das espécies estudadas, reforça-se a importância do conhecimento e caracterização da madeira de *Eucalyptus*. Tais variações podem ter origens genéticas ou fisiológicas, que frequentemente são decorrentes do crescimento da árvore, fatores ambientais, ecológicos, fertilidade do solo, localização geográfica, tratamentos silviculturais e posição longitudinal da amostra. Em resposta aos fatores externos, as espécies adaptam seus processos fisiológicos de acordo com as condições ambientais, refletindo na atividade cambial e anatomia da madeira (RIGATO, 2004). Contudo, ainda existe uma associação dos fatores fisiológicos e genéticos que atua sobre a atividade cambial e na morfogênese do xilema secundário, podendo modificar, desta forma, a estrutura anatômica e as propriedades da madeira CARLQUIST (1975).

Apesar da identificação da anatomia ser um método confiável, algumas espécies podem apresentar características anatômicas e morfológicas muito similares, dificultando a diferenciação (GONZÁLEZ, 2002). Neste trabalho, observou-se uma similaridade muito grande entre a anatomia do lenho de *E. longifolia*, *E. robusta* e *E. Goniocalyx* que não permitiu a diferenciação entre elas. Desta forma, são necessárias análises completares para que isso seja possível.

Considerando que o gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies, o desenvolvimento de novas análises para sua diferenciação é de suma importância. Sugere-se a realização de estudos com marcadores fitoquímicos para identificação de espécies.

6. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos, pode concluir-se que:

A colorimetria não possibilita a diferenciação total das espécies, contudo auxilia no agrupamento e homogeneização da cor da madeira;

Embora muito subjetivos, os caracteres gerais permitem uma diferenciação entre algumas espécies;

É possível diferenciar a maioria das espécies de *Eucalyptus* por meio dos caracteres anatômicos quantitativos. Porém, devido à alta similaridade, as espécies *E. longifolia*, *E. robusta* e *E. goniocalyx* permanecem indissociáveis.

A frequência e altura de raios, frequência e diâmetro de vasos, comprimento e espessura da parede das fibras, são as variáveis anatômicas mais importantes para diferenciação de espécies de *Eucalyptus*.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZATE, A. B. S. **Caracterização da Madeira de Árvores de Clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis x urophylla***. 2004, 150p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) na área de Tecnologia de Produtos Florestais, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, Piracicaba.

ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011.

BALDIN, T.; MARCHIORI, C.N.J.; TALGATTI, M. Anatomia da Madeira de *Eucalyptus benthamii* maiden & Cambage, espécie promissora para o setor de Celulose no Sul do Brasil. **Balduinia**, n. 59, p.10-18, 30-VIII-2017.

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil**, 2002. Disponível em: <http://www.celuloseonline.com.br/imagembank/Docs/DocBank/dc/dc022.pdf> . Acesso em: 04/09/2017.

BURGER, M. B.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. [s.l.] Nobel, 1991.

CAMARGO, A.A.J.; A Colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma Tabela de Cores de Madeira. **Brasil Florestal**, Nº 71, 2001.

CAMARGOS, A.A.J. **Colorimetria quantitativa aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais**. 1999. 99 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z.; SPEGIORIN, L.; ROCHA, F. Variação da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* aos sete anos. **Revista Instituto Florestal**, v.12, n.2, p.179-191, 2000.

FOELKEL, C. **Eucalyptus online Book e Newsletter**, 2009. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>.

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

GARCIA, A.R.; OLIVEIRA, S.N.; NASCIMENTO, M.A.; SOUZA, D.N. Colorimetria de Madeiras dos Gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**. v. 20, n4, p. 509-517, 2014.

GIERLINGER, N.; JACQUES, D.; GRANDNER, M.; WIMMER, R.; SCHWANNINGER, M.; ROZENBERG, P.; PÂQUES, L.E. Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. *Trees*, Vancouver, v. 18, p. 102-108, 2008.

GONZÁLEZ, E. R. **Transformação Genética de *Eucalyptus grandis* e do Híbrido *E. grandis* × *E. urophylla* via *agrobacterium***. 2002. 93f. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas. Brasília, 1991. 85p.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. List of microscope features for hardwood identification. *IAWA Bulletin New Series*, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Genotypeenvironment interactions in wood basic density of *Eucalyptus* clones. **Wood Science and Technology**, New York, v. 34, n. 2000, p. 197-206, 2000.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira**: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. 212 p.

MORI, O.S.L.C.; LIMA, T.J.; TRUGILHO, F.P.; OLIVEIRA C.A. Influência das Características Tecnológicas na Cor da Madeira de Eucaliptos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, 2005.

OLIVEIRA, J. G. L. et al. Parâmetros Quantitativos da Anatomia da Madeira de Eucalipto que Cresceu em Diferentes Locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 559–567, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo: USP, 1997. 2v., 429p. Tese (Doutorado em construção civil, Escola Politécnica) Universidade de São Paulo, 1997.

PALERMO, M.P.G. **Propriedades e comportamento tecnológico da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden visando sua utilização em produtos de maior valor agregado**. 2010, 249p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

POUBEL, D. DA S. et al. Estrutura Anatômica e Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 117–126, 2011.

RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. 2009. 114 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SANTOS, S. R.; MARCHIORI, J. N. C. A classificação interna da tribo Myrteae, sob o ponto de vista da anatomia da madeira. **Balduinia**, n. 32, p. 17–34, 2011

SILVA, E.S.et al. Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Wood Science**. 6(1): 31-37. 2015.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002, 160p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), na área de Tecnologia da Madeira, pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2002.

SOUSA, L.C. - **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influencia na produção de polpa celulósica**. Tese (Pós graduação em Ciência Florestal) Departamento de Engenharia Florestal, UFV, Minas Gerais. 2004.

TOMAZELLO F. M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **ESALQ/USP**, Piracicaba, Departamento de silvicultura, n. 29, p. 25-36. 1985 a.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, v.29, p.37-45, 1985.

ZENIDE, J.G.; CECCANTINI, T.C.G. **Identificação Macroscópica de Madeiras**. Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo. 2007.

CAPÍTULO II

Fitoquímica da madeira como ferramenta para identificação de espécies anatomicamente semelhantes

RESUMO

O gênero *Eucalyptus* possui um grande número de espécies com características muito semelhantes, apenas uma identificação anatômica pode não ser suficiente para diferenciá-las, fazendo com que seja necessária uma metodologia que seja complementar e precisa para diferenciação entre espécies. O presente trabalho teve o objetivo de testar um método quimiotaxonômico com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos para diferenciar 10 espécies de *Eucalyptus*. As amostras foram retiradas do acervo da Xiloteca do Laboratório de anatomia da Madeira da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As análises químicas foram realizadas utilizando-se extração por solventes para quantificação dos extrativos e análise qualitativa por espectrometria de massa com ionização direta por Eletrospray (ESI-MS). Todas as espécies apresentaram perfis fitoquímicos distintos, e, apenas *E. longifolia* e *E. acervula* não apresentaram um marcador característico. Indicando que a técnica utilizada é eficaz para diferenciação de espécies anatomicamente parecidas.

