

**VOLUMETRIA E TEOR ALFA BISABOLOL
PARA A CANDEIA *Eremanthus erythropappus***

JOSÉ FABIO CAMOLESI

2007

JOSÉ FABIO CAMOLESI

VOLUMETRIA E TEOR ALFA BISABOLOL PARA A CANDEIA
Eremanthus erythropappus

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Economia, Planejamento e Manejo de Florestas para Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Camolesi, José Fábio.

Volumetria e teor de alfa bisabolol para a candeia *Eremanthus erythropappus* / José Fábio Camolesi. – Lavras : UFLA, 2007.
90 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.
Orientador: José Roberto Soares Scolforo.
Bibliografia.

1. Candeia. 2. Identidade de modelos. 3. Alfa-bisabolol. 4. Óleo essencial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.92

JOSÉ FABIO CAMOLESI

VOLUMETRIA E TEOR ALFA BISABOLOL PARA A CANDEIA
Eremanthus erythropappus

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Economia, Planejamento e Manejo de Florestas para Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 9 de março de 2007

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado UFPR

Prof. Dr. José Marcio de Melo UFLA

Prof. Dr. Antônio Donizete de Oliveira UFLA

Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

À vida una, minha companheira de todos os momentos Regina e à minha filha Maria Clara, pela presença, pelas “lições” de vida e pelos imensuráveis “sacrifícios” que me trouxeram até aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por confiar a mim o dom da vida!

Ao professor José Roberto Scolforo, pela orientação e confiança; pelo indispensável apoio nos momentos difíceis; pelo exemplo profissional e por sua dedicação sempre contagiante.

Ao amigo e professor Faustinho pelas conversas que ajudaram e ajudam, paciência e compreensão infinita, tão valiosa.

Ao professor Cláudio Thiersch pela colaboração, incentivo, amizade, paciência, torcida, compreensão e ajuda tão valiosa, e sempre tão pronta.

Ao professor José Marcio de Mello pela amizade, incentivo, e colaboração.

Ao professor Antonio Donizette de Oliveira, pela orientação, pelos ensinamentos e pela amizade.

A minha mulher e minha filha pelo amor, compreensão, amizade e apoio na travessia do grande lago.

As minhas amadas irmãs: Marina e Eliane; pelos incentivos e pelas críticas tão valiosas e por serem meus exemplos de caráter, dignidade e trabalho.

Aos meus sobrinhos: Daniel e Giovane por serem meus amigos e companheiros.

A amiga Aninha pela inestimável presença carinho e atenção nesta jornada.

Ao amigo Leandro “Grande” pela inestimável ajuda em momentos difíceis, pois são nestes que se constroem as grandes amizades valeu!

Aos alunos de graduação que participaram da coleta de dados e foram mais que companheiros nesta empreitada e também pela amizade e convivência.

Ao pessoal do Manejo: Hermógenes, Daniela, Fred, Maria Zélia, Dimas, Marcela, Luiz Antônio, Edmilson, Lucas, Luciano, Luis Fernando, Charles, Evandro, Beth, pelas horas de trabalho e amizade.

À Gláucia pela amizade e ajuda sempre tão pronta e importante!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMO GERAL.....	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral	2
2 Referencial Teórico	5
2.1 Descrição de candeia <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish.....	5
2.2 Cubagem rigorosa.....	8
2.3 Experiências com modelagem na área florestal.....	12
2.4 Teste de identidade entre modelos.....	16
2.5 Óleos essenciais.....	20
3 Referências Bibliográficas	25
CAPÍTULO 2: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e número de moirões de candeia <i>Eremanthus erythropappus</i>	31
1 Resumo	32
2 Abstract	33
3 Introdução	34
4 Materiais e Métodos	36
4.1 Localização e caracterização das regiões de estudo.....	36
4.2 Amostragem e levantamento dos dados.....	37
4.3 Espessura de casca	39
4.4 Quantificação do volume real.....	40
4.5 Modelos para estimar o volume e a quantidade de moirões.....	42
4.6 Teste de identidade entre modelos.....	43
5 Resultados e Discussão.....	45
5.1 Precisão e acurácia dos modelos ajustados na estimativa dos volumes e número de moirões.....	45
5.2 Quantificação do volume, fator de empilhamento e número de moirões médio por classe de diâmetro	49
5.3 Teste de identidade entre modelos.....	53
6 Conclusões.....	59
7 Referências Bibliográficas.....	60
CAPITULO 3: Ajuste, seleção e teste de identidade para peso seco e rendimento de óleo e qualificação do óleo para candeia <i>Eremanthus erythropappus</i>	62
1 Resumo	63
2 Abstract.....	64

3 Introdução.....	65
4 Materiais e Métodos.....	66
4.1 Localização e caracterização da área.....	66
4.2 Levantamento dos dados e amostragem.....	67
4.3 Determinação da densidade.....	69
4.4 Extração do óleo bruto e determinação do teor de umidade dos cavacos	70
4.5 Modelos para estimar o peso de matéria seca e volume de óleo	71
4.6 Teste de identidade entre modelos.....	72
4.7 Qualidade do óleo da candeia	73
5 Resultados e Discussão.....	75
5.1 Densidade básica por classe de diâmetro e por região.....	75
5.2 Peso de matéria seca	78
5.3 Rendimento de óleo bruto	79
5.4 Equações para peso de matéria seca e volume de óleo bruto	82
5.5 Teste de identidade entre modelos.....	83
5.6 Qualidade do óleo bruto	85
6 Conclusões.....	88
7 Referências Bibliográficas.....	89

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2	Título	Página
TABELA 1	Informações sobre latitude, longitude, altitude média da área de coleta dos dados e área dos municípios	37
TABELA 2	Frequência das árvores cubadas, nas diferentes classes de diâmetro, em três municípios do estado de Minas Gerais.....	42
TABELA 3	Modelos ajustados para o volume de madeira e número de moirões	43
TABELA 4	Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de volumes e número de moirões	46
TABELA 5	Média das árvores de candeia cubadas, por classe de diâmetro, nos três municípios de estudo	52
TABELA 6	Resultado do teste de identidade, nível e forma para volume total com casca, entre todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3)	54
TABELA 7	Resultado do teste de identidade de modelo para volume total sem casca para as três regiões do estado..	56
TABELA 8	Resultado do teste de identidade de modelo para número de moirões, para as três regiões	57
Capítulo 3		
TABELA 1	Informações sobre latitude, longitude, altitude média da área de coleta dos dados e área dos municípios	67
TABELA 2	Frequência de árvores a serem cubadas nas diferentes classes de diâmetro, nos três municípios do estado de Minas Gerais.....	68
TABELA 3	Modelos a serem ajustados para peso seco e quantidade de óleo por classe de diâmetro	72
TABELA 4	Valores médios da densidade por altura e por classe de diâmetro, da densidade média ponderada e densidade média da casca para as três regiões de estudo.....	77
TABELA 5	Informações médias de peso de matéria seca por árvore,	79

	por classe, para os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto	
TABELA 6	Informações da árvore médias por classe de diâmetro e por região de estudo para a variável rendimento de óleo bruto, em porcentagem e quilograma	81
TABELA 7	Equações para estimar o peso seco e o rendimento de óleo para a candeia, nos municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto	82
TABELA 8	Resultado do teste de identidade, nível e forma para peso de matéria seca, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3)	84
TABELA 9	Resultado do teste de identidade, nível e forma para rendimento de óleo bruto, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3)	85
TABELA 10	Resultado do teste de identidade, nível e forma para rendimento de óleo bruto, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3)	87

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1	Título	Página
FIGURA 1	Xilômetro utilizado para a obtenção de volume (Scolforo & Thiersch, 2004)	10
FIGURA 2	Representação gráfica de algumas situações possíveis de ocorrência de modelos de regressão linear simples, para ilustrar a comparação entre equações de regressão (Weisberg, 1985)	17
FIGURA 3	Fórmula estrutural do α -(-)-bisabolol (Wikipédia, 2006)	22
Capítulo 2		
FIGURA 1	Localização espacial da área de ocorrência da candeia no estado de Minas Gerais e a distribuição dos municípios onde foram coletados os dados	36
FIGURA 2	Esquema de coleta de dados nas árvores cubadas	39
FIGURA 3	Distribuição gráfica de resíduos para as variáveis estimadas	48
FIGURA 4	Comportamento das variáveis volume total com e sem casca, número de moirões e fator de empilhamento	53
Capítulo 3		
FIGURA 1	Localização espacial da área de ocorrência da candeia no estado de Minas Gerais e a distribuição dos municípios onde foram coletados os dados	66
FIGURA 2	Esquema de coleta de dados das árvores	68
FIGURA 3	Distribuição gráfica dos resíduos para peso de matéria seca e rendimento de óleo bruto	83

RESUMO GERAL

CAMOLESI, José Fabio. **Volumetria e teor de alfa bisabolol para a candeia *Eremanthus erythropappus***. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

O presente estudo teve como objetivo ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do volume total, com e sem casca, número de moirões, peso seco e rendimento de óleo bruto para a espécie candeia *Eremanthus erythropappus* em três municípios de Minas Gerais. Definir fator de empilhamento por classe de diâmetro para a espécie, avaliar o comportamento da densidade básica da madeira e da casca e avaliar a qualidade do óleo obtido em cada região estudada. A base de dados foi composta de 174 árvores sendo estas distribuídas em seis classes de diâmetro, dentro das três regiões de estudo. A cubagem foi através do método do xilômetro, foram retirados discos nas alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial para determinação da densidade básica da madeira e da casca, nestes foi mensurado a espessura de casca. Foi avaliada também a quantidade e a qualidade do óleo extraído através do método de arraste a vapor. Foram ajustados doze modelos para estimar as variáveis volume total com e sem casca, número de moirões, peso seco e rendimento de óleo. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, desvio padrão da média e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo foi usado o método desenvolvido por Graybill (1976). O modelo selecionado para todas as variáveis testadas foi o de Spurr logaritmizado, o fator de empilhamento para o município de Delfim Moreira foi 1,44, para Aiuruoca foi 1,50 e para Ouro Preto foi 1,93. A densidade básica da madeira e da casca para os municípios foi respectivamente: Delfim Moreira 0,63 e 0,44 g/cm³, Aiuruoca 0,64 e 0,41 g/cm³ e Ouro Preto 0,68 e 0,49 g/cm³. O teste de identidade de modelos apresentou a possibilidade de agrupamento entre todas as regiões para as variáveis volume total com casca, para volume total sem casca, número de moirões e peso seco. Para a variável rendimento de óleo bruto o teste de identidade mostrou não haver possibilidade de agrupamento para nenhuma combinação entre as regiões de estudo. O rendimento de óleo em base seca e a qualidade do óleo (teor de α -bisabolol), em média foram respectivamente: Delfim Moreira 1,62% e 88,73%, Aiuruoca 1,12% e 88,92% e Ouro Preto 1,80% e 87,80%.

Palavras-chave: candeia, identidade de modelos, alfa bisabolol e óleo essencial.

Comitê Orientador: Prof. José Roberto Scolforo - UFLA (Orientador), Prof. José Marcio de Melo - UFLA.

GENERAL ABSTRACT

CAMOLESI, José Fabio. **Volumetry and alpha bisabolol percentage for the candeia *Eremanthus erithropappus***. 2007. 90 p. Dissertation (Master Science in Forestry) - Federal University of Lavras, Lavras.

This study aimed at fitting and select mathematical models for estimation of the total volume, with and without bark, number of fence posts, dry weight and oil yield for candeia trees (*Eremanthus erithropappus*) in three counties of Minas Gerais state as well as to define the stack factor per diameter class, the wood and bark basic density behavior, and the oil quality of each studied region. Data base were obtained from a scaling of 174 trees grouped in six diameter classes within the three study regions. The scaling was carried out using the xylometer method (water displacement technique). In order to determine the wood basic density and percentage of bark discs from 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height were collected. In addition, the quantity and the quality of the oil extracted by means of the steam distillation method were evaluated. Twelve models were fitted for estimation of the total volume, with and without bark, number of fence posts, dry weight and oil yield. The accuracy of the models was evaluated using the following statistics: coefficient of determination, mean standard deviation, and graphical residual analysis. The method developed by Graybill (1976) was used to test whether the same model could be used in the three studied regions. The Spurr logarithm model was selected as the best one for all tested variables, the stack factors were 1.44 for Delfim Moreira county, 1.50 for Aiuroca county and 1.93 for Ouro Preto county. The wood basic density and bark density were respectively 0.63 and 0.44 g/cm³ for Delfim Moreira, 0.64 and 0.41 g/cm³ for Aiuroca, and 0.68 and 0.49 for Ouro Preto. Considering the variables total volume, with and without bark, number of fence posts, and dry weight the Graybill test showed the possibility of using the same model for all regions whereas for the oil yield variable the Graybill test showed that there is no possibility of grouping. The average values for oil yield and oil quality (percentage of α -bisabolol) were respectively 1.62% and 88.73% for

Comitê Orientador: Prof. José Roberto Scolforo - UFLA (Orientador); Prof. José Marcio de Melo - UFLA.

Delfim Moreira, 1.12% and 88.92% for Aiuroca, and 1.80% and 87.80% for Ouro Preto.

Key-words: Candeia, Graybill test, Alpha bisabolol, Essential oils.

CAPÍTULO 1

1 Introdução Geral

A produção de óleo essencial, no Brasil, teve início em 1927, tendo como base o puro e simples extrativismo do pau-rosa (*Aniba rosaeodora*). Na época, a produção de óleo aproximou-se de 200 toneladas e, posteriormente, foi utilizado como matéria-prima para a indústria de perfumes, eternizado pela atriz Marilyn Monroe, que dizia dormir vestida apenas com algumas gotas de Chanel n°5.

Durante a Segunda-Guerra Mundial, a atividade passou a ser mais organizada, com a introdução de outras culturas para a obtenção de óleos de menta, laranja, canela sassafrás, eucalipto, capim-limão, patchouli, etc. Na década de 1950, se instalaram no país importantes empresas internacionais especializadas no aproveitamento de óleos essenciais para a produção de fragrâncias e aromas, destinadas às indústrias de perfumes, cosméticos, produtos alimentares, farmacêuticos e de higiene.

Os óleos essenciais são frações voláteis naturais, extraídas de plantas aromáticas que podem evaporar à temperatura ambiente. O conjunto dessas substâncias químicas voláteis, presentes nos óleos essenciais, é formado de classes de ésteres de ácidos graxos, mono e sesquiterpenos, fenilpropanonas, álcoois aldeídos e, em alguns casos, por hidrocarbonetos alifáticos, entre outros.

O estado de Minas Gerais é privilegiado por possuir em seu território vários biomas pouco explorados no aspecto de produtos não madeiráveis, como é o caso das essências nativas. Dentre as muitas essências de valor econômico, destaca-se a candeia, uma espécie arbórea pertencente à família das Asteraceae, frequentemente encontrada em áreas montano-campestres do estado.

A candeia (*Eremanthus erythropappus* Schult. Bip.) possui madeira extraordinariamente resistente ao ataque de cupins e bactérias, sendo, por isso,

utilizada como moirões, esteios, caibros, postes, tacos, dormentes e vigas. O óleo essencial extraído da candeia, cujo princípio ativo é o α -bisabolol, apresenta propriedades antiflogística, antibacteriana, antimicótica, dermatológica, de regeneração celular e espasmódica.

Devido à forte pressão exploratória a que a candeia está submetida, por apresentar uma gama variada de utilidades e aos escassos conhecimentos a respeito desta espécie até fins do século passado, a equipe do Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA) aprovou projeto junto ao Ibama/MMA, CNPq-PADCT-CIAME, Instituto Estadual de Florestas (IEF-MG) e Fapemig, para estudar o manejo sustentável de candeais nativos, assim como desenvolver sistemas de produção por meio de plantios.

Em relação à produção da fitomassa da candeia, existe um interesse muito grande na obtenção de dados que possibilitem o ajuste de equações volumétricas, de peso seco e de peso de óleo. O presente trabalho se insere no projeto candeia como mais um estudo que objetiva consolidar o conhecimento da espécie.

A candeia ocorre em diversas regiões do estado de Minas Gerais. Portanto, modelos para volumetria ou peso de óleo podem apresentar comportamentos diferenciados entre as regiões, o que impacta o manejo. Uma alternativa para amenizar este problema é a utilização de um método chamado teste de identidade entre modelos. Trata-se de uma técnica que permite comparar a possibilidade de vários modelos volumétricos ou de peso serem agrupados em um único modelo estatisticamente idêntico.

Considerando a importância econômica da espécie, para o mercado e, obviamente, para o meio ambiente, é necessário que se estabeleçam planos de manejo que tenham caráter sustentável e de responsabilidade social e econômica. A hipótese deste trabalho é a de que as variáveis preditoras possam

estimar de forma precisa as variáveis respostas e o teste de identidade entre modelos, o agrupamento das três regiões de estudo.