Palavras Chave: marcadores fitoquímicos, extrativos, análises, madeira.

ABSTRACT

The genus *Eucalyptus* has a large number of species with very similar characteristics, only an anatomical identification may not be sufficient to differentiate them, being necessary a methodology that is complementary and precise for differentiation between species. The present work had the objective of testing a chemotaxonomic method based on distinct profiles of phytochemical markers to differentiate 10 *Eucalyptus* species. The samples were taken from the collection of the Xiloteca of the Wood Anatomy Laboratory, of Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. The chemical analysis were performed using solvent extraction for quantification of extractives and qualitative analysis by mass spectrometry with direct ionization by Eletrospray (ESI-MS). All species presented distinct phytochemical profiles, and only *E. longifolia* and *E. acervula* did not present a characteristic marker. Indicating that the technique used is effective for differentiation of anatomically similar species.

Keywords: phytochemical markers, extractives, analysis, wood.

1. INTRODUÇÃO

O Gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e compreende mais de 600 espécies. No Brasil podem ser encontradas mais de 400, das quais são utilizadas como matéria prima para fabricação de papel e celulose, energia, fabricação de móveis, construções, reflorestamento, fabricação de cosméticos, entre outros.

As espécies de *Eucalyptus* podem apresentar características anatômicas e morfológicas similares, em decorrência de alguns fatores como o cruzamento natural, formando híbridos de parentesco indeterminado, dificultando sua identificação. (GONZÁLEZ, 2002). Outro fator relacionado ao gênero *Eucalyptus* é a existência de clones, devido ao melhoramento genético. Tais semelhanças causam dificuldade na identificação correta destas espécies.

Uma ferramenta interessante e ainda não muito utilizada para o auxílio à identificação de espécies é o conhecimento da química da madeira. A identificação dos compostos presentes nas madeiras pode ser utilizada para diferenciação de espécies através da realização de um método quimiotaxonômico com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos. Segundo Kaplan e Gottlieb (1982) a investigação de grupos de substâncias químicas que apresentam significado como marcadores taxonômicos tem trazido resultados valiosos com respeito à classificação das plantas; e as considerações sobre evolução de determinados táxons (GOTTLIEB, 1989).

O metabolismo secundário das plantas origina compostos que não possuem uma distribuição universal, pois não são necessários para todas as plantas. A pesquisa fitoquímica tem por objetivos conhecer os constituintes químicos das espécies vegetais ou avaliar sua presença nos mesmos. Quando não se dispõe de estudos químicos sobre a espécie de interesse, a análise fitoquímica pode identificar os grupos de metabólitos secundários relevantes (SIMÕES, 2001).

A Espectrometria de massa por infusão direta (MS) usando eletrospray, já é um método aplicado para a caracterização efetiva de misturas complexas, incluindo extratos de produtos naturais (FASCIOTTI, 2015). Trata-se de um método quimiotaxonômico de madeira com base em perfis distintos de marcadores fitoquímicos. Desde seu surgimento, ESI-MS tornou-se uma das técnicas analíticas mais poderosas e amplamente utilizadas. Dentre as vantagens de ESI-MS incluem alta sensibilidade e seletividade, facilidade de uso, consumo reduzido de amostra e ampla variedade de substâncias que pode ser analisada, (DINIZ, 2011).

2. OBJETIVOS

O principal objetivo do presente trabalho é diferenciar 10 espécies de *Eucalyptus* através de íons correspondentes aos marcadores fitoquímicos da madeira.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os teores de extrativos totais das espécies.
- Analisar o perfil de marcadores fitoquímicos das diferentes espécies de *Eucalyptus* por espectrometria de massas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material Utilizado

As amostras, oriundas do cerne de 10 espécies de *Eucalyptus* (Tabela 1), utilizadas neste trabalho foram coletadas do acervo da Xiloteca do Departamento de Produtos Florestais – FPDw, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Tabela 11. Espécies analisadas com seus respectivos números de registros.

Table 11. Species analyzed with their respective registration numbers.

Espécie	Procedência	Nº de registro da xiloteca
<i>Eucalyptus saligna</i> Smith.	D. Federal	351
<i>Eucalyptus resinifera</i> Smith.	São Paulo	1498
<i>Eucalyptus viminalis</i> Labill.	São Paulo	1504
<i>Eucalyptus populifolia</i> Desf.	São Paulo	2291
<i>Eucalyptus longifolia</i> Linkl.	D. Federal	99
<i>Eucalyptus globulos</i> Labill.	São Paulo	2283
<i>Eucalyptus trarbuti</i> Vilm.	São Paulo	2292
<i>Eucalyptus robusta</i> Smith.	D. Federal	176
<i>Eucalyptus goniocalyx</i> F. Meuller	São Paulo	2314
<i>Eucalyptus acervula</i> Hook.	São Paulo	2311

3.2. Quantificação de Extrativos Totais

Para a análise dos teores de extrativos, foi retirada uma amostra de cada uma das dez espécies avaliadas nesse estudo. As análises foram realizadas no Laboratório de Celulose e Papel da Universidade Federal de Viçosa. Para a determinação dos teores de extrativos as amostras foram moídas em moinho Wiley para produção de serragem, que com granulometria diversa. A uniformidade granulométrica das amostras foi obtida submetendo-as ao peneiramento segundo a norma TAPPI T257 CM-02. A quantificação dos teores de extrativos foi realizada utilizando a série de solventes de etanol/tolueno (1: 2), etanol e água quente segundo a norma TAPPI T264 CM-07.

3.3. Análises ESI (ESI-QTOF):

As análises foram realizadas no Laboratório de Divisão de Metrologia e Qualidade do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Uma parte das amostras, foi triturada até uma granulometria de aproximadamente de 0,5 mm de partícula e armazenadas ao abrigo da luz, em seguida, foi pesada aproximadamente 10mg de madeira de cada indivíduo e armazenadas em tubos do tipo eppendorf com 400 µL de metanol (grau LC-MS, tedia Brasil). As amostras foram agitadas em agitadores do tipo vortex por 30 segundos e armazenadas por 30 minutos no escuro após agitação.

Após esse período, as amostras foram centrifugadas em centrífuga de tubos eppendorfs a 6000 rpm até decantar todo material sólido (Figura16):

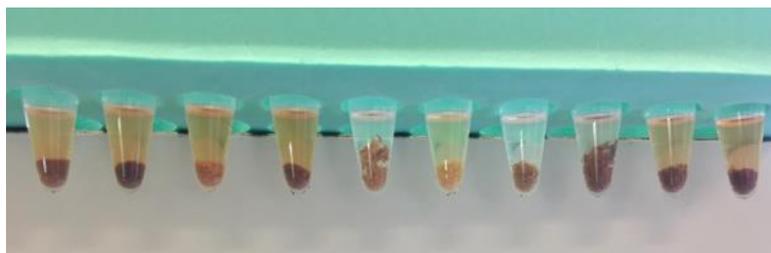


Figura 7. Amostras em tubo eppendorff para decantação.