Portanto, a modelagem matemática para estimativa de volume e de peso seco é ponto chave para o desenvolvimento do manejo. Assim, o presente estudo foi organizado em três capítulos, da seguinte maneira: no capítulo 1 encontra-se o referencial teórico. No capítulo 2, os objetivos foram selecionar modelos matemáticos para estimar o volume total, com e sem casca e o número de moirões, em três municípios do estado de Minas Gerais, definir o fator de empilhamento por classe de diâmetro para a espécie e avaliar a possibilidade de agrupamento dos modelos matemáticos por meio do teste de identidade de modelos. No capítulo 3, os objetivos foram ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do peso seco e rendimento de óleo nas três regiões de estudo, avaliar a possibilidade de agrupamento dos modelos matemáticos por meio do teste de identidade de modelos, avaliar o comportamento da densidade básica da madeira e da casca e avaliar a qualidade do óleo obtido em cada região de estudo.

2 Referencial Teórico

2.1 Descrição da candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é classificada como pertencente à família Asteraceae e é uma espécie pertencente ao grupo ecológico das pioneiras, considerada precursora na invasão de campos (Carvalho, 1994). Espécie florestal de múltiplos usos, ela é utilizada predominantemente como moirão de cerca, devido à sua alta durabilidade e, também, na extração de óleos essenciais, cujo principal princípio ativo é o alfabisabolol, empregado na fabricação de medicamentos e cosméticos (cremes, bronzeadores, protetores solares, veículo para medicamentos, além de uso na profilaxia e cuidados da pele de bebês e adultos, entre outros).

O tronco tem casca grossa e cheia de fendas e, nos galhos mais novos, ela se torna menos rústica. As folhas são simples, opostas, com pilosidade cinérea (Chaves & Ramalho, 1996) e têm uma característica marcante, que é a dupla coloração, ou seja, são verdes e glabras na parte superior e, na parte inferior, possuem um tom branco, tomentoso e aveludado (Corrêa, 1931). As flores são hermafroditas e se apresentam em inflorescências de cor púrpura nas extremidades dos ramos (Araújo, 1944). As características das folhas e da inflorescência facilitam a identificação da espécie mesmo à distância.

Conforme Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC (1994), no ano de 1993, a candeia, na Estação Ecológica do Tripuí, começou a desenvolver seus botões florais em março. As flores abriram de maio a agosto e o pico de floração foi no mês de julho, quando alguns indivíduos já começaram a frutificar, apresentando o pico entre os meses de setembro e outubro, quando se inicia a dispersão de sementes ou aquênios. O fruto é do tipo aquênio, com superfície cilíndrica e com dez arestas, de cor pardo-escuro, com, aproximadamente, 2 mm de comprimento. Cada fruto contém uma só semente.

A madeira é branca ou acinzentada apresentando a grã mais escura (Corrêa, 1931). A densidade básica da candeia esta na faixa de 0,60 e 0,78 g/cm³, predominando entre 0,63 e 0,71 g/cm³ (Pérez, 2001).

Estudos desenvolvidos pela Universidade Federal de Lavras, no Departamento de Ciências Florestais, pelo grupo do Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF), em parceria com o Instituto Estadual de Florestas, no projeto intitulado Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais (2006), caracterizaram os aspectos fisionômico-estruturais do estado, dentre eles onde a candeia está inserida. Dentro das fisionomias florestais classificadas como densas mistas e semidecíduais, as árvores de candeia podem atingir de 4 metros a 25 metros de altura.

Os aspectos fisionômicos estruturais das florestas densas envolvem florestas com dossel superior a 4 m (no caso de florestas de altitude sobre solos rasos ou litólicos) e a 25 m de altura (em solos mais profundos), com árvores emergentes chegando a 40 m e sub-bosque denso; deciduidade inexpressiva (<20%) da massa foliar do dossel na época mais fria/seca; abundância de epífitas e samambaias e densidade variável de lianas a bambusoides (taquaras e bambus).

Para as florestas mistas, os aspectos fisionômicos estruturais são compostos por: dossel superior de 15 m a 25 m de altura, em que a maioria das árvores emergentes é composta, caracteristicamente, por araucárias; deciduidade inexpressiva (<20%) da massa foliar do dossel na época mais fria/seca e abundância de epífitas e samambaias.

Os domínios de florestas semidecíduais têm aspectos fisionômicos estruturais com dossel superior de 4 m (no caso de florestas de altitude sobre solos rasos ou litólicos) a 25 m de altura (em solos mais profundos), com árvores emergentes chegando a 40 m e sub-bosque denso; deciduidade intermediária

(20%-70%) da massa na época mais fria/seca; menor abundância de epífitas e samambaias quando comparada com as florestas ombrófilas e densidade variável de lianas e bambusoides (taquaras e bambus).

No projeto intitulado Inventário de Minas Gerais, desenvolvido pelo LEMAF/UFLA, há o relato de que a espécie *Eremanthus erythropappus* está entre as espécies com maior densidade relativa, dentro da fisionomia Campo Cerrado, com diâmetro à altura do peito (DAP) mínimo de 5 cm, médio de 7 cm e máximo de 15 cm. Dentre as espécies com maior densidade relativa na fisionomia Floresta Ombrófila, a candeia *Eremanthus erythropappus* apresentou diâmetro mínimo de 4 cm, médio de 13 cm e máximo de 50 cm.

Dentre as espécies com maior densidade relativa para a fisionomia Campo Cerrado, a candeia *Eremanthus erythropappus* apresentou altura mínima de 2 m, altura média de 4 m e máxima de 7m. Para a fisionomia Floresta Estacional Semidecidual, dentre as espécies com maior densidade relativa à candeia *Eremanthus erythropappus* apresentou altura mínima de 2 m, média de 6 m e máxima de 23 m. Para a fisionomia Floresta Ombrófila, dentre as espécies com maior densidade, a candeia *Eremanthus erythropappus* foi encontrada com altura mínima de 3 m, média de 7 m e máxima de 20 m.

Uma característica interessante dessa espécie é que ela se desenvolve em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente, em áreas com altitude entre 1.000 e 1.700 m. Enfim, a candeia se desenvolve em locais em que seria difícil a implantação de culturas agrícolas ou mesmo a implantação de alguma outra espécie florestal (Pérez, 2001). Este mesmo autor, trabalhando com o rendimento de óleo para a candeia, encontrou 1,00% de rendimento para a classe de valor central 7,5 cm; 1,11% para a classe de valor central 12,5 cm, 1,36 cm para a classe de valor central 17,5 cm; 1,06% para a classe de valor central 22,5 cm; 1,34% para a classe de valor central 27,5 cm e 1,36% para a classe de valor central 32,5 cm.

A sua abrangência é, predominante, em locais montanhosos, pedregosos com solo ruim, que não são impedimentos para o desenvolvimento da candeia. É muito comum encontrar grandes candeais em locais onde seria difícil o desenvolvimento de outra espécie arbórea ou de uma cultura agrícola.

Carvalho (1994) cita que a candeia ocorre na América do Sul, sendo encontrado no nordeste da Argentina, norte e leste do Paraguai e no Brasil. Pode encontrar a candeia, no Brasil, nos estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Carvalho (1994) cita outros estados nos quais também a candeia vegeta: Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e também no Distrito Federal. No estado de Minas Gerais é encontrada em Mariana, Ouro Preto, Juiz de Fora, Morro do Pilar, Carrancas, Caxambu e Aiuruoca.

2.2 Cubagem rigorosa

Apesar das similaridades que proporções do tronco têm com certos protótipos dendrométricos e todas as pesquisas realizadas nesta área da ciência florestal, persiste a dificuldade em ter-se o índice geratriz da paráboloide, inviabilizando, na prática, o uso de todo esse conhecimento teórico sobre a forma dos troncos. Em decorrência disso, pesquisadores florestais procuraram desenvolver outros métodos que pudessem atender acuradamente à necessidade prática do cálculo do volume dito real dos fustes. Os volumes reais têm sido obtidos, empregando-se um procedimento qualquer que seja capaz de proporcionar uma grande acuracidade do valor paramétrico do volume da árvore ou de parte dela. São valores obtidos com rigor e, por isso, às vezes, recebem também a denominação de volume rigoroso. Considera-se como valor paramétrico ou volume verdadeiro aquele obtido pelo método de deslocamento de água (xilômetro). Assim, as fórmulas e os métodos que resultem nos

denominados volumes reais são, na verdade, estimativa do volume verdadeiro (Machado & Figueiredo, 2003).

Scolforo & Thiersch (2004) fizeram algumas considerações a respeito da quantificação do volume real, em que uma série de volumes comerciais muito utilizados nas empresas florestais e no comércio diário de madeira estão intimamente relacionados.

Apesar das dificuldades desse método, o xilômetro tem sido, algumas vezes, empregado na prática, principalmente em florestas cujos fustes apresentam-se tortuosos, retorcidos, curvos, como é característico na floresta de cerrado ou na caatinga, onde os empregos de métodos analíticos tornam-se trabalhosos e também pouco eficientes (Machado & Figueiredo, 2003).

O xilômetro consiste de um tambor metálico, no qual é feita graduação para se obter o volume de madeira por meio do deslocamento de água. A graduação pode ser em litros ou em volume. As dimensões do tambor podem ser as mais variadas. De maneira geral, tem diâmetro de 60 cm e altura de 80 cm a 1,30m. Uma ilustração do xilômetro é mostrada na Figura 1 (Scolforo & Thiersch, 2004).

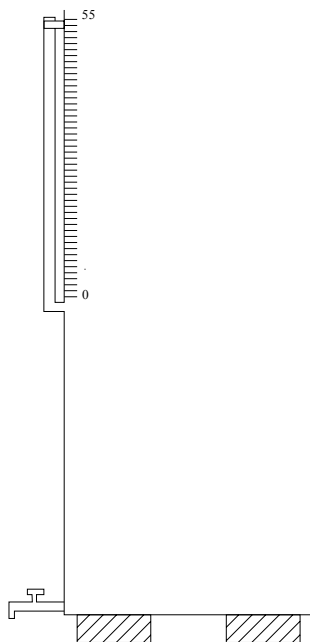


FIGURA 1 - Xilômetro utilizado para a obtenção de volume (Scolforo & Thiersch, 2004).

Para checar a acurácia dos métodos de cubagem desenvolvidos por Smalian, Huber e Newton, em relação ao volume fornecido pelo xilômetro, Machado & Nadolny (1991) testaram os comprimentos de seções de 1m, 2m, 4m e 6m para árvores de *Pinus elliottii* localizados na fazenda experimental do Canguiri, da UFPr. As fórmulas de Huber e Newton foram as de melhor desempenho, uma vez que, nas doze situações analisadas, cada uma delas apareceu em cinco casos como a melhor, analisando-se o volume total.

Scolforo & Thiersch (2004) desenvolveu um exercício de aplicação dos procedimentos de cubagem rigorosa, utilizando as fórmulas de Smalian, Huber, Newton e Hohenald, em que buscou demonstrar o procedimento de coleta de dados e a fórmula utilizada por procedimento e comparou os resultados. O mesmo autor comenta que Loetsch et al. (1973), em estudo realizado para

identificar a diferença entre as três fórmulas, observaram que, na de Huber, o erro varia de -1% a 2%, enquanto que, utilizando a fórmula de Smalian, o erro é de, aproximadamente, 2%, quando comparado com os volumes determinados pela fórmula de Newton, que é mais exata segundo Husch et al. (1983).

Machado & Nadolny (1993), pesquisando métodos de cubagem, buscaram comparar os métodos que utilizam comprimento de seção relativo, tais como o de Hohenald, o da FAO e o método gráfico, em relação aos volumes obtidos pelo xilômetro. Embora a análise estatística não tenha relevado diferenças significativas entre os diferentes métodos de cubagem, o método da FAO, tanto em cinco como em dez seções, teve desempenho ligeiramente superior à fórmula de Hohenadl. Certamente, a tomada de dois diâmetros adicionais na primeira seção contribuiu para isso. Os volumes obtidos por meio do método gráfico tiveram um desvio pequeno em relação aos volumes determinados pelo xilômetro para as classes de diâmetro médio e inferior, como era esperado, porém, esse desvio foi relativamente alto para a classe superior de diâmetro, sem uma explicação lógica para isso.

Os volumes reais obtidos por meio de diversos métodos de cubagem para o fuste e para seções do fuste de árvores de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) foram comparados com seus respectivos volumes obtidos por meio de medições no xilômetro (técnica de deslocamento de água). Todos os tratamentos apresentaram diferença estatística significativa com relação ao xilômetro, tendendo a superestimar os volumes quando comparados com o volume verdadeiro. Dentre os métodos de cubagem, o método de Huber apresentou tendência de ser o mais exato, apesar de ter apresentado diferença estatística significativa com relação ao volume verdadeiro obtido por meio do xilômetro (Machado et al., 2006).

2.3 Experiências com modelagem na área florestal

Neste tópico serão relatadas algumas experiências com uso da modelagem matemática na área florestal, especificamente na modelagem de volume e de biomassa. Trata-se de um recurso matemático estatístico extremamente útil, uma vez que a determinação e ou a estimação de determinadas características da floresta são difíceis e bastante onerosas.

Modelos biométricos florestais são modelos quantitativos que representam as grandezas medidas em árvores e florestas e as suas inter-relações com o ambiente físico, biótico e humano. As grandezas utilizadas nos modelos florestais são informações quantitativas ou qualitativas obtidas por meio de mensuração da floresta, como, por exemplo, o diâmetro e a altura de árvores, ou a área basal e a diversidade de espécies de uma floresta. Os modelos biométricos florestais são, portanto, alimentados por informações obtidas em campo ou em laboratório (Battisti, 2001).

Scolforo (2005) relata que os usuários de modelos de regressão têm, normalmente, dois objetivos. O primeiro consiste em encontrar um modelo para representar a relação funcional entre Y e X. O segundo consiste em testar hipóteses entre a variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. Para que esta relação funcional seja ajustada, é preciso uma amostra, em que tanto os valores de X como os de Y sejam determinações. Pode-se, então, utilizar o método de ajuste linear ou não-linear, quando for o caso, e obter a estimativa dos parâmetros da regressão (β_{is}).

Lima et al. (1996) buscaram obter equações para estimar peso seco de madeira e peso seco da parte aérea das espécies *Prosopis alba* Grisebach, *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart, *P. glandulosa* Torrey, *P. juliflora* (SW) DC, *P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov) H.B.K. e *P. velutina* Wooton. Para todas as espécies, foram recomendadas equações baseadas no modelo $y = b_1d_2$, em que y é a biomassa da madeira ou a biomassa

total da parte aérea e d é o diâmetro quadrático a 0,30m. Para as espécies *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida*, os diâmetros quadráticos a 1,30m também possibilitaram ajustes com altas precisões; entretanto, nesta posição do tronco, estas espécies já estão muito ramificadas, dificultando as medições dos diâmetros.

Silva & Araújo (1984) desenvolveram uma equação de volume para qualquer espécie e para diâmetro variando de 15 cm a 45 cm, utilizável na Floresta Nacional do Tapajó, escolhida do ajuste de quatro modelos volumétricos, dois aritméticos e dois logarítmicos, sendo os quatro modelos de simples entrada. Estes autores concluíram que os modelos aritméticos apresentaram resultados levemente superiores aos dos modelos logarítmicos.

Belchior (1996) ajustou onze modelos volumétricos, visando estimar os volumes de fuste, com e sem casca, de galhos e total, em matas secundárias no município de Rio Vermelho, MG. Os modelos de Spurr e Chummacher-Hall (Scolforo, 1999) sobressaíram-se no melhor ajuste em relação aos modelos de Brenac, Spurr e Schummacher, e tiveram melhor desempenho. Nenhum dos modelos avaliados apresentou desempenho satisfatório na estimativa do volume dos galhos.

Scolforo & Teixeira (1993) buscaram testar e elaborar modelos volumétricos e de biomassa em cerrado, como apoio à implementação de planos de manejo. Dentre os modelos selecionados, houve clara predominância do de Schumacher e Hall para estimativas volumétricas e dos modelos obtidos por Stepwise para estimativa do peso seco. O menor valor de coeficiente de determinação (R^2) foi 98,19% e, em 90% das equações ajustadas, o erro padrão residual foi inferior a 10%. Nesse trabalho, a análise dos resíduos padronizada foi fundamental para o sucesso da escolha.

Souza & Jesus (1991) ajustaram modelos volumétricos para estimar o volume comercial, com e sem casca, para as seguintes espécies da Mata

Atlântica: *Coriniana legalis*, *Cordia trichotoma*, *Bowdicha virgiloides* e *Joannesia princeps*, ocorrentes na Reserva Floresta da Companhia Vale do Rio Doce. Os autores concluíram que as estimativas volumétricas obtidas pelo emprego das equações foram estatisticamente iguais, a 5% de probabilidade.

Um parâmetro de medida de sustentabilidade de um projeto de manejo florestal é a sua capacidade de conservar e reciclar os nutrientes, importante em ecossistemas frágeis e complexos. A maneira mais prática de avaliar a capacidade de um sítio manejado em conservar e reciclar nutrientes é por meio do monitoramento da fitomassa. Em virtude disto, os estudos com o peso seco da árvore vêm adquirindo importância. Alguns trabalhos nesta linha são apresentados a seguir.

Couto & Vettorazzo (1999) buscaram ajustar sete modelos matemáticos que foram avaliados quanto ao seu desempenho para selecionar equações de volume e peso seco comercial do fuste, com e sem casca, para árvores de *Pinus taeda* com 6 e 11 anos de idade. Com base nos critérios adotados para avaliação comparativa, o modelo da variável combinada ($Y = \beta_0 + \beta_1 d^2h$) foi considerado o mais apropriado, tanto em termos de precisão como pelo ajustamento obtido para estimar os volumes e os pesos para árvores com seis anos de idade e para o agrupamento de todas as árvores estudadas. Para as plantações com onze anos de idade, o melhor modelo para estimar volume e peso foi o que empregou a variável independente d^2 ($Y = \beta_0 + \beta_1 d^2$), selecionado pela simplicidade e boa precisão.

Em estudos desenvolvidos com a leguminosa arbórea *Acacia mangium* Willd, que é espécie de rápido crescimento, buscou-se testar sete modelos matemáticos de regressão para estimativas dos volumes totais de madeira com casca (vtcc) e sem casca (vtsc) e dos volumes comerciais com e sem casca (vccc e vcsc) ao diâmetro mínimo de 4 cm com casca, em função das variáveis dap

com casca e altura total. O modelo selecionado foi o de Meyer modificado por Veiga et al. (2000).

Batista et al. (2004), trabalhando com a espécie caxeta (*Tabebuia cassinoides*), no estado de São Paulo e no sul do estado do Rio de Janeiro, testaram modelos para estimar volume comercial com diâmetros mínimos de 7 cm e 12 cm. O modelo de Schumacher e Hall mostrou-se superior aos demais. No caso de 7 cm, a forma logarítmica foi a melhor, enquanto que, para 12 cm, a forma geral ajustada por regressão não linear teve o melhor ajuste.

Baggio et al. (1995) ajustaram cinco modelos para estimar a biomassa existente nas árvores de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e concluíram que o melhor modelo para estimar o peso seco de árvores individuais foi $Y = a \cdot \text{DAP}^b$, em que Y é o peso seco, a e b os parâmetros da regressão e DAP, o diâmetro à altura do peito.

Estudo realizado por Lima et al. (1996), no semiárido brasileiro, com as espécies do gênero *Prosopis* cultivadas e cortadas aos 106 meses de idade, demonstrou que as equações mais apropriadas para a estimativa do peso seco foram as baseadas no modelo $Y = b d^2$, em que y é o peso seco total, b é o coeficiente da regressão e d é o diâmetro quadrático na altura de 0,3 m.

Pereira et al. (1997) estudaram, no município de Butiá, RS, um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii*) de nove anos e estimaram a biomassa dos diferentes componentes das árvores, por meio do modelo $\text{LnB} = a + b \text{LnDAP}$. Os autores concluíram que a biomassa aérea produzida pelo povoamento foi de 158,51 t.ha⁻¹, das quais 12,3% pertenciam à copa e 87,7% ao fuste.

Pérez et al. (2004) trabalharam com a candeia, buscando desenvolver os seguintes objetivos: avaliar o comportamento do volume, do peso seco, do peso de óleo e da quantidade de moirões obtidos das árvores de candeia; definir o fator de empilhamento para a espécie, com ou sem controle das classes de

diâmetro e definir equações para estimar o volume total, o volume do fuste e o volume dos galhos, o peso seco, o peso de óleo da árvore, do fuste, dos galhos e das folhas e, ainda, o quantidade de moirões por árvore. A quantidade de óleo extraído de um metro cúbico sólido de madeira de árvores de DAP pequeno (entre 5 e 10cm) é em torno 6 kg e, de madeira de árvores de DAP grande (entre 40 e 45cm), é de cerca de 11 kg. O teor de óleo encontrado nas plantas de candeia apresentou os seguintes comportamentos: no fuste mais galhos até 3cm de diâmetro com casca, variou de 1,02%, para plantas com diâmetro entre 5 e 10cm a 1,37%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm; nos galhos com menos de 3cm de diâmetro com casca, variou de 0,33%, para plantas com diâmetro entre 5 e 10cm a 0,65%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm; nas folhas, variou de 0,28%, para plantas com diâmetro entre 5 e 10cm a 0,77%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm. O fator de empilhamento médio para a candeia é de 1,9087. O modelo de Schumacher e Hall na forma logarítmica foi o escolhido para estimar o peso de óleo, o quantidade de moirões, o peso seco e o volume para a candeia.

2.4 Teste de identidade entre modelos

Trabalhos que abordam situações, por meio da análise de regressão em que se faz a comparação entre dois ou mais conjuntos de observações não dimensionais, vêm sendo realizados, como os de Gujarati (1970), Draper & Smith (1981), Scolforo (1999) e Regazzi (1999), entre outros.

Na Figura 2 observa-se um exemplo de regressão linear simples, em que os quatro possíveis comportamentos são representados em (a) o caso mais geral, quando todos os coeficientes são diferentes; (b) regressão paralelas, as inclinações são iguais, mas os interceptos são diferentes; (c) regressões concorrentes, interceptos iguais, mas inclinações diferentes e (d) regressões coincidentes, todas as retas são a mesma.

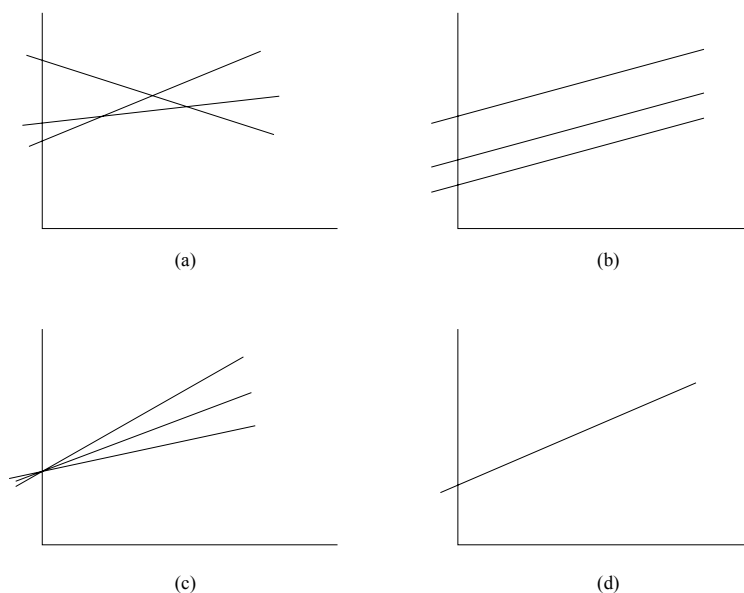


FIGURA 2 - Representação gráfica de algumas situações possíveis de ocorrência de modelos de regressão linear simples, para ilustrar a comparação entre equações de regressão (Weisberg, 1985).

Scolforo (2005), trabalhando com identidade entre modelos usando o método da redução de soma de quadrados, testou primeiro a hipótese de não diferir na forma e não diferença nos níveis. O modelo selecionado para cada conjunto de dados foi o de Spurr ou variável combinada ($V = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dap}^2 \cdot H$); a espécie considerada foi o barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman*). Os modelos ajustados apresentaram forma comum, mas houve diferença significativa entre níveis ao nível de significância $\alpha = 0,05$. Assim, um único modelo não deve ser utilizado para estimar o volume de barbatimão nas três regiões consideradas.

Regazzi (1992) realizou o ajuste de quatro equações de regressão polinomial de grau K por meio da técnica de polinômios ortogonais, utilizando o método dos quadrados mínimos, a fim de testar três hipóteses: a) as H equações são idênticas; b) as H equações têm constante de regressão comum; c) as H

equações têm algum coeficiente de regressão igual, tendo, para a verificação das hipóteses, sido utilizado o teste de F. Os resultados obtidos indicaram que a identidade de modelo de regressão e igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros pode ser verificada por meio do teste de F e que a metodologia apresentada é geral e pode ser utilizada em modelos polinomiais de qualquer grau, ortogonal ou não, e também para modelos de regressão múltipla.

Leite & Regazzi (1992) avaliaram a igualdade entre equações volumétricas para *Eucalyptus saligna*, em regime de manejo de alto fuste e primeira talhadia. Os autores aplicaram, para isso, os métodos estatísticos de análise de variância, seguidos de procedimentos para comparações múltiplas, por meio do teste de identidade de modelo e análise de regressão. Os resultados obtidos indicaram a necessidade de se utilizar uma equação independente para cada regime de manejo.

Scolforo & Thiersch (1994), trabalhando com teste de identidade entre modelos, testou e desenvolveu modelos volumétricos para obter fator de forma, assim como identificar ou não diferenças na estimativa dos volumes do fuste e também verificar a possibilidade de obter estimativas para toda a floresta a partir de uma única equação de volume e/ou fator de forma para árvores de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras, MG. Os resultados indicaram que as equações de volume e fator de forma são igualmente precisas para estimar volumes de fuste e que equações de volume para espécie ou grupo de espécies são preferíveis ao fator de forma. Outro objetivo foi testar e desenvolver uma série de modelos para estimar o volume, que diferiu 0,001% do parâmetro.

Camolesi (2001) estudou diferentes materiais genéticos (clones) de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* para fins de classificação de sítio, em que a hipótese estabelecida foi a que estes devem possuir uma relação estatisticamente idêntica entre a razão da altura das árvores dominantes e o

diâmetro em função da idade. O teste de identidade foi aplicado para 247 combinações possíveis entre as oito situações avaliadas nos dois regimes de manejo, obtendo, como não significativas, as combinações 6 e 8, 2 e 8, 6, 7 e 8, 2, 6 e 8, 7 e 8, 2 e 6, 6 e 7, 1 e 5, 5 e 7, 2, 6, 7 e 8. Para fins da classificação de sítio, adotaram-se a combinação dos materiais genéticos 1 e 5 como um grupo, a combinação dos materiais 2, 6, 7 e 8 como o segundo grupo e foi desenvolvida, ainda, classificação específica para os materiais 3 e 4, que formaram o grupo 3 e 4. Neste, o teste de identidade mostrou semelhança entre os materiais 2, 6, 7 e 8 e entre os materiais 1 e 5. Os resultados do material genético correspondente ao clone 2 foram idênticos nos dois regimes de manejo, assim como foram idênticos, na variável analisada, os clones 1 e 5, embora em regimes de manejo diferentes. O clone 3 mostrou que o regime de manejo pode estar influenciando seu comportamento, já que este foi diferente para os dois regimes considerados.

Battisti (2001), utilizando análise de variância, comparação múltipla, identidade de modelo, variáveis binárias e análise de agrupamento, verificou a possibilidade de agrupamento de equações volumétricas para nove diferentes estratos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophilla*, distribuídos em quatro grupos. Os resultados obtidos pela autora indicaram que o teste de identidade de modelos e a técnica de variáveis binárias foram equivalentes, apresentando resultados mais objetivos que os demais métodos.

Regazzi & Silva (2004) desenvolveram estudos nos quais se considerou o ajuste de g equações de regressão não-linear e o teste da razão de verossimilhança, com aproximação dada pela estatística qui-quadrado, para se testar a identidade dos modelos e comparar, por meio de simulação de dados, as aproximações dadas pelas estatísticas χ^2 e F . Para um número total de observações suficientemente grande ($N \geq 120$), as duas aproximações foram praticamente equivalentes. Para amostras menores, a aproximação dada pela

estatística F deve ser a preferida, uma vez que a taxa de erro tipo I foi sempre menor, independentemente do valor de N .

2.5 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são substâncias conhecidas como óleos voláteis, óleos etéreos ou simplesmente essências. São misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas (Simões & Spitzer, 1999). As denominações dadas a estes óleos devem-se às suas características físico-químicas. São considerados óleos por serem, geralmente, líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente, por apresentarem volatilidade. Recebem, ainda, o nome de óleos voláteis e são chamados de essências, devido ao aroma agradável e intenso da maioria de seus representantes. A denominação óleos etéreos é referente ao fato de os mesmos serem solúveis em solventes orgânicos apolares, como o éter (Vitti & Brito, 2003).

No processo de extração de óleo essencial, podem ser aplicados diversos métodos, como hidrodestilação, maceração, extração por solvente, enfleuragem, gases supercríticos e micro-ondas. Dentre esses, o método de maior aplicação é o de hidrodestilação, que se divide em duas técnicas – arraste a vapor (Craveiro et al., 1981) e co-obação (Santos et al., 1998).

O óleo bruto extraído da candeia *Eremanthus erythropappus* é composto de ácido isovalérico, alfa e beta bisaboleno e óxido de bisaboleno. Porém, o princípio ativo de maior interesse é conhecido como α -bisabolol, que é obtido da destilação direta do óleo bruto. O α -bisabolol tem sido empregado da indústria farmacêutica e cosmética como ingrediente ativo de certas formulações. O alfa bisabolol tem propriedades antiflogísticas, cicatrizantes, anti-inflamatória e melhora a estabilidade de certos produtos. O bisabolol tem sido utilizado como

fixados de perfumes e como substituto ao azuleno (substância ativa da camomila) em produtos cosméticos, para profilaxia e cuidados da pele. Sendo assim, o bisabolol é indicado para produtos de higiene e cuidados com bebê e de crianças, para cremes de pele delicada, bronzeadores, protetores solares, loções pós-sol, pós-barba, pós-depilação, creme dental, enxaguatório bucal, protetores labiais, loção capilar protetora, creme *peeling* de limpeza e estímulo da circulação, loção antiacne, emulsão para pele, lenços umedecidos para retirada de maquiagem, *make-up*, creme tonificante da pele, entre outros (Citróleo, 2006).

As propriedades físico-químicas do α -bisabolol são:

- estabilidade química;
- não apresenta decomposição e degradação quando incorporado em formulações cosméticas;
- odor característico é levemente amadeirado e floral;
- cor, líquido transparente e levemente amarelado;
- não possui sabor;
- possui boa solubilidade em: álcool etílico e isopopílico, óleos naturais, minerais, sintéticos e, com a ajuda de solubilizantes, podem-se obter soluções aquosas límpidas;
- é insolúvel em: água e glicerina;
- a rotação ótica é de -56 a -58 , a 20°C ;
- o índice de refração é 1493 a 1497 a 20°C .

Considerando as concentrações e as aplicações recomendadas, o produto não apresenta qualquer risco toxicológico, devendo-se observar os cuidados normais quanto às precauções de higiene e de manipulação de produtos químicos.

A descrição do α -bisabolol é álcool sesquiterpênico insaturado e opticamente ativo. Sua denominação química é (R)-6-metil-2-((R)-4-metilciclohexeno-3-enil)hept-5-en-2-ol, CTFA: bisabolol Natural, INN: LEVOMENOL para (-)- α -bisabolo natural, seu peso molecular é: 222,37 g/mol, a densidade é 0,93 g/cm³ e o ponto de ebulição é de 153°C a 12mmHg. Sua fórmula estrutural é apresentada na Figura 3 (Citróleo, 2006; Wikipédia, 2006).

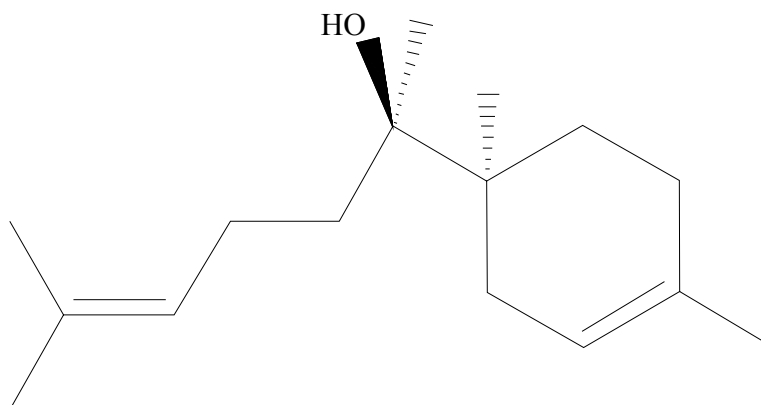


FIGURA 3 - Fórmula estrutural do α -(-)-bisabolol (Wikipédia, 2006).

Salustiano et al. (2006) buscaram avaliar a atividade de extratos de folhas e de um óleo essencial da candeia sobre a germinação de urediniósporos, ferrugens, *Puccinia psidii*, *Hemileia vastatrix*, *Phakopsora pachyrhizi* e *Cerotelium fici* e sobre o crescimento micelial de *Cilindrocladium scoparium*. Os urediniósporos de todas as ferrugens não germinaram, exceto no tratamento testemunha. A inibição do crescimento micelial de *C. scoparium* foi maior no extrato metanólico (52%), com conseqüente redução da produção de esporos. Os tratamentos chá a 10% e óleo essencial a 1% reduziram (25%) o crescimento micelial de 28% a 34% de produção de esporos, respectivamente. Assim, os

extratos de *E. erythropappus* devem ser estudados para controle dessas ferrugens e *C. scoparium* em eucalipto e outros hospedeiros.

Carvalho et al. (2005) avaliaram o rendimento da produção de óleo essencial de capim-santo e sua produtividade submetida a diferentes tipos de adubação. A extração foi feita por arraste a vapor e a produtividade do capim-santo foi determinada pela transformação do quilo de matéria verde por metro quadrado, em toneladas por hectare. Os dois tipos de adubação utilizadas neste experimento não influenciaram significativamente no rendimento do óleo essencial e nem na produtividade do mesmo.