De cada extrato das amostras foram retirados 100 μL de alíquota e adicionados em 900 μL de metanol contendo 0,1 mmol de bicarbonato de sódio, para promover a formação de íons de aduto de sódio em modo positivo, para o modo negativo foram acrescentados 900 μL de metanol contendo hidróxido de amônio, para facilitar a desprotonação dos analitos.

A solução final de cada amostra foi injetada diretamente na fonte ESI do equipamento, com o auxílio de uma bomba de seringa, a uma vazão de 5 $\mu\text{L}/\text{min}$. Os espectros, tanto em modo positivo ou negativo, foram adquiridos por 3 minutos a uma velocidade de aquisição de 1 scan/s, na faixa de m/z 50 a 1200. As amostras e as replicatas foram enumeradas e identificadas (Tabela 12).

Para a realização das análises, as amostras foram codificadas em ordem crescente e foram obtidas três replicatas para cada indivíduo (R1, R2, R3).

4. RESULTADOS

4.1. Quantificação de extrativos

Na Tabela 13 estão apresentados os valores médios para os extrativos totais das espécies analisadas. Os teores médios encontrados para as dez espécies variaram de 3,44 a 11,67%, onde *E. longifolia* apresentou menor teor e *E. viminialis* apresentou maior quantidade de extrativos presentes no lenho.

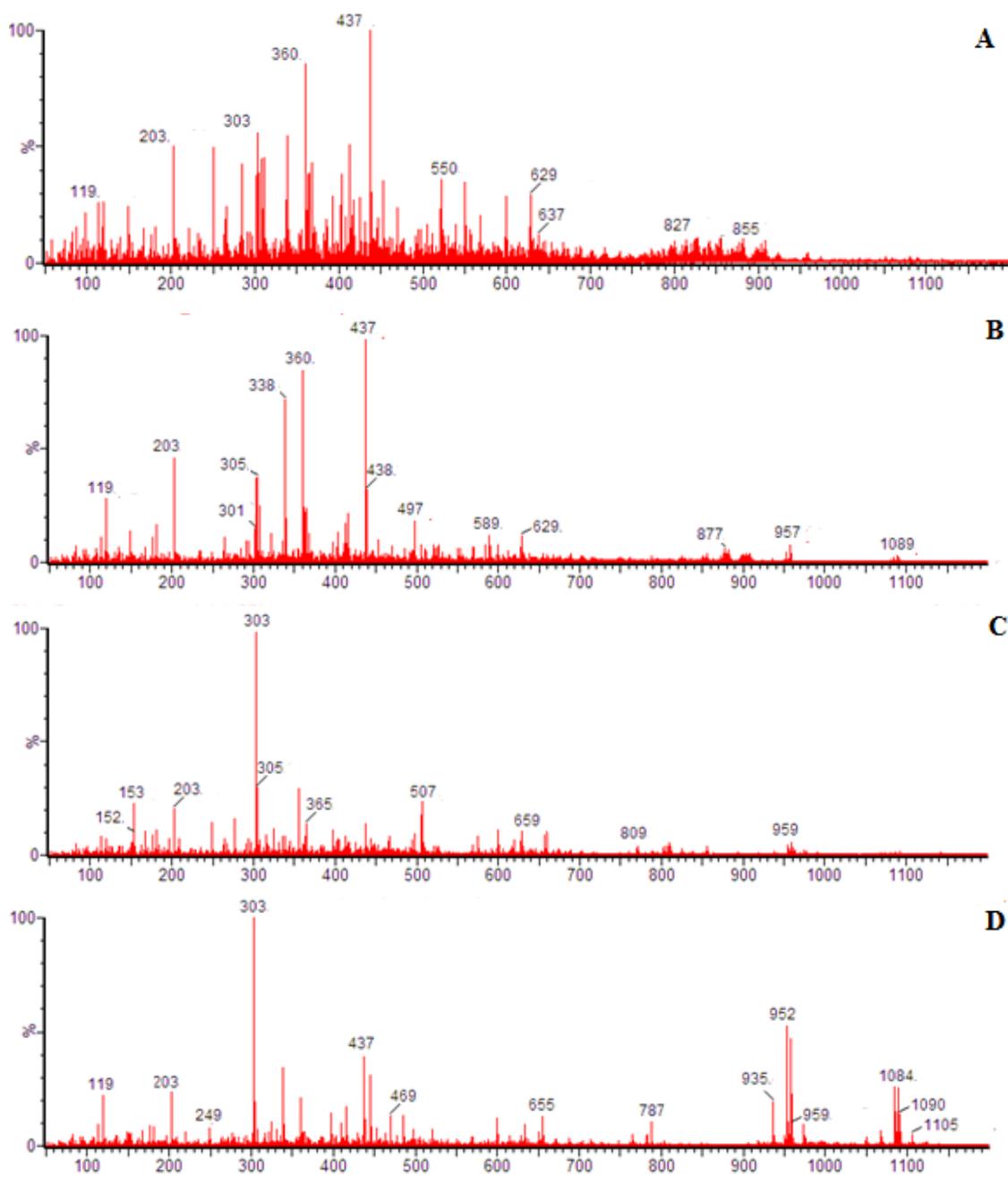
Tabela 12. Médias de extrativos totais presentes nas espécies analisadas.

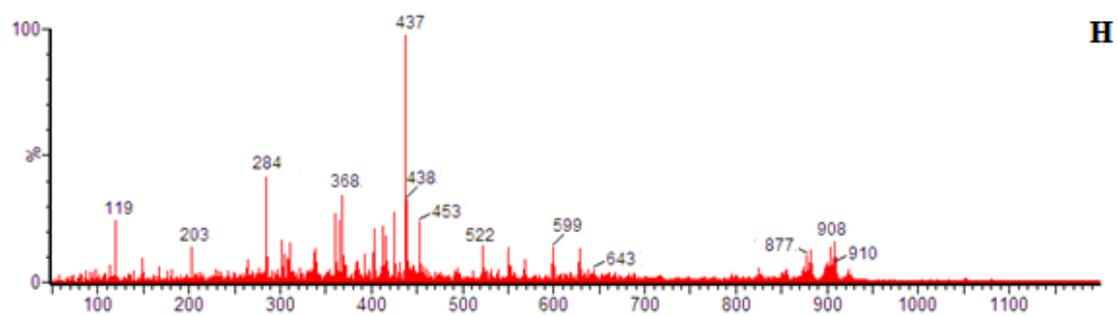
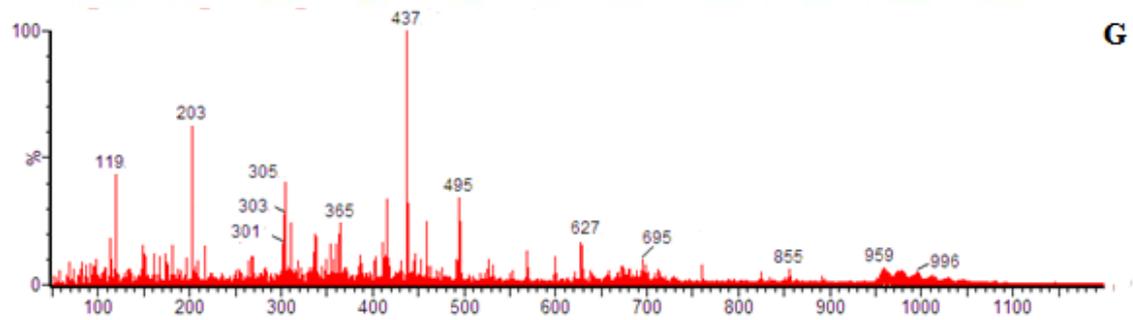
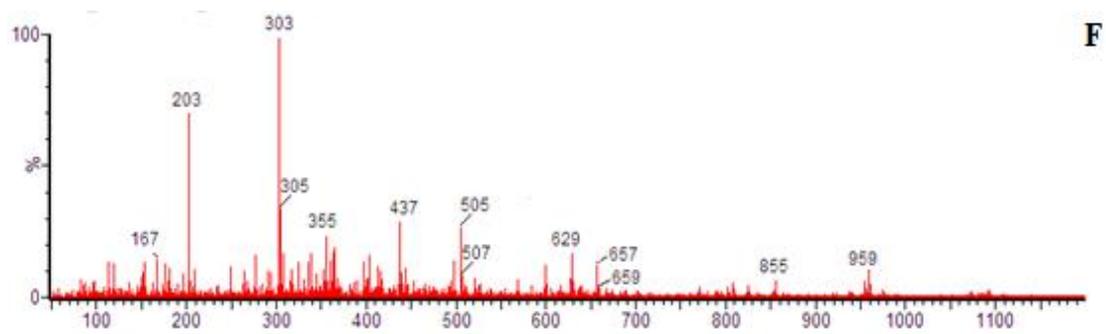
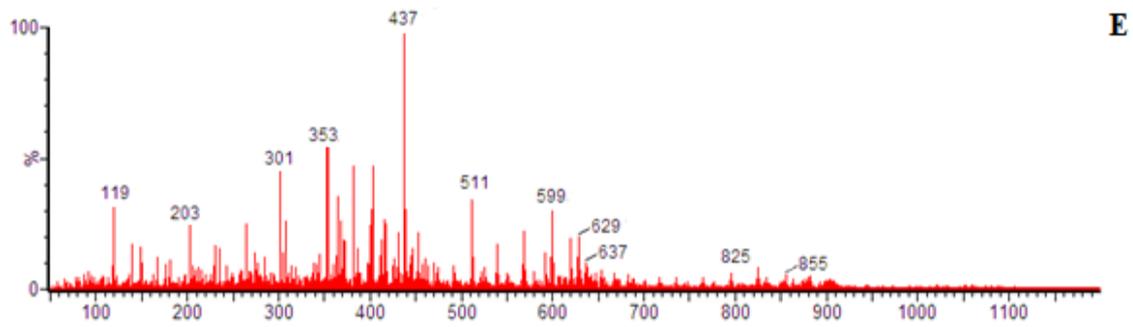
Table 13. Means of total extractives present in the analyzed species.

Espécie	Média (%)
<i>E. saligna</i>	4,49
<i>E. resinifera</i>	4,85
<i>E.viminialis</i>	11,67
<i>E. populifolia</i>	7,73
<i>E. longifólia</i>	3,34
<i>E. globulus</i>	10,31
<i>E. trabuti</i>	10,38
<i>E. robusta</i>	4,95
<i>E. goniocalyx</i>	6,4
<i>E. acervula</i>	8,86

4.2. Espectrometria de massas com íons em modo positivo

Na figura 17, estão mostrados ESI-QTOF (+) em modo positivo para os extratos das 10 espécies de *Eucalyptus* utilizadas no presente trabalho. A relação m/z encontrada para as espécies entre 119 e 1105.





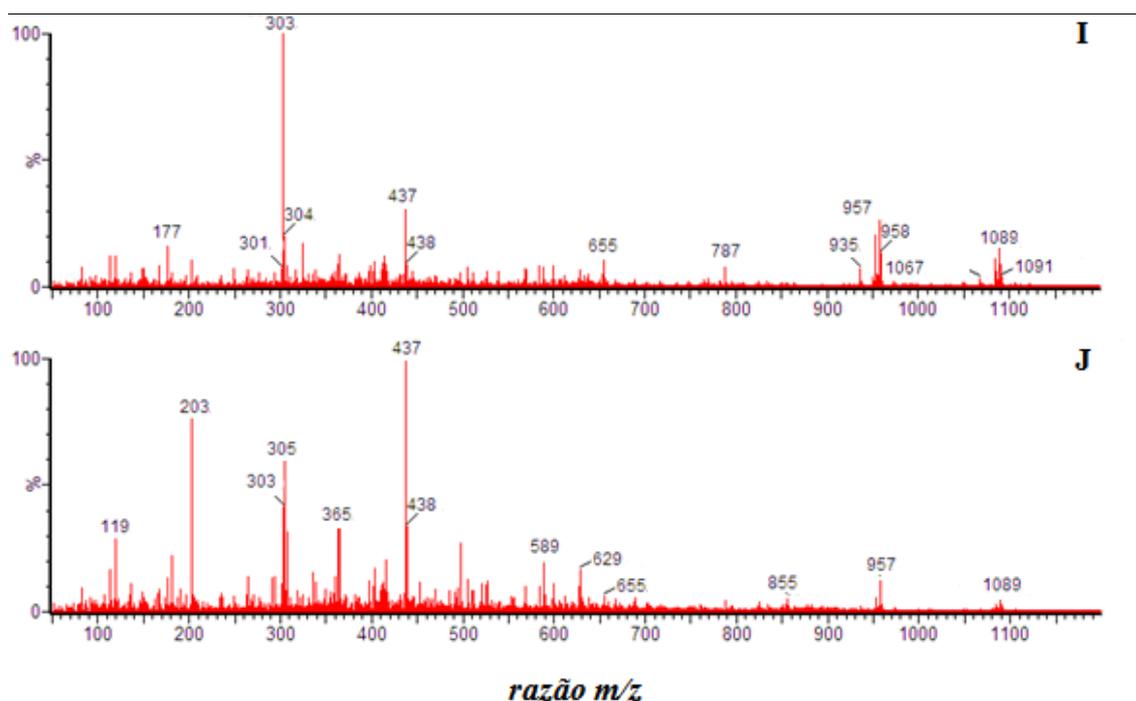


Figura 8. ESI (+) Espectro MS positivo dos extratos metanólicos para dez amostras das diferentes espécies analisadas. Onde: *Eucalyptus saligna* (A), *Eucalyptus resinifera* (B), *Eucalyptus viminalis* (C), *Eucalyptus populifolia* (D), *Eucalyptus longifolia* (E), *Eucalyptus globulus* (F), *Eucalyptus trabuti* (G), *Eucalyptus robusta* (H), *Eucalyptus goniocalyx* (I), *Eucalyptus acervula* (J).