Segundo Corrêa et al. (2004), o assa-peixe (*Vernonia polyanthes*) é muito utilizado na medicina popular em casos de contusões, hemorroidas, infecções do útero e bronquite. Uma vez que o óleo apresenta características tão interessantes, foi desenvolvido um trabalho para avaliar o rendimento de óleo essencial e caracterizar organolepticamente as folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. O rendimento de matéria seca de folhas de assa-peixe, após os diferentes métodos de secagem, encontrou-se ao redor de 27,7% a 30,1%. Em todos os métodos de secagem, a cor predominante da face adaxial das folhas de assa-peixe conservou-se verde-escura e da face abaxial, verde-clara. Quanto ao odor, observou-se que, na secagem à sombra, conservou melhor o aroma característico das folhas de *V. polyanthes*.

Vitti & Brito (2003) avaliaram o rendimento e o teor de citronelal do óleo essencial de procedências e raças locais de *E. Citriodora*. Estes autores estudaram dezesseis procedências, das quais três são originárias da região sul da Austrália (23°30 a 31°43 S), seis da região norte da Austrália (16°00 a 20°00.S) e sete raças locais de origem desconhecida e cultivadas no Brasil para a produção comercial de óleo essencial. Analisando os resultados de rendimento do óleo essencial e do teor de citronela obtidos neste trabalho, nota-se que, aos 18 meses de idade, o grupo de procedências com origem no norte da Austrália

apresentou as maiores médias, comparado aos demais grupos. Assim, este grupo de procedências demonstrou ser o mais indicado para a realização de trabalhos visando à seleção de materiais para maior produção e melhor qualidade de óleo essencial.

Trabalho desenvolvido na Universidade Federal de Lavras buscou avaliar a produção do peso fresco da parte aérea de arnica e a concentração e rendimento de óleo essencial, em função da calagem e das adubações orgânica e mineral. As maiores concentrações de óleo essencial foram encontradas nos tratamentos orgânicos, com e sem calagem, e misto sem calagem. O tratamento orgânico sem calagem apresentou o menor rendimento de óleo essencial, enquanto os maiores foram obtidos nos tratamentos mineral e misto sem calagem. Dentre todos os tratamentos, recomenda-se a adubação mista sem calagem, pois aliou alta concentração e alto rendimento de óleo essencial, igualando-se ao controle, ou seja, o mais próximo das condições naturais da arnica (Oliveira Junior et al., 2005).

3 Referências Bibliográficas

ARAÚJO, L. C. *Vanillosmopsis erythropappa (DC) Sch. Bip*: sua exploração florestal. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 58 p.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. P.; SANMIGUEL, A. A. Equação para a estimativa de peso da biomassa aérea da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) na idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.30/31, p. 37-49, 1995.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. Escolha de modelos matemáticos para a construção de curva de índice de sítio para florestas implantadas de Eucalyptus spp. no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, v. 32, p. 33-42, 1986.

BATISTA, J. L. F.; MARQUESINI, M.; VIANA, V. M. Equações de volume para árvores de caxeta (*Tabebuia cassinoides*) no estado de São Paulo e sul do estado do Rio de Janeiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 162-175, jun. 2004.

BATTISTI, I. D. E. **Comparação entre modelos de regressão com uma aplicação em biometria florestal**. 2001. 86 p. Dissertação. (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volume total, de fuste e de galhos em mata secundária no Município de Rio Vermelho-MG**. 1996. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAMOLESI, J. F. **Teste para identificar a identidade de modelos de regressão de diferentes materiais genéticos para fins de classificação de sítio**. 2001. 31 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, C. M.; COSTA, C. P. M.; SOUZA, J. S.; SILVA, R. H. D.; OLIVEIRA, C. L.; PAIXÃO, F. J. R. Rendimento da produção de óleo essencial de capim-santo submetido a diferentes tipos de adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 5, jul./dez. 2005.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília: Embrapa, 1994. 640 p. CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Ecofisiologia da candeia**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, 1994. 104 p. (Relatório Técnico).

CHAVES, M. M. F.; RAMALHO, R. S. Estudos morfológicos em sementes, plântulas e mudas de duas espécies arbóreas pioneiras da família Asteraceae

(*Vanillosmopsis erythrapappa* Schult. Bip e *Vernonia discolor* (Spreng-Kess).
Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 1-7, 1996.

CITRÓLEO. **Alfa bisabolol (2), ação antiinflamatória e especificações técnicas**. Disponível em: <www.citrole.com.br>. Acesso em: 18 jul. 2006.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v. 1, p. 431-433.

CORRÊA, R. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; ALVES, T. L. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 339-344, mar./abr. 2004.

COUTO, H. T. Z.; VETTORAZZO, S. C. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 69-80, 1999.

CRAVEIRO, A. A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C. H. S.; MATOS, F. J. de A.; ALENCAR, J. W. de. **Óleos essenciais de plantas do nordeste**. Fortaleza: UFC, 1981. 210 p.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. Ney York: J. Wiley, 1981. 709 p.

GUJARATI, D. Use of dummy variables in testing for equality between sets of coefficients in linear regressions: a generalization. **The American Statistician**, Washington, v. 24, n. 5, p. 18-22, Dec. 1970.

HUSCH, B.; MILLER, C. L.; BEERS, T. E. **Forest mensuration**. 3. ed. New York: Ronald, 1983. 402 p.

LEITE, H. G.; REGAZZI, A. J. Métodos estatísticos para avaliar a igualdade de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 1, p. 59-71, 1992.

LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A. Equações para estimativa de biomassa de espécie de *Prosopis* no semi-arido Brasileiro. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.32/33, p. 67-79, jan/dez. 1996.

LOETSCH, E.; ZOHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: Verlagsgellschat, 1973. v. 2, 469 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: UFPR, 2003. 309 p.

MACHADO, S. A.; NADOLNY, M. C. Acuracidade da cubagem rigorosa de árvores pelos métodos de Hohenald, FAO e gráfico, comparativamente ao xilômetro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO PARANÁ, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APEF, 1993. p. 478-480.

MACHADO, S. A.; NADOLNY, M. C. Comparação de métodos de cubagem de árvores e de diversos comprimentos de seção. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APEF, 1991. v. 1, p. 89-104.

MACHADO, S. A.; TÊO, S. J.; URBANO, E.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Comparação de métodos de cubagem absolutos com volume obtido pelo xilômetro para Bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 239-253, jul./set. 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, A. C.; FAQUIN, V.; PINTO, J. E .B.; SOBRINHA, R. R. L.; BERTOLICCI, S. K. V. Teor e rendimento de óleo essencial no peso fresco de arnica, em função de calagem e adubação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 735-739, jul./set. 2005.

PEREIRA, J. C.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; CALDERA, M. V. W.; SANTOS, E. M. dos. Produção de biomassa de um povoamento de *Acácia mearnsii* de wild. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 521-526, out./dez. 1997.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PÉREZ, J. F. M.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; BORGES, L. F. R.; CAMOLESI, J. F. Estimativa de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia *Eremanthus erythropappus* MacLeish. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, jan./jun. 2004.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelo de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 46, n. 266, p. 383-409, jun./ago. 1999.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1992.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear: I Dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista Matemática Estatística**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 33-45, 2004.

SALUSTIANO, M. E.; FERRAZ FILHO, A. C.; POZZA, E. A.; CASTRO, H. A. Extratos de candeia *Eremanthus erythropappus* MacLeish na inibição IN VITRO de *Cylindrocladium scoparium* e de quatro espécies de ferrugens. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 189-193, abr./jun. 2006.

SANTOS, A. S.; ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. G. B.; LUZ, A. I. R.; MAIA, J. G. S. Sesquiterpenes on Amazonian Piper Species. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 127-130, 1998.

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira**. 1996. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: módulo 3: métodos para classificação de sítios. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 151 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: parte I: modelos de regressão linear e não linear; parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA, 2005. 351 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Técnicas de regressão aplicada para estimar**: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira. Lavras: FAEPE, 1993. 292 p.

SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288 p.

SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. Equação de biomassa e volume para cerrado sensu stricto. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 508-510.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; LIMA, C. S. A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em Floresta Estacional Semidecídua Montana. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 123-134, 1994.

SCOLFORO, J. R. S.; TEIXEIRA, S. S. Equações de peso seco e de volume para espécies de cerrado no norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993. Não paginado.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal**: medição, volumetria e gravimétrica. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

SILVA, G. F.; CAMPOS, J. C. C.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G. Uso de métodos estatísticos para comparar alternativas de estimação do volume comercial. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 59-70, 1997.

SILVA, J. N. M.; ARAÚJO, S. M. Equação para árvores de pequeno diâmetro, na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 8/9, p. 16-25, 1984.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos Voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 387-416.

SOUZA, A.; JESUS, R. Equações de volume comercial e fator de forma para espécie da mata atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 3, p. 257-273, 1991.

VEIGA, R. A. A.; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acácia mangiun* Willd. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 103-107, 2000.

VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. **Óleo essencial de eucalipto**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. (Documentos Florestais, n. 17).

WEISBERG, S. **Applied linear regression**. New York: J. Wiley, 1985. 324 p.

WIKIPEDIA. **Bisabolol**. Disponível em: <www.wikipedia.org/wiki/bisabolol>. Acesso em: 23 jul. 2006.

CAPÍTULO 2

AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELO PARA VOLUME E NÚMERO DE MOIRÕES DE CANDEIA *Eremanthus erythropappus*

1 Resumo

O presente estudo ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do volume total, com e sem casca e número de moirões, em três municípios de MG. Definir fator de empilhamento por classe de diâmetro para a espécie e avaliar a possibilidade de agrupamento dos modelos matemáticos através do teste de identidade de modelos. A base de dados foi composta de 174 árvores sendo estas distribuídas em seis classes de diâmetro, dentro das três regiões de estudo, a cubagem foi feita através do método do xilômetro, foi coletado a espessura de casca nas alturas de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, desvio padrão da média e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo foi usado o método desenvolvido por Graybill (1976). O modelo selecionado para todas as variáveis testadas foi o de Spurr Ln, o Fe para o município de Delfim Moreira foi 1,44; para Aiuruoca foi 1,50 e para Ouro Preto foi 1,93. Quanto ao teste de identidade de modelos notou-se para todas as variáveis avaliadas, o teste mostrou-se rigoroso, sendo possível para cada variável estudada o ajuste de uma única equação para todos os municípios estudados.

Palavras-chave: candeia, identidade de modelos, fator de empilhamento, ajuste de modelos.

2 Abstract

This study aimed at fitting and select mathematical models for estimation of the total volume, with and without bark in three counties of Minas Gerais state as well as to define the stack factor per diameter class and to evaluate, by means of the Graybill test, the possibility of using the same mathematical model for all regions. Data base were obtained from a scaling of 174 trees grouped in six diameter classes within the three study regions. The scaling was carried out using the xylometer method (water displacement technique) and the bark thickness was collected at 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height. The accuracy of the models was evaluated using the following statistics: coefficient of determination, mean standard deviation, and graphical residual analysis. The Spurr logarithm model was selected as the best one for all tested variables, the stack factors were 1.44 for Delfim Moreira county, 1.50 for Aiuroca county and 1.93 for Ouro Preto county. Considering the variables total volume, with and without bark and number of fence posts the Graybill test showed the possibility of using the same model for all regions.

Key-words: candeia, Graybill test, stack factor, model fitting

3 Introdução

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está intimamente ligado aos seus recursos florestais. Diversas atividades das indústrias dos setores farmacêutico, cosmético, alimentício e uma variada gama de utilidades imprescindíveis ao bem-estar dos homens têm sua origem em produtos florestais.

A candeia possui madeira extraordinariamente resistente ao ataque de cupins e bactérias, sendo por isso muito utilizada como moirões, esteios, caibros, postes, tacos, dormentes e vigas. O óleo essencial extraído da madeira tem diversas aplicações no ramo de cosméticos e fármacos.

As regiões de cerrado se apresentam como um importante bioma para a obtenção de produtos fitoquímicos de grande valor comercial. Dentre muitas essências de valor econômico, destaca-se a candeia, uma espécie arbórea pertencente à família das Asteraceae que, frequentemente, é encontrada em áreas montano-campestres nos estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (Carvalho, 1994).

Devido a estas propriedades interessantes da candeia, existe forte pressão para a ação exploratória sobre a espécie. Dessa forma, há a necessidade proeminente de se realizar o manejo florestal com base sustentável da candeia (Scolforo, 1999).

Em estudos realizados no município de Aiuruoca, MG, Pérez (2001) concluiu que a equação de volume de Schummacher e Hall na forma logarítmica teve o melhor desempenho, dentre os modelos avaliados, para a estimativa volumétrica e número de moirões para a candeia. A região de ocorrência da candeia abrange 457 municípios do estado de Minas Gerais, o que corresponde a 34,38% do estado. Assim, o uso genérico de um modelo para qualquer região,

sem um estudo prévio, é uma ação que não é factível com plano de manejo sustentado. Portanto, é de fundamental importância realizar estudos visando comparar modelos entre as diferentes regiões.

Dada a importância econômica e ambiental da candeia, o uso da modelagem matemática para estimativa de volume e número de moirões é ponto fundamental para se estabelecer um bom plano de manejo. Assim, o presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos: ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do volume total, com e sem casca, e o número de moirões, em três municípios de Minas Gerais; definir o fator de empilhamento por classe de diâmetro para a espécie e avaliar a possibilidade de agrupamento dos modelos matemáticos com base no teste de identidade de modelos.

4 Material e Métodos

4.1 Localização e caracterização das regiões de estudo

A área de ocorrência da candeia (*Eremanthus erythropappus*), no estado de Minas Gerais e os três municípios em que foram obtidos os dados para a realização deste estudo são mostrados na Figura 1. Na Tabela 1 são apresentadas algumas informações a respeito dos municípios.

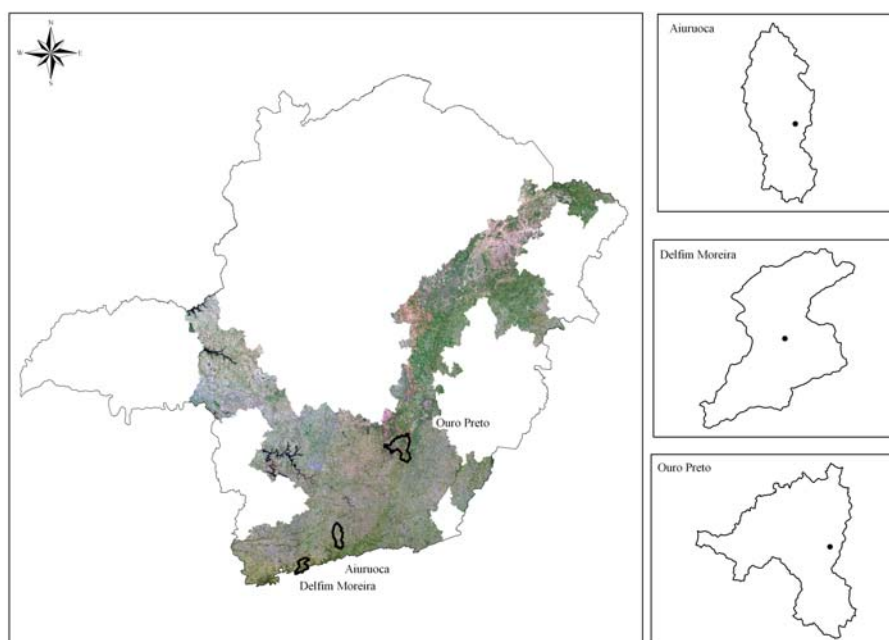


FIGURA 1 - Localização espacial da área de ocorrência da candeia no estado de Minas Gerais e a distribuição dos municípios onde foram coletados os dados.

TABELA 1 - Informações sobre latitude, longitude, altitude média da área de coleta dos dados e área dos municípios.

Município	Latitude	Longitude	Altitude
Delfim Moreira	23°25'	45°15'	1600
Aiuruoca	21°56'	44°38'	1572
Ouro Preto	20°23'	43°33'	1545

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb, ou seja, mesotérmico úmido, caracterizado por apresentar temperatura média anual variando de 18°C a 20°C. A classificação da fisionomia da flora nativa para cada município é: município de Delfim Moreira, Campo, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila; município de Aiuruoca, Campo, Campo Rupestre, Cerrado Sensu Stricto, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila e, município de Ouro Preto, as fisionomias encontradas foram Campo, Campo Rupestre, Cerrado Sensu Stricto e Floresta Estacional Semidecidual (Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, 2006). Os solos característicos do município de Delfim Moreira são Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, Cambissolo Háplico Tb distrófico típico léptico e Neossolo Litólico distrófico típico. No município de Aiuruoca, os solos encontrados são: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico. No município de Ouro Preto, os solos são Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006).

4.2 Amostragem e levantamento dos dados

O esquema da cubagem rigorosa é mostrado na Figura 2. Antes da derrubada da árvore, foram medidos o diâmetro à altura do peito e a espessura da casca neste ponto. Após a derrubada da árvore, mediram-se as alturas total e

comercial, sendo a referência da altura comercial o comprimento da base até o galho mais extenso, tendo como diâmetro mínimo 3 cm.

Contabilizou-se o número de moirões de 2,2 m de comprimento, com 10 cm de diâmetro, na metade do moirão, ou 7,5 cm na extremidade mais fina possível de serem extraídos da árvore.

Para as árvores das classes de diâmetro cujo valor central é de 7,5, 12,5 e 17,5 cm, os moirões foram contabilizados como moirões roliços.