5. DISCUSSÃO

5.1. Teor de Extrativos

Os extrativos são componentes oriundos do metabolismo secundário da madeira, considerados não estruturais, podendo desta forma, ser removidos (MILAGRES, 2009). Esses compostos são constituídos por terpenos, álcoois, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos alifáticos e fenóis de baixa massa molecular (LIMA et. al, 2007). Os teores de extrativos podem variar entre as espécies, tais variações podem ser explicadas enfocando-se em três fatores: fisiológicos, ecológicos e genéticos (SOUZA, 2008). A literatura reporta ainda, que natureza e a quantidade de metabólitos especiais produzidos durante o desenvolvimento do vegetal podem ser afetadas por fatores edafoclimáticos tais como pela radiação (alta ou baixa), temperatura (excessivamente elevada ou baixa), precipitação pluviométrica (alta, deficiente e seca total), ventos fortes e constantes, altitude, solo, época de coleta, entre outros (LARCHER, 2000; CALIXTO, 2001; GOUINUENÉ & TURLINGS, 2002).

Nesse estudo, foram utilizados series de solventes eficientes para remover extrativos polares e apolares, e também para quantificar os mesmos, pois os outros componentes majoritários da madeira (celulose, hemiceluloses, lignina e minerais) não são solúveis em meios contendo esses solventes à temperatura moderada e em sistemas não pressurizados. Observou-se variação entre os conteúdos de extrativos encontrados nas madeiras do cerne das diferentes espécies analisadas. Os teores médios encontrados

para as espécies variaram entre 3,66% a 11,67 %. Ao se comparar os valores encontrados nesse trabalho com os reportados na literatura, é importante observar que maiores ou menores teores dependem da finalidade a que se deseja para a madeira. Foelkel (2009) descreve para espécies de *Eucalyptus spp.* teores de extrativos variando entre 1,5 e 6%, para materiais genéticos destinados à produção de polpa celulósica. Para eucaliptos destinados a produção de energia por exemplo, os valores de extrativos reportados na literatura variam de 4 a 6% (TRUGILHO et. al, 2001). Ainda considerando somente espécies de folhosas, para Moreira (2016), tais compostos podem constituir até 8% do peso seco da madeira de espécies de clima temperado, podendo chegar a até 20% em madeiras de espécies de clima tropical.

Elevados teores de extrativos foram encontrados na madeira de *E. viminalis*, *E. populifolia*, *E. globulus*, *E. trauti* e *E. acervula*. Trugilho et. al, (2003), também observaram altos teores para extrativos em *E. grandis* e *E. saligna*, associando com a madeira de alta contração, densidade básica, indicando ainda, que os maiores teores de extrativos na madeira estão mais concentrados no cerne, para os dois clones avaliados o aumento no conteúdo de extrativos, especialmente de polifenóis, está relacionado ao processo de cernificação.

Moreira et.al., (2016) estudaram a variação dos teores de extrativos da madeira de *Eucalyptus urograndis*, *Eucalyptus urophylla* e *Tectona grandis*, encontrando para o cerne de *E. urograndis* um teor médio de 9,8% e *E. urophylla* 5,6% de extrativos. Indicando que o alto teor de extrativos encontrado explicou-se, pela perda da capacidade de transporte do cerne e com isso, deposição de extrativos nesta parte do lenho.

Silvério et. al (2006), ao avaliarem o teor de extrativos de *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e um clone de *Eucalyptus spp.*, encontrou 2,03%, 3,66% e 2,01%, respectivamente. Os valores encontrados pelo autor, foram inferiores aos das espécies do presente trabalho, exceto, *E. longifolia* que apresentou valores próximos aos de *E. camaldulensis*. De uma forma geral, os resultados obtidos para os teores de extrativos obtidos nesse estudo indicam que os materiais estudados estão dentro das faixas descritas na literatura, não sendo exceções, e podendo assim ser avaliados quanto a possíveis marcadores fitoquímicos.

6. Análises ESI (ESI-QTOF) em modo positivo

Segundo os dados obtidos pelos cromatogramas, foi possível observar 56 compostos oriundos dos extratos analisados. Os perfis dos extrativos em modo positivo foram de maneira geral, distintos para todas as amostras, porém uma característica em comum é que os mesmos íons parecem estar presentes em várias das amostras, mas em abundâncias relativas muito distintas.

Para os espectros obtidos no presente trabalho, foi encontrado um conjunto de íons com razão m/z variando de 119 a 1105. Para *E. dunnis*, quando submetido à mesma técnica, Mulhen et.al. (2008) reportam valores entre 481 e 996 m/z . Vazquez et.al. (2011), ao submeterem extratos metanólicos de *E. globulus* à análises, encontrou valores para relação m/z de 700 à 2030, para a mesma espécie, obteve-se valores entre 157 e 959 m/z .

A técnica ESI-QTOF não é quantitativa e, portanto, não foi possível obter informações quanto à abundância dos compostos. No entanto, foi realizada uma comparação das diferentes amostras, referindo-se as intensidades dos íons (relação m/z).

As análises detectaram a presença de um marcador fitoquímico similar para todas as espécies, sendo ele formado pelo o íon de razão m/z 437. Melo (2014)

descreveu tal íon como composto derivado de açúcar, mais precisamente, fragmento de sacarose (Figura 15). A sacarose é um dissacarídeo não redutor constituído de dois monossacarídeos, D-glicose e D-frutose, que está presente em todo o reino vegetal também sendo um dos principais carboidratos de baixa massa molecular para a síntese orgânica (FERREIRA, 2009). Por este motivo, é comumente encontrada em todas as espécies arbóreas.

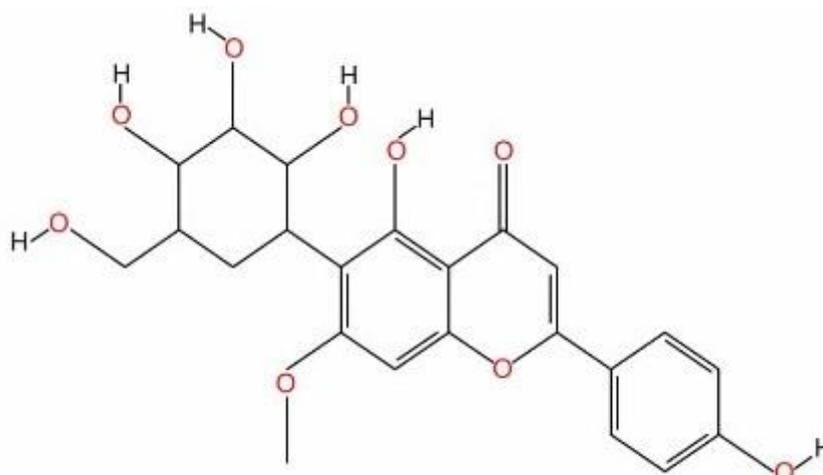


Figura 9. Sacarose, composto responsável pela formação do íon de m/z 437, através deVS-EASI (+) – MS.

O íon de 203 m/z foi encontrado em todos os extratos, exceto para o de *E. goniocalyx*. Vazquez (2006) descreveu tal íon como fragmento do composto nonanal (Figura 16). Comumente descrito na literatura como composto majoritário em mel de *Eucalyptus*. Além disso, estudando a presença de compostos orgânicos na defesa das plantas contra herbivoria, Pinto-Zevallos et. al. (2013), afirmam que as mesmas respondem ao ataque de insetos emitindo uma diversa quantidade de compostos voláteis, dentre eles, o nonanal.

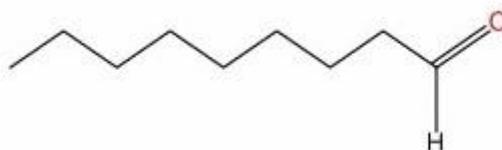


Figura 10. Nonanal, composto responsável pela formação do íon de m/z 203, através deVS-EASI (+) – MS.

As rotas dos metabólitos secundários são ativadas durante alguns estágios particulares de crescimento e desenvolvimento da planta ou em períodos de estresse causados por limitações de recursos ou ataque microbiológico (MANN,1987 citado por SANTOS, 2004). Desta forma, as espécies vão formando as substâncias de acordo com a necessidade apresentada.

Cada espécie de madeira analisada apresentou perfis característicos ESI (+) MS com conjuntos de marcadores fitoquímicos típicos. A diferenciação foi alcançada através da presença de íons marcadores que correspondem aos compostos presentes particularmente para uma espécie. Na Tabela 14, encontram-se as espécies e os íons responsáveis pela similaridade de cada perfil.

E. acervula, não apresentou íons exclusivos, porém, também não apresentou perfil semelhante a nenhuma outra espécie, sendo possível através da análise de ESI (+) MS a diferenciação entre elas.

Tabela 13. Marcadores Fitoquímicos de cada espécie, representados por íons

Table 14. Phytochemical markers of each species, represented by m / z ratio ions

<i>E. saligna</i>	550
<i>E. resinifera</i>	497
<i>E. viminalis</i>	152; 153
<i>E. populifolia</i>	249; 469; 952; 1084; 1090
<i>E. longifolia</i>	825
<i>E. globulus</i>	355; 505; 507; 675; 659; 167
<i>E. trabuti</i>	495; 695; 996
<i>E. robusta</i>	368; 453; 522; 908; 910; 284; 643
<i>E. goniocalyx</i>	177; 958; 1091; 1067

O íon de razão m/z 550 corresponde ao marcador exclusivo de *E. saligna* e, possivelmente está associado a Glicina ($C_2H_5NO_2$), composto pertencente à classe de aminoácidos. A principal função dos aminoácidos, incluindo a Glicina, está envolvida com o processo de crescimento da planta (TAIZ, ZEIGER; 2002).

E. resinifera apresenta um íon característico (497 m/z) correspondente a um fragmento pertencente à um sesquiterpeno ($C_{24}H_{34}O_{11}$) (EKANAYAKA et. al., 2015). Sendo um dos principais compostos terpênicos presentes nos óleos essenciais (VIEGAS JR., 2003). Segundo Amaral et. al. (2015), os sesquiterpenos costumam ser mais densos e menos voláteis, tendo muitas vezes funções de proteção como ação antimicrobiana e ação de fungitoxidade. O principal composto responsável pela diferenciação do *E. longifolia* (825 m/z) das demais espécies, também está possivelmente associado à um sesquiterpeno, este, de fórmula molecular $C_{36}H_{56}O_{21}$ (EKANAYAKA et. al., 2015).

E. viminalis apresentou os íons de 152 e 153 m/z, correspondentes a um fragmento de aldeído fenólico de fórmula molecular $C_8H_7O_3$ (PINÉ-QUIRANTES et. al., 2012), responsável pelo aroma de alguns óleos essenciais.

E. populifolia diferenciou-se das demais espécies através de um conjunto de íons, dentre eles, estão 249 m/z e 469 m/z que indicam a presença de compostos derivados de sesquiterpenos de fórmulas $C_{15}H_{21}O_3$ e $C_{30}H_{50}O_{15}$, (EKANAYAKA et. al., 2015). O íon de razão 952 m/z está associado ao álcool do tipo pentanol $C_5H_{12}O$, os íons de razão 1084 e 1090 m/z, podem também estar possivelmente associados à um álcool feniletanol de fórmula $C_{21}H_{20}O$, (MULHEN et. al., 2008).

Dentre os marcadores observados como típicos de *E. globulus*, estão os íons 505 e 507 m/z, os quais estão associados ao trissacarídeo do tipo rafinose $C_{18}H_{32}O_{16}$

(Shodex, 2018), responsável pela resistência das plantas ao estresse hídrico. O pico de razão 355 m/z , foi formado possivelmente por extratos de glucosídeo do tipo 6-C chromone glucoside isobiflorin ($C_{16}H_{18}O_9$), composto comumente descrito para espécies da família de Myrtaceae (GOODGER, 2016). Ainda segundo o mesmo autor, o pico de íon 167 m/z corresponde a um fragmento de glucosídeo de fórmula molecular $C_{22}H_{24}O_9$. Baseando-se em alguns trabalhos já realizados, os íons de picos 675 m/z e 659 m/z podem estar possivelmente associados à quetonas e aldeídos, porém, os mesmos não foram encontrados na literatura.

Dentre os marcadores de *E. trabuti*, está presente o Limonóide (495 m/z), composto da classe dos terpenos (CABRAL, 2012), tal classe de compostos, pode ter funções ecológicas especialmente como inibidores da germinação, na proteção contra predadores, na atração de polinizadores, na proteção contra a perda de água e aumento da temperatura, entre outras (DAYHOFF, 1987). O íon de 996 m/z possivelmente corresponde a um fragmento de compostos da classe dos aldeídos ($C_6H_{12}O$). Além deste, o pico de razão 695 m/z também foi identificado como marcador da espécie.