Para a classe cujo valor central é 22,5, os moirões do fuste foram contabilizados como partidos “lascados”, sendo a peça dividida em dois moirões, quando possível. Para a classe de diâmetro de valor central 27,5 cm, os moirões do fuste foram contabilizados como lascados, sendo a peça dividida em duas a quatro partes, conforme as possibilidades das peças. Para a classe de diâmetro de valor central 32,5 cm, os moirões do fuste foram contabilizados como lascados, sendo a peça dividida em três a seis partes, de acordo com as possibilidades da peça.

É importante ressaltar que o presente estudo foi realizado com o objetivo de contabilizar o maior número de moirões que uma árvore pode fornecer. Porém, quando ocorre exploração, o proprietário, sempre que possível, reserva peças de maior diâmetro e mais retilíneas, com comprimentos que vão de 3,5 a 6 m de comprimento. Estas peças alcançam valores mais interessantes e são destinadas à construção de curais, celeiro e barracões.

Em seguida, seccionou-se a árvore nas posições correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, resultando em quatro seções.

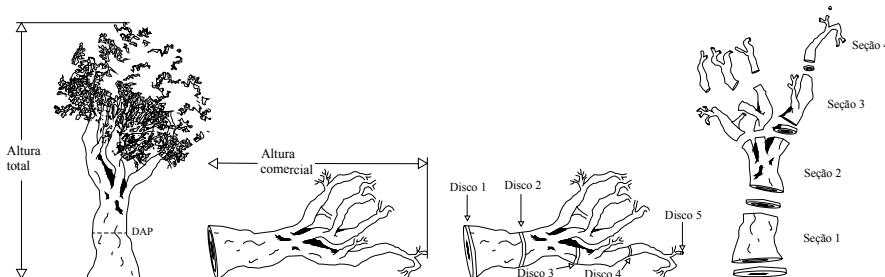


FIGURA 2 - Esquema de coleta de dados nas árvores cubadas.

4.3 Espessura de casca

Em cada disco foi medida a espessura da casca. Esses dados foram utilizados para obter a porcentagem de casca e o volume de casca para cada árvore dentro de cada classe de diâmetro. Para isso, foram utilizadas as expressões a seguir (Scolforo & Thiersch, 2004).

$$V_{c\%} = \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] * 100$$

em que

$V_{c\%}$ é volume de casca, em porcentagem;

d é diâmetro a altura do peito sem casca, em cm;

D é diâmetro à altura do peito com casca, em cm.

$$V_c = V_{c/c} - V_{s/c}$$

em que

V_c é o volume de casca, em m³;

$V_{c/c}$ é o volume com casca, em m^3 ;

$V_{s/c}$ é o volume sem casca, em m^3 .

4.4 Quantificação do volume real

A determinação do volume real de madeira da árvore até 3 cm de diâmetro com casca, exclusive o toco, foi realizada utilizando-se o xilômetro. No caso do equipamento usado, houve a necessidade de se fazer a conversão do volume de água deslocado, que foi mensurado em centímetros para volume de água. Para isso foi feita a calibragem do equipamento. O volume de dois litros de água, ou $0,002 m^3$, é equivalente a um deslocamento do menisco de $0,84167$ cm. Estes valores foram utilizados como constantes na obtenção do volume real em metros cúbicos para cada árvore. A expressão a seguir foi montada para esta finalidade.

$$V_t = \left(\frac{Ds_1 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_2 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_3 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_4 * K}{W} \right) + \left(\frac{Dd_i * K}{W} \right)$$

em que

Ds_i é o deslocamento de água da madeira de uma sessão, em cm;

K ; W são constantes do equipamento para conversão do deslocamento de água, em cm, para volume, em m^3 . $K = 0,002 m^3$ e $W = 0,84167$ cm;

Dd_i é o deslocamento de água dos discos de cada árvore.

Para cada árvore cubada rigorosamente, mediram-se a altura e a circunferência do toco, sendo esta tomada na extremidade superior do toco. Com estas medidas, calculou-se o volume do toco, considerando-o como sendo o volume de um cilindro, utilizando a seguinte expressão:

$$V_{toco} = \frac{\pi * d^2}{40000} * l$$

em que

V_{toco} = volume do toco, em m³;

d = diâmetro, tomado na extremidade superior do toco, em cm;

l = comprimento do toco, m.

Para obter o volume de madeira empilhada, as árvores cubadas rigorosamente foram empilhadas, mantendo-se o controle por classe de diâmetro. Em cada pilha de madeira mediram-se a altura, a largura e o comprimento em vários pontos, que variaram de acordo com o comprimento da pilha de madeira. A partir do produto das medidas de altura, largura e comprimento de cada pilha, dentro de cada classe, obteve-se o volume da pilha.

Com base nos volumes reais obtidos por meio do xilômetro, obteve-se o fator de empilhamento por classe e para todo o conjunto de árvores. O fator de empilhamento é a razão entre o volume empilhado e o volume real. Esta razão é sempre superior a 1. Ela permite converter o volume sólido (m³) para volume em metros estéreo.

Foram amostradas 174 árvores distribuídas em 6 classes de diâmetro, com diâmetro mínimo de 5 cm e máximo de 35 cm (Tabela 2).

TABELA 2 - Frequência das árvores cubadas, nas diferentes classes de diâmetro, em três municípios do estado de Minas Gerais.

Número de classes	Classes de diâmetro	Frequência		
		Delfim Moreira	Aiuruoca	Ouro Preto
1	5 ----- 10	10	10	10
2	10 ----- 15	11	10	11
3	15 ----- 20	10	10	11
4	20 ----- 25	10	10	10
5	25 ----- 30	7	10	10
6	30 ----- 35	4	10	10

4.5 Modelos para estimar o volume de madeira e a quantidade de moirões

Os ajustes feitos para as variáveis dependentes volume total com casca, volume total sem casca e número de moirões, em função de variáveis dendrométricas (DAP e H), foram realizadas utilizando o software Sistema Biométrico Florestal, ou Sisflor.

Na Tabela 3 são apresentados os doze modelos que foram ajustados. Para selecionar os modelos, levou-se em consideração o coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão residual corrigido em porcentagem e a análise gráfica dos resíduos, conforme encontrado em Scolforo (2005).

TABELA 3 - Modelos ajustados para volume de madeira e número de moirões.

Autor	Modelo
Hohenald-Krenm	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dap + \beta_2 (Dap^2) + \varepsilon_i$
Brenac	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap) + \beta_2 \left(\frac{1}{Dap}\right) + Ln(\varepsilon_i)$
Spurr	$Y = \beta_0 + \beta_1 (Dap^2 H) + \varepsilon_i$
Schummacher-Hall	$Y = \beta_0 * Dap^{\beta_1} * H^{\beta_2} + \varepsilon_i$
Schummacher-Hall (logarítmica)	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap) + \beta_2 Ln(H) + Ln \varepsilon_i$
Honner	$Y = \frac{Dap^2}{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{H}\right)} + \varepsilon_i$
Ogaya	$Y = Dap^2 (\beta_0 + \beta_1 H) + \varepsilon_i$
Stoat (australiana)	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dap^2 + \beta_2 (Dap^2 H) + \beta_3 H + \varepsilon_i$
Naslund	$Y = \beta_1 Dap^2 + \beta_2 (Dap^2 H) + \beta_3 (Dap H^2) + \beta_4 H^2 + \varepsilon_i$
Takata	$Y = \frac{(Dap^2 H)}{(\beta_0 + \beta_1 Dap)} + \varepsilon_i$
Spurr (logarítmica)	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap^2 H) + Ln \varepsilon_i$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap + \beta_2 Dap^2 + \beta_3 Dap H + \beta_4 Dap^2 H + \beta_5 H + \varepsilon_i$

β_i - parâmetros da equação; Dap - diâmetro à altura do peito; H - altura; Y - característica de interesse (volumes e número de moirões); Ln - logaritmo neperiano e ε_i erro de estimativa. Fonte: (Scolforo, 2005).

4.6 Teste de identidade entre modelo

O teste de identidade entre modelos foi feito com o propósito de avaliar a possibilidade de uma única equação modelar o comportamento das variáveis estudadas. Para cada variável, foram testadas todas as combinações que representam as várias possibilidades de agrupamento entre as três regiões estudadas. A identificação da igualdade ou da diferença entre as regiões, em relação às variáveis modeladas, é feita por meio da comparação entre a soma de

quadrado dos resíduos para cada variável, em cada região (modelo completo) e a soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado com uma única base de dados contendo todas as informações das três regiões de estudo (modelo reduzido). Sempre que o valor de F calculado for maior ou igual ao valor de F tabelado, significa que o teste foi significativo, a um determinado nível de probabilidade (α) pré-estabelecido. Neste caso, rejeita-se H_0 , ou seja, o total da soma de quadrados dos resíduos de cada uma das variáveis em cada região (modelo completo) difere, estatisticamente, da soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado para o conjunto total dos dados para cada variável (modelo reduzido). Caso contrário, se aceita H_0 , ou seja, pode-se utilizar um único modelo para estimar a variável estudada nas três regiões.

Para verificar a possibilidade de identidade entre modelos, foi utilizado o software Sisflor, que aplica o teste de identidade descrito por Graybill (1976). Esta técnica também foi utilizada por Regazzi (1992) e Scolforo (2005).

5 Resultados e Discussão

5.1 Precisão e acurácia dos modelos ajustados na estimativa dos volumes e número de moirões

Neste estudo, os municípios de estudo ficaram definidos como: (1) Delfim Moreira, (2) Aiuruoca e (3) Ouro Preto.

As estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados e selecionados e as medidas de precisão das equações estão sumarizadas na Tabela 4. As equações volumétricas apresentaram coeficientes de determinação próximos de cem por cento e, para a variável número de moirões, os valores dos coeficientes de determinação ficaram próximos de noventa por cento. O erro padrão da estimativa tende a zero, para as variáveis volume total com casca e volume total sem casca e, para a variável número de moirões, segue a mesma lógica, porém, para este parâmetro deve-se levar em consideração a unidade envolvida. Na distribuição gráfica dos resíduos, nota-se que não há tendenciosidade. Ao observar o erro de estimativa para a variável volume de um único indivíduo, este valor apresenta-se elevado (Figura 3) e mostra que os erros de superestimativa estão anulando os erros de subestimativa. Para a variável número de moirões, a distribuição gráfica dos resíduos apresenta uma pequena heterogeneidade. De acordo com resultados obtidos por Pérez (2001), trabalhando com a mesma espécie de candeia no município de Aiuruoca, os comportamentos apresentados pelas estimativas dos parâmetros garantem um bom uso das equações, quando aplicadas em povoamentos nos três municípios de estudo, sendo este o objetivo que se buscou atingir.

Os doze modelos testados foram avaliados por meio do coeficiente de determinação (R^2_{ajst}), erro padrão da estimativa (Syx) e análise da distribuição

gráfica de resíduos. O modelo de Spurr logarítmico mostrou ser o mais adequado.

TABELA 4 - Estimativas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de volumes e número de moirões.

Volume total com casca					
Região	Equações	F_{cal}	R²	Syx (m³)	Syx%
Delfim Moreira	$\text{Ln}(\text{VT}) = -10,0695707796 + 1,002283589 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	3238,21	98,45	±0,0308	19,97
Aiuruoca	$\text{Ln}(\text{VT}) = -10,1434754209 + 1,0147112123 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	3137,04	98,15	±0,0503	23,36
Ouro Preto	$\text{Ln}(\text{VT}) = -9,9898114646 + 1,0016476429 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	3809,94	98,42	±0,0621	26,28
Volume total sem casca					
	Equações	F_{cal}	R²	Syx (m³)	Syx%
Delfim Moreira	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,471757251 + 1,0284915738 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	3583,69	98,60	±0,0240	18,62
Aiuruoca	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,640696676 + 1,0501625078 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	3271,25	98,23	±0,0445	24,72
Ouro Preto	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,4573447531 + 1,0384037531 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	4141,97	98,55	±0,0531	25,91
Número de moirões					
	Equações	F_{cal}	R²	Syx (ud)	Syx%
Delfim Moreira	$\text{Ln}(\text{NM}) = -4,1213523873 + 0,7573355172 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	489,58	90,55	±2,33	29,43
Aiuruoca	$\text{Ln}(\text{NM}) = -3,6638615174 + 0,7144828424 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	611,34	91,19	±3,52	33,54
Ouro Preto	$\text{Ln}(\text{NM}) = -4,3479890317 + 0,7799878756 * \text{Ln}((\text{DAP}^2) * \text{HT})$	527,67	89,62	±3,22	31,77

β_i – parâmetro do modelo; F_{cal} – valor de F calculado; R² - coeficiente de determinação corrigido; Syx - erro padrão da estimativa; ud – unidade.

Na Figura 3, a letra (a) representa a distribuição gráfica dos resíduos para a variável volume total com casca do município de Delfim Moreira; a letra (b), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável volume total com casca do município de Aiuruoca; a letra (c), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável volume total com casca do município de Ouro Preto; a letra (d), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável volume total sem casca do município de Delfim Moreira; a letra (e), a distribuição gráfica dos resíduos para

a variável volume total sem casca do município de Aiuruoca; a letra (f), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável volume total sem casca do município de Ouro Preto; a letra (g), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável número de moirões do município de Delfim Moreira; a letra (h), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável número de moirões do município de Aiuruoca e a letra (i), a distribuição gráfica dos resíduos para a variável número de moirões do município de Ouro Preto.

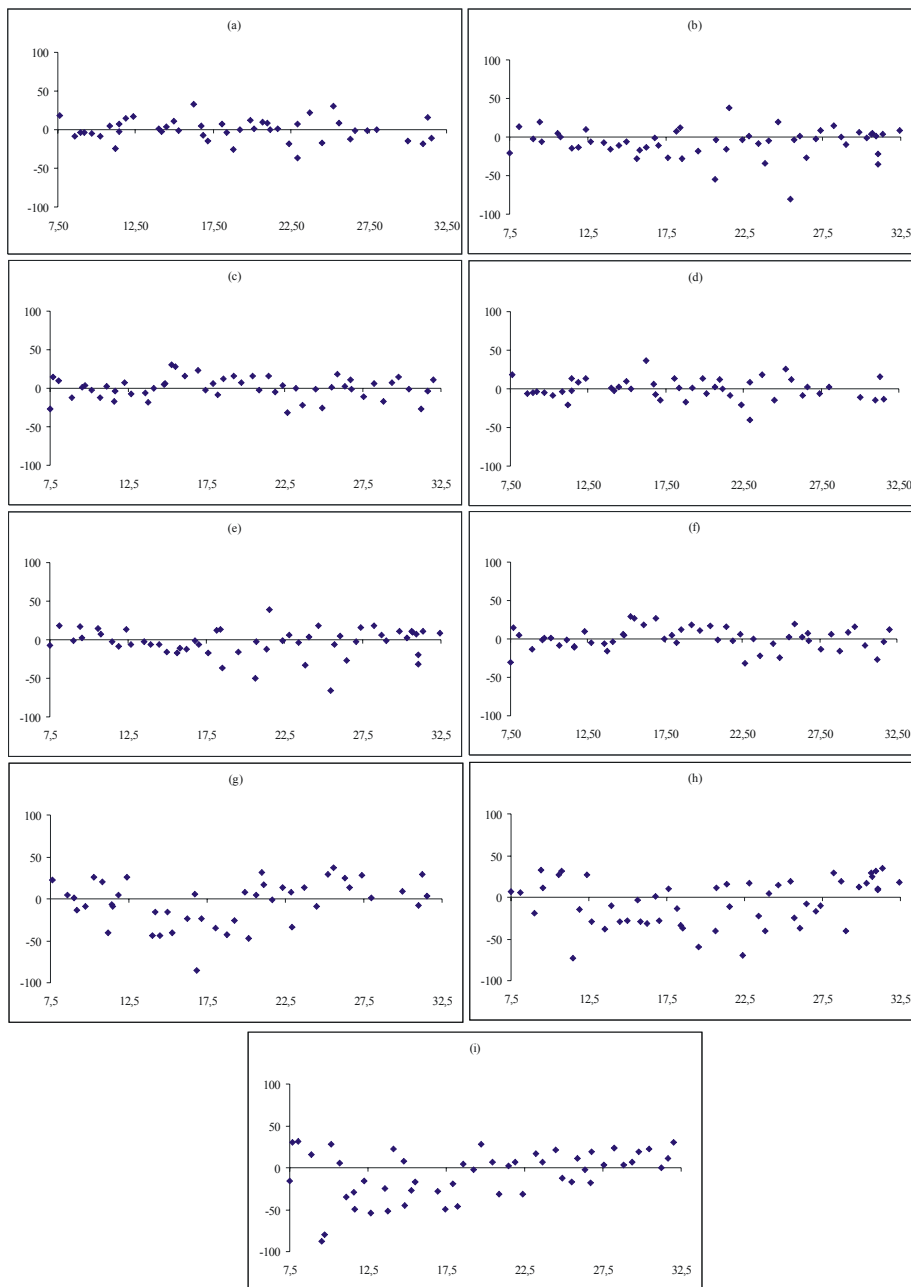


FIGURA 3 - Distribuição gráfica de resíduos para as variáveis estimadas.