E. robusta, apresentou como marcador o íon de razão 453 m/z sendo este, um compostos possivelmente proveniente da classe dos triterpenóides ($C_{30}H_{50}$). O íon de razão 368 m/z , corresponde a um fragmento de ácido ferúlico (AMORIN, et. al, 2009). O cineole ($C_{10}H_{18}O$), também conhecido por eucalyptol, é um monoterpene que está presente na maioria dos óleos essenciais de *Eucalyptus*, tal composto é o possível o responsável para a formação dos íons 908 m/z e 910 m/z (MULHEN, et. al, 2008). O íon 522 m/z , é possivelmente composto por flavonoides, em especial a antocianina (CABRAL, 2010), tais compostos são conhecidos como pigmentos naturais, que possuem mecanismos de defesa e características antioxidantes. Os ácidos graxos constituem-se de ácidos monocarboxílicos, o íon de razão 284 m/z possivelmente é característico deste composto (CABRAL, 2010). Além destes, os e 643 também foram exclusivos para a espécie, porém, não foram encontrados na literatura.

E. goniocalyx também se distinguiu fitoquimicamente das outras espécies, para tal fato, apresentou o íon de razão m/z de 177, possivelmente formado por uma Monohexose composto, correspondente um açúcar de fórmula $C_{16}H_{12}O_6$ (EKANAYAKA et. al., 2015). O íon 958 m/z também foi responsável por diferenciar a espécie das outras, e está associado a um álcool de fórmula sugerida como $C_{10}H_{18}O$ (MULHEN et. al, 2008). os íons de razão m/z 1067 e 1091 também foram detectados, porém, não foram encontrados na literatura.

A identificação de alguns dos íons encontrados, já foi reportada na literatura (Tabela 15). No entanto, existem dificuldades para identificação de todos os compostos, que podem estar relacionadas a dois fatores principais: (i) efeito matriz ocasionado pela grande quantidade e complexidade dos compostos no extrato, o que causou uma interferência nos espectros de massas, (ii) e, falta de estudos na área de metabólica com espécies florestais (MELO, 2014).

Tabela 14. Compostos derivados identificados em extratos de *Eucalyptus* spp.**Table 15.** Derived compounds identified in extracts of *Eucalyptus* spp.

<i>m/z</i>	Composto	Classe	Fórmula Molecular	Literatura
996	2-(E)-hexenal, canfora	Aldeído	C ₆ H ₁₂ O	Mulhen, (2008)
959	Neral	Aldeído	C ₁₀ H ₁₆ O	Mulhen, (2008)
877	α-Selinene	Terpeno	C ₁₅ H ₂₄	Mulhen, (2008)
935	Ledol	Terpeno	C ₁₅ H ₂₆	Mulhen, (2008)
353	ácido hexanóico	Ácido Carboxílico	C ₆ H ₁₂ O ₂	Vazquez, (2006)
109	2- feniletanol	Álcool	C ₈ H ₁₀ O ₈	Vazquez, (2006)
167	5-methoxy-pinocembrin-7-O-glucoside	Glucosídeo	C ₂₁ H ₂₂ O ₉	Goodger, (2016)
305	ácido gluconico, pinitol	Álcool	C ₇ H ₁₄ O ₆	Melo, (2014)
301	ácido ellegic	Fenol	C ₁₄ H ₁₆ O ₈	Souza et. Al (2012)
284	Biochanin	Flavonóide	C ₆ H ₁₂ O ₅	Souza et. Al (2012)

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com a pesquisa realizada por Melo (2014), que afirma que as espécies de *Eucalyptus* são uma rica fonte de compostos biologicamente ativos, como compostos terpênicos e polifenólicos, seus óleos essenciais são principalmente compostos de monoterpenos, sesquiterpenos, P-tricetonas e acilfloroglucínóis.

Diante da pesquisa realizada, não foram observados estudos utilizando a técnica da espectrometria de massas para identificação de marcadores fitoquímicos com o intuito de contribuir na diferenciação de espécies. De forma geral, estes estudos objetivam conhecer os compostos químicos das espécies vegetais e avaliar sua presença nos mesmos, identificando grupos de metabólitos secundários relevantes (SIMÕES et al., 2004).

7. CONCLUSÕES

Os teores de extrativos variaram para todas as espécies. Foi possível identificar compostos que estão presentes em todas as espécies, indicando atividades metabólicas comuns a todas as espécies estudadas, bem como compostos que se mostraram presentes somente em determinadas espécies, indicando que estes podem ser potenciais marcadores fitoquímicos das mesmas. Ainda quanto aos diferentes compostos encontrados entre as espécies, estes variaram em números de 1 a 6 entre as espécies, a saber: *E. saligna* 1 composto (550 *m/z*), *E. resinifera* 1 composto (497 *m/z*), *E. viminalis* 6 compostos (249 *m/z*, 469 *m/z*, 152 *m/z*, 952 *m/z*, 1084 *m/z*, 1090 *m/z*), *E. longifolia* 1 composto (825 *m/z*), *E. globulus* 6 compostos (355 *m/z*, 505 *m/z*, 507 *m/z*, 675 *m/z*, 659 *m/z*, 169 *m/z*), *E. trautviti* 3 compostos (459 *m/z*, 695 *m/z*, 996 *m/z*), *E. robusta* 9 compostos (368 *m/z*, 453 *m/z*, 522 *m/z*, 908 *m/z*, 910 *m/z*, 1091 *m/z*, 1067 *m/z*, 214 *m/z*, 643 *m/z*), *E. gonicalyx* 2 compostos (177 e 958 *m/z*).

Dessa forma, foi possível concluir que marcadores fitoquímicos podem estar presentes nessas espécies. Ainda para esse grupo de espécies em específico, seria possível a identificação das mesmas por meios de componentes obtidos nesse estudo.

Um conjunto de marcadores fitoquímicos bem caracterizados pode ser utilizado para diferenciar espécies de *Eucalyptus*, contribuindo para uma identificação correta de espécies muito semelhantes.

8. CONCLUSÕES GERAIS

A identificação anatômica é eficiente na diferenciação de espécies, porém, quando se trata de indivíduos muito semelhantes, é necessária uma ferramenta de auxílio.

Recomenda-se a utilização de uma metodologia que auxilie a análise anatômica na diferenciação de espécies semelhantes.

A ESI-MS de um extrato metanoico de uma pequena amostra de madeira demonstrou fornecer uma maneira rápida e eficiente na diferenciação das espécies, contudo, são necessários estudos mais aprofundados sobre a técnica e aplicações para as espécies.

A utilização da anatomia da madeira acompanhada da identificação do perfil fitoquímico de espécies, mostra-se uma alternativa para identificação e diferenciação de espécies morfologicamente similares.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, L. P. et al. Seasonal Influence on the Essential Oil Production of *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 58, n. 1, p. 12-21, 2015.