5.2 Quantificação do volume, fator de empilhamento e número de moirões médio por classe de diâmetro

Na Tabela 5 são mostrados os valores médios das árvores cubadas rigorosamente, juntamente com os valores do desvio padrão da média, para as variáveis diâmetro à altura do peito, altura total, volume total com casca, volume total sem casca, porcentagem de casca e número de moirões em cada classe de diâmetro e o fator de empilhamento.

Dentre os três municípios em estudo, a distribuição diamétrica, da candeia nativa apresenta comportamento semelhante. Há um aumento contínuo e, normalmente, as arvores atingem até 32,5 cm de DAP, tendo alguns exemplares sido encontrados com até 54,11 cm de DAP.

A altura das maiores árvores nos municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca está em torno de 9,60 a 10,80 m, sendo possível encontrar indivíduos com até 12,20 m.

Para o município de Ouro Preto, a altura das maiores árvores está entre 10,50 e 12,00 m, sendo possível encontrar indivíduos com até 13,80 m.

Analisando-se os valores de volume total com casca no município de Delfim Moreira, observou-se que as plantas com diâmetro na classe com valor central de 7,5 cm apresentam 3,35 vezes menos volume que aquelas com diâmetro na classe de 12,5 cm; 7,09 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 17,5 cm; 11,64 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 22,5 cm; 17,79 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 27,5 cm e 24,25 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 32,5 cm.

O comportamento dos valores de volume total com casca para o município de Aiuruoca é: plantas com diâmetro na classe com valor central de 7,5 cm apresentam 2,66 vezes menos volume que aquelas com diâmetro na classe de 12,5 cm; 5,00 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 17,5 cm; 13,98 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 22,5 cm; 19,65

vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 27,5 cm e 27,61 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 32,5 cm.

Verificando-se as relações entre os valores de volume total com casca para o município de Ouro Preto, constatou-se que as plantas com diâmetro na classe com valor central de 7,5 cm apresentam 3,07 vezes menos volume que aquelas com diâmetro na classe de 12,5 cm; 7,52 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 17,5 cm; 14,30 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 22,5 cm; 24,00 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 27,5 cm e 34,38 vezes menos que aquelas com diâmetro na classe de 32,5 cm.

Considerando como base a classe de diâmetro cujo valor central é 12,5 cm, se observa que seu volume total com casca para o município de Delfim Moreira é 2,11 vezes menor que o da classe de diâmetro de 17,5 cm; para o município de Aiuruoca, é 1,88 vez menor que o da classe de diâmetro de 17,5 cm e, para o município de Ouro Preto, é 2,45 vezes menor que o da classe de diâmetro de 17,5 cm.

Utilizando como base a classe de diâmetro cujo valor central é 12,5 cm, constata-se que seu volume total com casca, para o município de Delfim Moreira, é 3,47 vezes menor que o da classe de diâmetro de 22,5 cm; para o município de Aiuruoca, é 5,26 vezes menor que o da classe de diâmetro de 22,5 cm e, para o município de Ouro Preto, é 4,66 vezes menor que o da classe de diâmetro de 22,5 cm.

Tendo como referência a classe de diâmetro cujo valor central é 12,5 cm, o volume total com casca, para o município de Delfim Moreira, é 5,31 vezes menor que o da classe de diâmetro de 27,5 cm; para o município de Aiuruoca, é 7,39 vezes menor que o da classe de diâmetro de 27,5 cm e, para o município de Ouro Preto, é 7,82 vezes menor que o da classe de diâmetro de 27,5 cm.

Em relação à classe de diâmetro de valor central 12,5 cm, o volume total com casca para o município de Delfim Moreira é 7,23 vezes menor que o da

classe de diâmetro de 32,5 cm; para o município de Aiuruoca, é 10,38 vezes menor que o da classe de diâmetro de 32,5 cm e, para o município de Ouro Preto, é 11,20 vezes menor que o da classe de diâmetro de 27,5 cm.

Essas relações são importantes para o manejo florestal sustentável, quando for preciso decidir até que diâmetro é mais viável conduzir o povoamento. Já que à medida que o diâmetro aumenta, é natural que a proporção entre esse e os demais diâmetros diminua (Scolforo & Thiersch, 2004).

Para os estudos feitos com a porcentagem de casca, o comportamento desta variável, nos municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, apresentou comportamento decrescente da porcentagem de casca das menores para as maiores árvores. Isto é o que normalmente ocorre nos plantios de eucalipto, pinus ou qualquer outra espécie florestal em que o espaçamento mais adensado faz com que a proporção entre o volume contido nas copas em relação ao volume contido no fuste seja pequena ((Scolforo & Thiersch, 2004).

O fator de empilhamento tende a decrescer com o aumento da classe de diâmetro, já que quanto maior o diâmetro das peças de candeia mais madeira estará contida em um metro estéreo (Scolforo & Thiersch, 2004). O valor médio do fator de empilhamento para Delfim Moreira é 1,92; para Aiuruoca, é 1,91 e, para Ouro Preto, é 1,98.

Os comportamentos descritos acima estão de acordo com as leis biológicas e serão muito úteis no aprimoramento das estratégias de planos de manejo sustentável para a candeia.

TABELA 5 - Média das árvores de candeia cubadas, por classe de diâmetro, nos três municípios de estudo.

Região	Valor central das classes de diâmetro (cm) e o Desvio Padrão da média								
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	
Delfim Moreira	Frequência	10	11	10	10	7	4		
	\overline{DAP} (cm)	7,69 (1,38)	12,45 (1,65)	17,65 (1,45)	22,09 (1,41)	27,02 (1,63)	32,12 (1,73)	37,01	41,90
	\overline{HT} (m)	6,64 (1,06)	8,41 (0,74)	9,05 (1,35)	9,67 (1,10)	9,95 (0,92)	10,32 (1,97)	11,06	11,80
	\overline{VTcc} (m³)	0,01758 (0,0079)	0,05893 (0,0168)	0,12460 (0,0267)	0,20460 (0,0462)	0,31278 (0,0426)	0,42635 (0,0276)	0,50811	0,58986
	\overline{VTsc} (m³)	0,01389 (0,0063)	0,04692 (0,0134)	0,10505 (0,0225)	0,16739 (0,0419)	0,26554 (0,0353)	0,36731 (0,0284)	0,43800	0,50868
	Porcentagem de casca	21,36 (2,74)	20,24 (3,62)	15,57 (2,39)	18,58 (3,82)	14,96 (4,04)	13,89 (1,98)	12,39	10,90
	Fator de empilhamento	2,19	2,02	1,95	1,83	1,80	1,76	1,72	1,69
	Número de moirões	1,7 (0,48)	3,54 (0,82)	5,2 (1,75)	10,4 (2,91)	17,00 (2,45)	20,25 (1,50)	23,96	27,67
	Frequência	10	10	10	10	10	10		
	\overline{DAP} (cm)	7,47 (1,56)	12,67 (1,53)	17,37 (1,29)	22,54 (1,44)	27,40 (1,51)	31,49 (1,08)	36,29	41,10
\overline{HT} (m)	6,68 (0,71)	6,96 (0,53)	7,28 (1,35)	9,90 (2,34)	10,69 (1,56)	10,86 (0,96)	11,70	12,53	
\overline{VTcc} (m³)	0,01849 (0,0099)	0,04916 (0,0138)	0,09248 (0,0306)	0,25855 (0,0999)	0,36336 (0,0988)	0,51015 (0,1124)	0,60849	0,70682	
\overline{VTsc} (m³)	0,01383 (0,0073)	0,03809 (0,0096)	0,07311 (0,0245)	0,21209 (0,0823)	0,30518 (0,0844)	0,43792 (0,1009)	0,52274	0,60756	
Porcentagem de casca	25,03 (3,19)	21,95 (4,12)	20,94 (3,36)	18,11 (2,46)	15,96 (2,92)	14,35 (2,12)	12,22	10,08	
Fator de empilhamento	2,10	1,99	1,92	1,89	1,82	1,76	1,70	1,63	
Número de moirões	2,10 (0,87)	3,60 (1,50)	5,20 (1,60)	11,20 (6,00)	15,60 (4,40)	25,20 (9,60)	29,82	34,44	
Ouro Preto	Frequência	10	11	11	10	10	10		
	\overline{DAP} (cm)	7,67 (1,44)	12,40 (1,51)	17,56 (1,65)	22,60 (1,49)	27,50 (1,49)	32,64 (1,26)	37,64	42,63
	\overline{HT} (m)	6,13 (0,81)	7,54 (0,92)	8,03 (1,00)	10,71 (2,81)	11,11 (2,28)	12,25 (1,63)	13,47	14,69
	\overline{VTcc} (m³)	0,01718 (0,0075)	0,05271 (0,0173)	0,12921 (0,0326)	0,24570 (0,0736)	0,41238 (0,1228)	0,59058 (0,1701)	0,70526	0,81994
	\overline{VTsc} (m³)	0,01319 (0,0059)	0,04311 (0,0145)	0,10979 (0,0299)	0,21233 (0,0650)	0,36041 (0,1096)	0,51554 (0,1435)	0,61601	0,71648
	Porcentagem de casca	23,50 (2,40)	18,24 (3,05)	15,34 (2,55)	13,75 (1,74)	12,70 (1,30)	12,39 (2,68)	10,17	7,95
	Fator de empilhamento	2,48	2,05	1,93	1,88	1,82	1,74	1,59	1,44
	Número de moirões	1,60 (0,52)	2,91 (1,14)	4,91 (2,43)	10,40 (4,55)	16,10 (4,25)	26,20 (6,05)	31,12	36,04

() valores do desvio padrão da média, * valores obtidos por meio da tendência das classes anterior

Na Figura 4 mostram-se, de forma análoga, os dados da Tabela 5, para os três municípios estudados. Observa-se que, para as variáveis volume total com casca, volume total sem casca e número de moirões, a tendência é crescente em função do aumento da classe de diâmetro (gráficos (a), (b) e (c)) e, para o fator de empilhamento gráfico (d), o comportamento se apresenta decrescente, em função do aumento das classes de diâmetro.

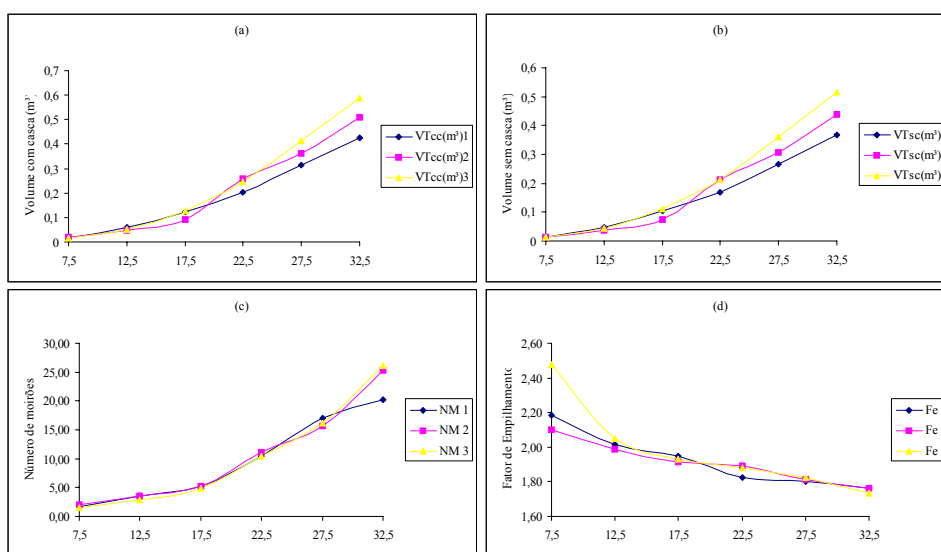


FIGURA 4 - Comportamento das variáveis volume total com e sem casca, número de moirões e fator de empilhamento.

5.3 Teste de identidade entre modelos

Na Tabela 6 é apresentado o resultado dos testes realizados para o volume total com casca. O teste de identidade entre modelo foi aplicado utilizando-se 5% como nível de significância. Para as combinações Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, o resultado foi significativo para o teste de identidade, nível e forma. Para a combinação Aiuruoca e Ouro Preto, o teste de identidade e nível foi não significativo e para o teste de forma foi significativo. Para a combinação Delfim Moreira e Ouro Preto, os testes de identidade, nível e

forma foram significativos. Para a combinação Delfim Moreira e Aiuruoca, o teste de identidade foi não significativo e, para nível e forma, o resultado foi significativo.

TABELA 6 - Resultado do teste de identidade, nível e forma para volume total com casca, entre todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3).

Variável	Combinação	Teste	F _{cal}	F _{tab}	Teste
VT _{cc}	123	Identidade	3,95	2,42	S
	123	Nível	6,52	3,05	S
	123	Forma	7,61	3,05	S
	23	Identidade	1,97	3,07	NS
	23	Nível	2,34	3,92	NS
	23	Forma	3,58	3,92	NS
	13	Identidade	7,26	3,08	S
	13	Nível	12,88	3,93	S
	13	Forma	14,52	3,93	S
	12	Identidade	2,75	3,08	NS
	12	Nível	5,41	3,93	S
	12	Forma	5,30	3,93	S

Para a combinação entre os municípios de Aiuruoca e Ouro Preto, a equação e suas medidas de precisão estão apresentadas a seguir:

$$\ln VT_{cc} = -10,0663618557 + 1,0081812391 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{ajustado}(\%) = 98,26$$

$$Syx(m^3) = \pm 0,05567$$

$$Syx(\%) = 24,62$$

Para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca, a equação e suas medidas de precisão estão apresentadas a seguir:

$$\ln VT_{cc} = -10,119396387 + 1,010326855 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{\text{ajustado}}(\%) = 98,29$$

$$Syx(m^3) = \pm 0,04342$$

$$Syx(\%) = 23,23$$

Na Tabela 7 é apresentado o resultado dos testes realizados para a variável volume total sem casca. O teste de identidade entre modelo foi aplicado utilizando-se 5% como nível de significância. Para as combinações Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, o resultado foi significativo para o teste de identidade, nível e forma. Para a combinação Aiuruoca e Ouro Preto, o teste de identidade e nível foi não significativo e, para o teste de forma foi significativo. Para a combinação Delfim Moreira e Ouro Preto, os testes de identidade, nível e forma foram significativos. Para a combinação Delfim Moreira e Aiuruoca, o teste de identidade foi não significativo e para nível e forma, o resultado foi significativo.

TABELA 7 - Resultado do teste de identidade de modelo para volume total sem casca para as três regiões do estado.

Variável	Combinação	Teste	F _{cal}	F _{tab}	Teste
VTsc	123	Identidade	3,68	2,42	S
	123	Nível	6,46	3,05	S
	123	Forma	7,28	3,05	S
	23	Identidade	1,79	3,07	NS
	23	Nível	2,79	3,92	NS
	23	Forma	3,54	3,92	NS
	13	Identidade	6,93	3,08	S
	13	Nível	12,64	3,93	S
	13	Forma	13,83	3,93	S
	12	Identidade	2,49	3,08	NS
	12	Nível	4,69	3,93	S
	12	Forma	4,94	3,93	S

Para a combinação entre os municípios de Aiuruoca e Ouro Preto, a equação e suas medidas de precisão estão apresentadas a seguir:

$$\ln VT_{sc} = -10,5504605249 + 1,0445453331 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{ajustado}(\%) = 98,29$$

$$Syx(m^3) = \pm 0,04761$$

$$Syx(\%) = 24,72$$

Para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca, a equação e suas medidas de precisão estão apresentadas a seguir:

$$\ln VT_{sc} = -10,5693984308 + 1,0411458735 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2(\%)-Ajustado = 98,39$$

$$Syx(m^3) = \pm 0,03709$$

$$Syx(\%) = 23,73$$

Na Tabela 8 é apresentado o resultado dos testes realizados para a variável número de moirões. O teste de identidade entre modelo foi aplicado utilizando 5% de nível de significância. Para todas as combinações possíveis entre os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, não houve a possibilidade de agrupamento. Apenas para a combinação entre os municípios de Aiuruoca e Ouro Preto, para os testes de nível e forma, o resultado foi não significativo.

TABELA 8 - Resultado do teste de identidade de modelo para número de moirões, para as três regiões.

Variável	Combinação	Teste	F _{cal}	F _{tab}	Teste
NM	123	Identidade	6,11	2,42	S
	123	Nível	6,50	3,05	S
	123	Forma	5,85	3,05	S
	23	Identidade	5,43	3,07	S
	23	Nível	2,20	3,92	NS
	23	Forma	0,07	3,92	NS
	13	Identidade	7,01	3,08	S
	13	Nível	6,50	3,93	S
	13	Forma	11,00	3,93	S
	12	Identidade	6,85	3,08	S
	12	Nível	13,23	3,93	S
	12	Forma	10,36	3,93	S

Para o município de Delfim Moreira, a equação a ser utilizada para estimar a variável número de moirões e suas medidas de precisão é apresentada a seguir.

$$LnNM = -4,1213523873 + 0,7573355172 * Ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{ajustado}(\%) = 90,55$$

$$Syx(m^3) = \pm 2,33$$

$$Syx(\%) = 29,43$$

Para o município de Aiuruoca, a equação a ser utilizada para estimar a variável número de moirões e suas medidas de precisão é apresentada a seguir.

$$\ln NM = -3,6638615174 + 0,7144828424 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{\text{ajustado}}(\%) = 91,19$$

$$Syx(m^3) = \pm 3,52$$

$$Syx(\%) = 33,54$$

Para o município de Ouro Preto, a equação a ser utilizada para estimar a variável número de moirões e suas medidas de precisão é apresentada a seguir.

$$\ln NM = -4,3479890317 + 0,7799878756 * \ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{\text{ajustado}}(\%) = 89,62$$

$$Syx(m^3) = \pm 3,22$$

$$Syx(\%) = 31,77$$

6 Conclusões

⇒ O modelo de Spurr logaritimizado foi escolhido para estimar o volume com e sem casca até um diâmetro mínimo de galhos de 3 cm com casca, e o número de moirões para as regiões de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto.