AMORIN, L.A.; HOVELL, C.M.A.; PINTO, C.A.; EBERLIN, N.M.; ARRUDA, P.N.; PEREIRA, J.E.; BIZZO, R.H.; CATHARINO, R.R.; MORAIS FILHO, B.Z.; REZENDE, M.C. Green and Roasted Arabica Coffees Differentiated by Ripeness, Process and Cup Quality via Electrospray Ionization Mass Spectrometry Fingerprinting. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v. 20, Nº. 2, P313-321, 2009.

CABRAL, C.E.; **Utilização da Técnica de *Fingerprinting* por Espectrometria de Massas para a Análise de Extratos de Produtos Naturais**. 2010. Tese (Doutorado em Química Orgânica). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

CABRAL, E. C.; SIMAS, ROSINEIDE C. ; SANTOS, G. V. ; QUEIROGA, L. C. ; CUNHA, S. V. ; SÁ, G. F. ; DARODA, R. J. ; EBERLIN, M. N. . Wood typification by Venturi easy ambient sonic spray ionization mass spectrometry: the case of the endangered Mahogany tree. **Journal of Mass Spectrometry** . 47, p. 1-6, 2012.

CALIXTO, J.B. Medicamentos Fitoterápicos. In: Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna. 2001, Santa Catarina, Campus Chapecó, Argos- Ed. Universitária: UNOESC. 2001. p.297-315.

DAYHOFF, M. O., “Atlas of Protein Sequence and Structure”, **National Biomedical Research Foundation**, Washington, DC, 5, 351–352, 1987.

EKANAYAKA, P.A.E.; CELIZ, D.M.; JONES D.A. Relative Mass Defect Filtering of Mass Spectra: A Path to Discovery of Plant Specialized Metabolites. **Plant Physiology**. v167, p. 1221–1232, 2015.

FASCIOTTI, M.; ALBERICI, R.; CABRAL, C.; CUNHA, S.V.; SILVA, M.R.P.; DARODA, J.R.; EBERLIN, M. Wood chemotaxonomy via ESI-MS profiles of

phytochemical markers: the challenging case of African versus Brazilian mahogany woods. **Analytical. Methods**, 2015, ed7, p8576–8583

FERREIRA, F.V.; ROCHA, R.R. Potencialidades e oportunidades na Química da Sacarose e outros Açúcares. *Química Nova*, Vol. 32, Nº. 3, p623-638, 2009.

FOELKEL, C. **Eucalyptus online Book e Newsletter**, 2009. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>.

GONZÁLEZ, E. R. **Transformação Genética de *Eucalyptus grandis* e do Híbrido *E. grandis* × *E. urophylla* via *agrobacterium***. 2002. 93f. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, São Paulo.

GOODGER, D.Q.J.; SENERETI, L.S.; NICOLLE, D.; WOODROW, E.I. Foliar Essential Oil Glands of Eucalyptus Subgenus Eucalyptus (Myrtaceae) Are a Rich Source of Flavonoids and Related NonVolatile Constituents. **Plos One**. Michigan State University, United States. Março, 2016.

GOINGUENÉ, S.P. & TURLINGS, T.C.J. The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants. **Plant Physiology**, v.129, p. 1296-1307, 2002.

KAPLAN, M.A.C. & GOTTLIEB, O.R. 1982. Plant systematics and phylogeny. XVI. Iridoids as systematics markers in dicotyledons. **Biochem Syst. Eco.** 10: 329-347.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531 p.

LIMA, S.G.; MORAIS, L.A.S.; NASCIMENTO, A.E.; CHANG, R. Estudo dos Constituintes Macromoleculares, Extrativos Voláteis e Compostos Fenólicos da Madeira de Candeia – *Coquinia polymorpha* (less.) dc. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 145-155, 2007.

MELO, O.T. **Análise do Perfil de Metabólitos Polares em Tecido Foliar de *Eucalyptus spp.*** 2014, 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MILAGRES, R.F. **Avaliação da madeira de híbridos de *Eucalyptus globulus* com *E. grandis* e *E. urophylla*, para produção de Celulose, utilizando Espectroscopia NIR**. 2009. Dissertação (Mestrado em *Magister Scientiae*) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MOREIRA, L.E.; FAZION, H.; RIBEIRO, S.E. Variação dos Teores de Extrativos de três Espécies Florestais. **Biodiversidade** - V.15, N2, 2016 - pág. 163.

MULHEN, V.C.; ZINI, A.C.; CARAMÃO, B.E.; MARRIOTT, J.P. Comparative study of Eucalyptus dunnii volatile oil composition using retention indices and comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to time-of-flight and quadrupole mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**. 1200 (2008) 34–42.

PINÉ-QUIRANTES, R.; HERRERO, M.; CARRETERO, S.A.; GUTIÉRREZ, F.A. HPLC-ESI-QTOF-MS as a powerful analytical tool for characterizing phenolic compounds in olive leaf extracts. **Phytochemical Analysis**. P 27. 2012.

R. C. Pettersen, The Chemistry of Solid Wood, **American Chemical Society**, 1984, Ch 2, pp. 57–126.

SANTOS, R.I. C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P. de; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5º ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/ Editora da UFSC, 2004. p. 403-434.

SILVÉRIO, O.F.; BARBOSA, A.C.L.; GOMIDE, L.J.; REIS, P.F.; VELOSO, P.D. Metodologia de Extração e Determinação do Teor de Extrativos em Madeiras de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.1009-1016, 2006.

SIMÕES, C. M. O. *et. al.* Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3 ed. Porto Alegre: Ed. Da UFSC, 2001.

SIMÕES, C.M.O. et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFSC, 2004. 1102p.

SOUZA, D.N. **Identificação de Madeiras de clones de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e do híbrido *Eucalyptus urograndis* por RMN 13C**. 2008. 199p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

SOUZA, P.P.; SIEBALD, L.G.H.; AUGUSTI, V.C.; NETO, B.W.; AMORIN, M.V., CATHRARINO, R.R.; ERBELIM, N.M.; AUGUSTI, R. Electrospray Ionization Mass Spectrometry Fingerprinting of Brazilian Artisan Cachaça Aged in Different Wood Casks. **Journal of agricultural and food chemistry**. 2007, 55, 2094–2102.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. University of California, Los Angeles. 3 ed. 2002.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 066-080, 2003.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 114-201, . 2001.

VAZQUEZ, C.L.; MAROTO, D.C.; GUCHU, E.; COELHO, P.S. Analysis of volatile compounds of eucalyptus honey by solid phase extraction followed by gas chromatography coupled to mass spectrometry. **European Food Research and Technology** 2006, 224: 27–31.

VAZQUEZ, G.; FREIRE, S.M.; ANTORRENA, G.; ALVAREZ, G.J. Surface characterization of eucalyptus and ash wood veneers by XPS, TOF-SIMS, optic profilometry and contact angle measurements. **WIT Transactions on Engineering Sciences**, v. 72, 2011.