⇒ O fator de empilhamento para a candeia decresce com o aumento das classes diamétricas. Para o município de Delfim Moreira, o fator de empilhamento médio é 1,93; para o município de Aiuruoca, é de 1,91 e, para o município de Ouro Preto, é de 1,98.

⇒ O teste de identidade entre modelos indica duas possibilidades de agrupamento. Primeira possibilidade é entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca e a segunda possibilidade é entre os municípios de Aiuruoca e Ouro Preto, para as variáveis volume total com e sem casca.

⇒ Para a variável número de moirões, o teste de identidade mostrou que não é possível o agrupamento de nenhuma combinação entre os municípios.

7 Referências Bibliográficas

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volume total, de fuste e de galhos em mata secundária no Município de Rio Vermelho, MG.** 1996. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, C. M.; COSTA, C. P. M.; SOUZA, J. S.; SILVA, R. H. D.; OLIVEIRA, C. L.; PAIXÃO, F. J. R. Rendimento da produção de óleo essencial de capim-santo submetido a diferentes tipos de adubação. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 5, jul./dez. 2005.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira.** Brasília: Embrapa, 1994. 640 p.

GEOMINAS. **Programa integrado de uso da tecnologia de geoprocessamento pelos órgãos do estado de Minas Gerais.** Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model.** Belmont: Duxbury, 1976.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de solos.** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 15 dez. 2006.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish).** 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1992.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal:** parte I: modelos de regressão linear e não linear; parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA, 2005. 351 p.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal**: medição, volumetria e gravimétrica. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

SOUZA, A.; JESUS, R. Equações de volume comercial e fator de forma para espécie da mata atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 3, p. 257-273, 1991.

CAPÍTULO 3

**AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS PARA
PESO SECO E RENDIMENTO DE ÓLEO E QUALIFICAÇÃO DO
ÓLEO PARA CANDEIA *Eremanthus erithropappus***

1 Resumo

O presente estudo objetivou ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do peso seco e rendimento de óleo bruto para a espécie candeia *Eremanthus erythropappus* em três municípios de Minas Gerais. Avaliar o comportamento da densidade básica da madeira e da casca e avaliar a qualidade do óleo obtido em cada região estudada. A base de dados foi composta de 174 árvores sendo estas distribuídas em seis classes de diâmetro, dentro das três regiões de estudo. A cubagem rigorosa foi através do método do xilômetro, foram retirados discos nas altura 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial para determinação da densidade básica da madeira e da casca. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, desvio padrão da média e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo foi usado o método desenvolvido por Graybill (1976). O modelo selecionado para as duas variáveis testadas foi o de Spurr logaritimizado. A densidade básica da madeira e da casca para os municípios que participaram do estudo foram respectivamente: Delfim Moreira 0,63 e 0,44 g/cm³, Aiuruoca 0,64 e 0,41 g/cm³ e Ouro Preto 0,68 e 0,49 g/cm³. O teste de identidade de modelos apresentou a possibilidade de agrupamento entre todas as regiões para as variáveis peso seco. Para a variável rendimento de óleo bruto o teste de identidade mostrou não haver possibilidade de agrupamento para nenhuma combinação entre as regiões de estudo. O rendimento de óleo e a qualidade do óleo (teor de α -bisabolol), em média foram respectivamente: Delfim Moreira 1,62% e 88,73%, Aiuruoca 1,12% e 88,92% e Ouro Preto 1,80% e 87,80% do peso de matéria seca.

Palavras-chave: candeia, identidade de modelos, alfa bisabolol, óleo essencial.

2 Abstract

This study aimed at fitting and select mathematical models for estimation of the dry weight and oil yield for candeia trees (*Eremanthus erithropappus*) in three counties of Minas Gerais state as well as to assess the wood and bark basic density behavior, and the oil quality of each studied region. Data base were obtained from a scaling of 174 trees grouped in six diameter classes within the three study regions. The scaling was carried out using the xylometer method (water displacement technique). In order to determine the wood and bark basic density discs from 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height were collected. The accuracy of the models was evaluated using the following statistics: coefficient of determination, mean standard deviation, and graphical residual analysis. The method developed by Graybill (1976) was used to test whether the same model could be used in the three studied regions. The Spurr logarithm model was selected as the best one for the two variables tested. The wood basic density and bark density were respectively 0.63 and 0.44 g/cm³ for Delfim Moreira, 0.64 and 0.41 g/cm³ for Aiuroca, and 0.68 and 0.49 for Ouro Preto. Considering the variable dry weight the Graybill test showed the possibility of using the same model for all regions whereas for the oil yield variable the Graybill test showed that there is no possibility of grouping. The average values for oil yield and oil quality (percentage of α -bisabolol) were respectively 1.62% and 88.73% for Delfim Moreira, 1.12% and 88.92% for Aiuroca, and 1.80% and 87.80% for Ouro Preto.

Key-words: Candeia, Graybill test, Alpha bisabolol, Essential oils.

3 Introdução

Nas últimas décadas, o interesse em trabalhar com produtos naturais cresceu muito. Os óleos essenciais têm papel expressivo entre esses produtos. No Brasil, o puro extrativismo de essências nativas, como a candeia, tem gerado muita polêmica, uma boa razão para se desenvolver estudos quantitativos com a espécie, pois ela possui um óleo que é matéria-prima de grande valor comercial, cujo principal componente, o α -bisabolol, possui propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas.

Com a realização deste estudo, buscaram-se informações da candeia de caráter prático e de grande utilidade, como valores específicos de densidade básica em cada região estudada. Souza et al. (1986) consideram que, em tecnologia da madeira, esta variável está associada às características do produto final. Foelkel et al. (1971) consideram que a densidade básica é usualmente comparada em volume e no processamento é desejável conhecer seu peso seco para um adequado controle das operações industriais.

Por ter a candeia uma área de ocorrência muito grande no estado de Minas Gerais, despertando interesse econômico e social relevante, a técnica de identidade entre modelos será utilizada com a finalidade de facilitar o monitoramento da produção de óleo, buscando a preservação do meio ambiente.

Para entender melhor o comportamento e a distribuição do óleo essencial da candeia dentro das várias classes de diâmetro e a qualidade deste óleo dentro destas classes, este trabalho foi realizado com os objetivos de: mensurar a densidade básica da madeira e da casca; ajustar e selecionar modelos matemáticos para a estimativa do peso seco e rendimento de óleo nas três regiões de estudo; avaliar a possibilidade de agrupamento dos modelos matemáticos pelo teste de identidade de modelos e qualificar o óleo por classe de diâmetro e por região de estudo.

4 Material e Métodos

4.1 Localização e caracterização da área

A área de ocorrência da candeia (*Eremanthus erythropappus*), no estado de Minas Gerais e os três municípios em que foram obtidos os dados para a realização deste estudo são mostrados na Figura 1. Na Tabela 1 são apresentadas algumas informações a respeito dos municípios.

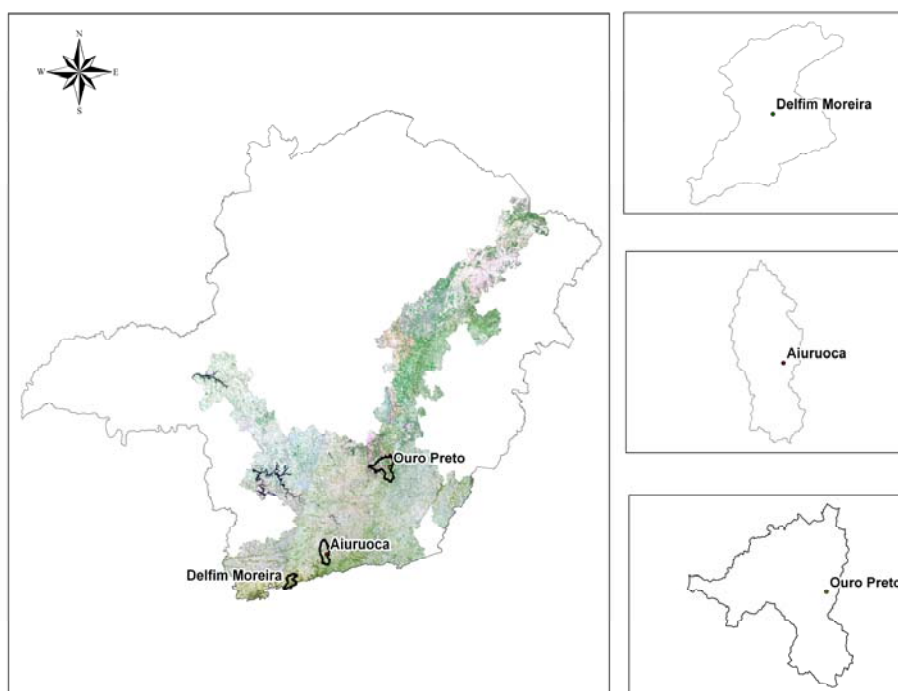


FIGURA 1 - Localização espacial da área de ocorrência da candeia no estado de Minas Gerais e a distribuição dos municípios onde foram coletados os dados.

TABELA 1 - Informações sobre latitude, longitude, altitude média da área de coleta dos dados e área dos municípios.

Município	Latitude	Longitude	Altitude	Área (ha)
Delfim Moreira	23°25'	45°15'	1600	10.846,24
Aiuruoca	21°56'	44°38'	1572	64.910,86
Ouro Preto	20°23'	43°33'	1545	124.578,90

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb, ou seja, mesotérmico úmido, caracterizado por apresentar temperatura média anual variando de 18°C a 20°C. A classificação da vegetação e do tipo de solo envolve cerrado *sensu stricto*, o Campo Cerrado, a Mata de Galeria e a Floresta Semidecidual Montana. Quanto aos solos destas regiões, podem ser encontrados Cambissolo distrófico, Cambissolo álico, Solo Litólico, Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, Latossolo Vermelho-Escuro álico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Latossolo Roxo distrófico e Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico (Geominas, 2006).

4.2 Levantamento dos dados e amostragem

Na Figura 2 é mostrado o esquema da cubagem rigorosa. Após a derrubada da árvore, mediram-se as alturas total e comercial, sendo a referência da última o eixo principal da árvore, até a altura em que o diâmetro do galho atingisse 3 cm. Em seguida, a árvore foi seccionada nas posições correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, de onde foram retirados discos a serem utilizados para determinar a densidade básica.

Foram amostradas 174 árvores, distribuídas em 6 classes de diâmetro, com diâmetro mínimo de 5 cm e máximo de 35 cm (Tabela 2).

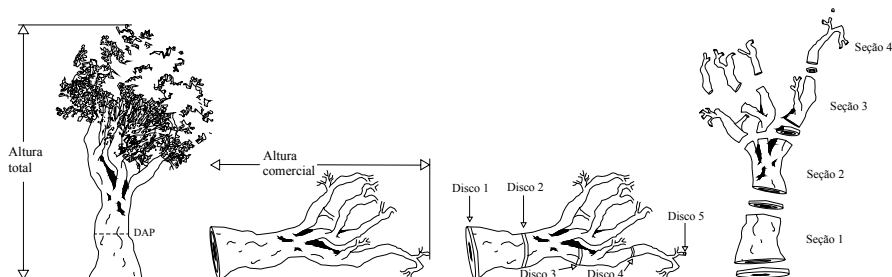


FIGURA 2 - Esquema de coleta de dados das árvores

TABELA 2 - Frequência de árvores a serem cubadas nas diferentes classes de diâmetro, em três municípios do estado de Minas Gerais.

Número de classes	Classes de diâmetro		Frequência		
			Delfim Moreira	Aiuruoca	Ouro Preto
1	5	10	10	10	10
2	10	15	11	10	11
3	15	20	10	10	11
4	20	25	10	10	10
5	25	30	7	10	10
6	30	35	4	10	10

A determinação do volume real de madeira da árvore até 3 cm de diâmetro com casca, exceto o toco, foi obtida utilizando-se o xilômetro. Para obter o volume total de madeira da árvore, utilizou-se a seguinte equação:

$$V_t = \left(\frac{Ds_1 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_2 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_3 * K}{W} \right) + \left(\frac{Ds_4 * K}{W} \right) + \left(\frac{Dd_i * K}{W} \right)$$

em que

Ds_i é o deslocamento de água da sessão entre dois discos, em cm;

K ; W são constantes do equipamento para conversão do deslocamento, em cm, para volume, em m^3 . $K = 0,002 m^3$ e $W = 0,84167 cm$;

Dd_i é o deslocamento de água dos discos de cada árvores.

4.3 Determinação da densidade

Para determinar a densidade da madeira, retiraram-se cunhas opostas à medula em cada disco obtido nas diversas posições de amostragem ao longo da árvore. Para determinar a densidade da casca, coletaram-se amostras dessa variável nas mesmas posições da árvore em que os discos foram obtidos. Em ambos os casos, manteve-se o controle das amostras por classe de diâmetro.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997), para determinar o volume de madeira saturada, as cunhas e as cascas foram submersas em água, até atingirem o ponto de saturação. Este ponto é alcançado quando a amostra atinge massa constante ou com, no máximo, uma variação de 0,5%. O volume da amostra é, então, considerado como sendo o volume saturado (V_{sat}).

Para determinar a massa seca, as amostras (cunhas ou casca) foram colocadas em câmara de secagem, com temperatura máxima de $103^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$. Durante a secagem, pesou-se a massa das amostras a cada 6 horas, até a ocorrência de uma variação, entre duas medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5%, em relação à última massa medida, que será considerada como sendo a massa seca da amostra (m_s). A densidade básica é uma massa convencional, definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado, ou seja:

$$D_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}}$$

em que

D_{bas} = densidade básica, em g/cm³;

m_s = massa seca, em g;

V_{sat} = volume saturado, em m³.

4.4 Extração de óleo bruto e determinação do teor de umidade dos cavacos

O processo de extração de óleo bruto da madeira iniciou-se com o cavaqueamento das árvores, mantendo-se o controle por classes de diâmetro. Após homogeneizar a pilha de cavacos de cada conjunto de árvores, retiraram-se, para cada classe de diâmetro, cinco amostras de 18 kg, a serem utilizadas para a extração de óleo. De cada amostra de 18 kg, retiraram-se 30 subamostras para determinar a umidade.

A extração do óleo bruto dos cavacos de madeira foi feita pelo processo determinado de arraste a vapor.

Segundo Santos et al. (2004), a determinação do rendimento de óleo, em porcentagem, deve ser feita em base seca, utilizando-se a equação a seguir:

$$R\% = \frac{Ro * 100}{\frac{Vv * U\%}{100}}$$

em que

$R\%$ é o rendimento de óleo bruto, em porcentagem;

Ro é o rendimento do óleo bruto, em kg;

Vv é o volume da amostra de madeira verde, em kg;

$U\%$ é o teor de umidade, em porcentagem.

A porcentagem de umidade dos cavacos de madeira foi determinada utilizando-se o aparelho IV2000, da marca Gehaka. Ele possui sensores de infravermelho e fornece a leitura do percentual de umidade em base seca e úmida. Foram feitas repetições até que o teor de umidade atingisse um CV% (coeficiente de variação, em porcentagem) inferior a 10%.

4.5 Modelos para estimar o peso de matéria seca e o volume de óleo

Os ajustes entre as variáveis dependentes peso de matéria seca e rendimento de óleo em função de variáveis dendrométricas (DAP e H) foram feitos utilizando-se o software Sistema Biométrico Florestal (Sisflor).

Na Tabela 3 são apresentados os doze modelos que foram ajustados. Para selecionar os modelos, levou-se em consideração o coeficiente de determinação ajustado, o erro padrão residual corrigido em porcentagem e a análise gráfica dos resíduos, conforme encontrado em Scolforo (1999).

TABELA 3 - Modelos a serem ajustados para pesos secos e quantidade de óleo, por classe de diâmetro.

Autor	Modelo
Hohenald-Krenm	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dap + \beta_2 (Dap^2) + \varepsilon_i$
Brenac	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap) + \beta_2 \left(\frac{1}{Dap}\right) + Ln(\varepsilon_i)$
Spurr	$Y = \beta_0 + \beta_1 (Dap^2 H) + \varepsilon_i$
Schummacher-Hall	$Y = \beta_0 * Dap^{\beta_1} * H^{\beta_2} + \varepsilon_i$
Schummacher-Hall (logarítmica)	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap) + \beta_2 Ln(H) + Ln \varepsilon_i$
Honner	$Y = \frac{Dap^2}{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{H}\right)} + \varepsilon_i$
Ogaya	$Y = Dap^2 (\beta_0 + \beta_1 H) + \varepsilon_i$
Stoat (australiana)	$Y = \beta_0 + \beta_1 Dap^2 + \beta_2 (Dap^2 H) + \beta_3 H + \varepsilon_i$
Naslund	$Y = \beta_1 Dap^2 + \beta_2 (Dap^2 H) + \beta_3 (Dap H^2) + \beta_4 H^2 + \varepsilon_i$
Takata	$Y = \frac{(Dap^2 H)}{(\beta_0 + \beta_1 Dap)} + \varepsilon_i$
Spurr (logarítmica)	$Ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 Ln(Dap^2 H) + Ln \varepsilon_i$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap + \beta_2 Dap^2 + \beta_3 Dap H + \beta_4 Dap^2 H + \beta_5 H + \varepsilon_i$

β_i - parâmetros da equação; Dap - diâmetro à altura do peito; H - altura; Y - característica de interesse (volumes e número de moirões); Ln - logaritmo neperiano e ε_i erro de estimativa. Fonte: (Scolforo, 2005).

4.6 Teste de identidade entre modelo

O teste de identidade entre modelos foi feito com o propósito de avaliar a possibilidade de uma única equação modelar o comportamento das variáveis estudadas. Para cada variável, foram testadas todas as combinações que representam as várias possibilidades de agrupamento entre as três regiões estudadas. A identificação da igualdade ou da diferença entre as regiões, em

relação às variáveis modeladas, é feita por meio da comparação entre a soma de quadrado dos resíduos para cada variável, em cada região (modelo completo) e a soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado com uma única base de dados contendo todas as informações das três regiões de estudo (modelo reduzido). Sempre que o valor de F calculado for maior ou igual ao valor de F tabelado, significa que o teste foi significativo, a um determinado nível de probabilidade (α) pré-estabelecido. Neste caso, rejeita-se H_0 , ou seja, o total da soma de quadrados dos resíduos de cada uma das variáveis em cada região (modelo completo) difere, estatisticamente, da soma de quadrado da diferença para o modelo ajustado para o conjunto total dos dados para cada variável (modelo reduzido). Caso contrário, se aceita H_0 , ou seja, pode-se utilizar um único modelo para estimar a variável estudada nas três regiões.

Para verificar a possibilidade de identidade entre modelos, foi utilizado o software Sisflor, que aplica o teste de identidade descrito por Graybill (1976). Esta técnica também foi utilizada por Regazzi (1992) e Scolforo (2005).

4.7 Qualidade do óleo da candeia

A origem da madeira e o equipamento de extração são fatores que influenciam muito a quantidade e a qualidade do óleo bruto a ser extraído.

O óleo bruto é uma mistura de substâncias nas quais o princípio ativo alfa-bisabolol é o componente majoritário. Para as empresas que extraem o óleo bruto da candeia por meio de um destilador molecular que separa o princípio ativo, quanto maior a porcentagem de alfa-bisabolol mais fácil será chegar a um rendimento de médio de 75%. A qualidade do princípio ativo (alfa-bisabolol) do óleo da candeia é determinada pelo mercado consumidor que aceita o produto com, no mínimo, 95% de pureza.

Para determinar a porcentagem de alfa-bisabolol no óleo bruto, este deve ser analisado por meio de cromatografia gasosa.

Neste trabalho, o equipamento utilizado para avaliar a porcentagem de alfa-bisabolol nas amostras de óleo bruto extraídas com controle por município e por classe de diâmetro foi um cromatógrafo gasoso (Marca CG-90), com coluna capilar Ohio Valley (30,0 m x 0,25 mm x 0,25 micro) CWAX 20 M polar. As análises foram realizadas com base nas seguintes especificações:

- temperatura da coluna fixa em 170°C, sem rampa de temperatura;
- produto injetado puro sem diluição;
- volume de injeção 0,5 µL;
- injetor: 240°C;
- detector: 270°C;
- gás de arraste hidrogênio 5.0 analítico;
- fluxo: 1mL/minuto;
- split ratio 1:3;
- área de integração de 100.000, exclusive picos entre 0,0 a 0,5.

5 Resultados e Discussão

5.1 Densidade básica por classe de diâmetro e por região

O comportamento da densidade básica da madeira e da casca desde a base até o topo, considerando este como sendo até 3 cm de diâmetro com casca, para os três municípios estudados, é mostrado na Tabela 4. No município de Delfim Moreira, a faixa de densidade básica da madeira para a candeia situa-se entre 0,56 e 0,66 g/cm³. A densidade predominante situava-se entre 0,60 e 0,65 g/cm³, a densidade média ponderada para o município é 0,63 g/cm³ e seu desvio padrão igual a $\pm 0,0267$. A densidade básica da casca está entre 0,40 e 0,52 g/cm³, o valor médio é de 0,44 g/cm³ e seu desvio padrão igual a $\pm 0,0434$.

Para o município de Aiuruoca, a faixa de densidade básica da madeira para a espécie situa-se entre 0,54 e 0,69 g/cm³. Esta apresenta uma predominância da densidade entre 0,60 e 0,67 g/cm³, sendo a densidade média ponderada para o município 0,63 g/cm³ e seu desvio padrão igual a $\pm 0,0234$. A densidade básica da casca está entre 0,38 e 0,48 g/cm³, o valor médio é de 0,41 g/cm³ e o desvio padrão igual a $\pm 0,0494$.

No município de Ouro Preto, a densidade básica da madeira apresenta uma faixa de amplitude que vai de 0,63 a 0,74 g/cm³. Predominantemente, este valor encontra-se entre 0,65 e 0,71 g/cm³, sendo a densidade média ponderada do município igual a 0,68 g/cm³ e seu desvio padrão igual a $\pm 0,0115$. Em relação à casca, a densidade básica apresenta amplitude de 0,46 a 0,54 g/cm³, sendo o valor médio 0,48 g/cm³ e seu desvio padrão igual a $\pm 0,0296$.

Para todos os municípios estudados, há uma tendência de a densidade básica decrescer no sentido base-topo, havendo, para o município de Delfim Moreira, nas classes de diâmetro 7,5 e 22,5 cm, um único valor discrepante dessa tendência. No município de Ouro Preto, nas classes de diâmetro 7,5, 12,5, 22,5 e 32,5 cm, existe um único valor discrepante dessa tendência. Segundo

Palermo, Latorraca et. al. (2006), uma explicação para o aumento da densidade, a 75% da altura comercial, pode estar relacionado com a copa, pois é uma região de inserção dos ramos, onde ocorrem alterações na estrutura anatômica da madeira, provocando aumento da densidade. A formação de lenho de reação ou outros fatores, como ação do vento na copa da árvore, também pode influenciar o comportamento da densidade ao longo do tronco e entre árvores.

Os valores de densidade encontrados neste estudo assemelham-se aos do estudo desenvolvido por Perez (2001) e (Scolforo & Thiersch, 2004), em que densidade básica da madeira da candeia apresentou uma faixa de 0,60 a 0,78 g/cm³, com predominância desses valores entre 0,63 e 0,71 g/cm³, no município de Aiuruoca, MG.

TABELA 4 - Valores médios da densidade por altura e classe de diâmetro, da densidade média ponderada e densidade da casca, para as três regiões de estudo.

Região			Valor central das classes diamétricas (cm)						
			7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	
\overline{DAP} (cm)			7,69	12,45	17,65	22,09	27,02	32,12	
\overline{HT} (cm)			6,64	8,41	9,05	9,67	9,95	10,32	
Delfim Moreira	Densidade Básica (g/cm ³)	Altura da medição	0%	0,66	0,65	0,64	0,64	0,64	0,65
			25%	0,63	0,61	0,62	0,63	0,65	0,62
			50%	0,61	0,59	0,62	0,64	0,65	0,64
			75%	0,63	0,60	0,61	0,67	0,64	0,65
			100%	0,58	0,56	0,58	0,62	0,59	0,63
Densidade básica média ponderada madeira (g/cm ³)			0,63	0,61	0,62	0,64	0,64	0,64	
Densidade básica média casca (g/cm ³)			0,44	0,42	0,52	0,42	0,43	0,40	
\overline{DAP} (cm)			7,47	12,67	17,37	22,54	27,40	31,49	
\overline{HT} (cm)			6,68	6,96	7,28	9,90	10,69	10,86	
Aiuruoca	Densidade Básica (g/cm ³)	Altura da medição	0%	0,67	0,64	0,68	0,68	0,64	0,66
			25%	0,63	0,62	0,69	0,67	0,63	0,66
			50%	0,64	0,61	0,68	0,65	0,64	0,65
			75%	0,62	0,58	0,65	0,64	0,65	0,65
			100%	0,58	0,54	0,62	0,60	0,60	0,61
Densidade básica média ponderada madeira (g/cm ³)			0,63	0,61	0,67	0,66	0,64	0,65	
Densidade básica média casca (g/cm ³)			0,39	0,39	0,48	0,47	0,37	0,38	
\overline{DAP} (cm)			7,67	12,40	17,56	22,60	27,50	32,64	
\overline{HT} (cm)			6,13	7,54	8,03	10,71	11,11	12,25	
Ouro Preto	Densidade Básica (g/cm ³)	Altura da medição	0%	0,74	0,72	0,72	0,71	0,68	0,70
			25%	0,64	0,67	0,69	0,70	0,65	0,71
			50%	0,67	0,66	0,68	0,68	0,66	0,70
			75%	0,66	0,68	0,66	0,70	0,70	0,69
			100%	0,65	0,63	0,64	0,64	0,69	0,69
Densidade básica média ponderada madeira (g/cm ³)			0,67	0,67	0,68	0,69	0,67	0,70	
Densidade básica média casca (g/cm ³)			0,46	0,54	0,48	0,48	0,50	0,46	

Há estudos que mostram a influência da densidade da madeira sobre várias de suas características (Brito & Barrichelo, 1980). Este pode ser um dos fatores que afetam o rendimento do óleo bruto, ou seja, madeiras mais densas podem dificultar mais a extração do óleo. Por outro lado, a densidade mais alta pode proporcionar um maior rendimento em óleo, o que pode ser o caso do município de Ouro Preto.

5.2 Peso de matéria seca

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios por árvore dentro de cada classe de diâmetro e por município, para a variável peso de matéria seca, juntamente com os respectivos desvios padrões da média. O comportamento do peso de matéria seca no município de Delfim Moreira para a candeia, considerando como base de referência a classe de diâmetro de valor central 12,5 cm, mostrou que plantas com diâmetro cujo valor central é 7,5 cm apresentam 3,28 vezes menos matéria seca; para a classe de 17,5 cm, apresenta 2,12 vezes mais matéria seca; para a classe de 22,5 cm, apresenta 3,61 vezes mais matéria seca; para a classe de 27,5 cm, apresenta 5,56 vezes mais matéria seca e, para 32,5 cm, apresenta 7,50 vezes mais matéria seca. Em Aiuruoca, plantas com diâmetro cujo valor central é 7,5 cm apresentam 2,60 vezes menos matéria seca; para a classe de 17,5 cm, apresenta 1,71 vez mais matéria seca; para a classe de 22,5 cm, apresenta 4,72 vezes mais matéria seca; para a classe de 27,5 cm, apresenta 6,30 vezes mais matéria seca e, para 32,5 cm, apresenta 9,13 vezes mais matéria seca. Para o município de Ouro Preto, árvores com diâmetro cujo valor central esteja dentro da classe de 7,5 cm apresentam 3,09 vezes menos matéria seca; para a classe de 17,5 cm, apresenta 2,41 vezes mais matéria seca; para a classe de 22,5 cm, apresenta 4,70 vezes mais matéria seca; para a classe de 27,5 cm, apresenta 7,57 vezes mais matéria seca e, para 32,5 cm, apresenta 11,47 vezes mais matéria seca.

É natural que, com a mudança do valor central de classe diamétrica utilizado como referência de comparação, as proporções entre os valores de peso seco mudem. Essas informações são importantes sob vários aspectos. Será muito mais justo para o proprietário de área com candeia e para proprietários de fábricas que extraem o óleo da candeia se a madeira for comercializada por peso de matéria seca. Essas relações desenvolvidas auxiliam na tomada de decisão em função do diâmetro a ser conduzido num povoamento para o melhor manejo sustentável.

TABELA 5 - Informações médias de peso de matéria seca por árvore, por classe, para os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto.

Região	Valor central das classes de diâmetro								
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5*	42,5*
Delfim Moreira	\overline{PS} Kg	11,090	36,380	77,207	131,459	202,193	272,682	343,17	413,66
	Desvio Padrão	4,98	11,84	16,42	29,32	32,41	20,90		
Aiuruoca	\overline{PS} Kg	11,651	30,251	62,237	171,641	229,163	332,207	435,25	538,3
	Desvio Padrão	6,27	9,83	19,31	71,65	60,22	70,88		
Ouro Preto	\overline{PS} Kg	11,592	35,815	87,647	170,981	275,391	417,130	558,87	700,61
	Desvio Padrão	5,24	12,80	21,86	58,38	73,68	135,24		

\overline{PS} - peso de matéria seca, * - valores obtidos por meio da tendência das classes anteriores.

5.3 Rendimento de óleo bruto

O rendimento de óleo bruto médio, em porcentagem, para cada classe de diâmetro e o rendimento de óleo bruto, em quilogramas, sendo este em função do peso de matéria seca da árvore média de cada classe de diâmetro para os três municípios estudados, encontram-se na Tabela 6.

Para o município de Delfim Moreira, o percentual de óleo contido nas plantas das maiores classes de diâmetro não ultrapassa a 52% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para a planta atingir a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para ela atingir a classe de diâmetro com valor

central de 12,5 cm. Nos povoamentos nativos, a curva que expressa a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro é decrescente, ou seja, há muito mais árvores nas menores classes de diâmetro que nas maiores.

No município de Aiuruoca, o percentual de óleo contido nas plantas das maiores classes de diâmetro chega a 35% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para que a planta atinja a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para ela atingir a classe de diâmetro com valor central de 12,5 cm. Nos povoamentos nativos, a curva que expressa a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro é decrescente, ou seja, há muito mais árvores nas menores classes de diâmetro que nas maiores.

Em Ouro Preto, o percentual de óleo contido nas plantas das maiores classes de diâmetro chega a 37% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para que a planta atinja a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para ela atingir a classe de diâmetro com valor central de 12,5 cm. Nos povoamentos nativos, a curva que expressa a distribuição do número de árvores por classe de diâmetro é decrescente, ou seja, há muito mais árvores nas menores classes de diâmetro que nas maiores.

Análise semelhante a essas foi feita por (Scolforo & Thiersch, 2004) para a espécie candeia, no município de Aiuruoca. Estes autores demonstraram que a estratégia para estabelecer plantios ou sistema de manejo que contemplem um alto estoque de plantas por hectare, para serem exploradas em idades mais jovens ou com menores classes de diâmetro, é perfeitamente possível.

TABELA 6 - Informações da árvore médias por classe de diâmetro e por região de estudo para a variável rendimento de óleo bruto, em porcentagem e quilograma

Região		Valor central das classes de diâmetro							
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5*	42,5*
Delfim Moreira	\overline{PS} Kg	11,090	36,380	77,207	131,459	202,193	272,682	343,17	413,66
	Desvio Padrão	4,98	11,84	16,42	29,32	32,41	20,90		
	\overline{RO} %	1,68	1,75	1,89	1,99	2,02	2,13	2,24	2,35
	Desvio Padrão	0,11	0,20	0,16	0,13	0,19	0,06		
	\overline{RO} Kg	0,1860	0,6362	1,4596	2,6195	4,0806	5,8007	7,6870	9,7210
	Desvio Padrão	0,084	0,192	0,244	0,520	0,434	0,372		
Aiuruoca	\overline{PS} Kg	11,651	30,251	62,237	171,641	229,163	332,207	435,25	538,3
	Desvio Padrão	6,27	9,83	19,31	71,65	60,22	70,88		
	\overline{RO} %	1,56	1,62	1,60	2,17	2,01	2,08	2,15	2,22
	Desvio Padrão	0,08	0,21	0,17	0,17	0,12	0,15		
	\overline{RO} Kg	0,1818	0,4886	0,9941	3,7218	4,6080	6,9098	9,3579	11,9503
	Desvio Padrão	0,078	0,142	0,297	1,554	0,831	1,084		
Ouro Preto	\overline{PS} Kg	11,592	35,815	87,647	170,981	275,391	417,130	558,87	700,61
	Desvio Padrão	5,24	12,80	21,86	58,38	73,68	135,24		
	\overline{RO} %	1,75	1,89	2,01	2,00	2,16	2,12	2,16	2,21
	Desvio Padrão	0,06	0,08	0,19	0,17	0,09	0,09		
	\overline{RO} Kg	0,2034	0,6775	1,7654	3,4259	5,9601	8,8326	12,0716	15,4835
	Desvio Padrão	0,083	0,228	0,353	0,966	1,595	2,679		

\overline{PS} - peso de matéria, \overline{RO} % - rendimento de óleo bruto das amostras, \overline{RO} kg – rendimento de óleo bruto em função do peso de matéria seca e * - valores obtidos por meio da tendência das classes anteriores.

5.4 Equações para peso de matéria seca e volume de óleo bruto

Na Tabela 7 são apresentadas as equações selecionadas para estimar peso de matéria seca e o rendimento de óleo, para os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, além das medidas de precisão.

TABELA 7 - Equações para estimar o peso seco e o rendimento de óleo para a candeia, nos municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto.

Região	Peso de matéria seca				
	Equações	F _{cal}	R ²	S _{vx} (Kg)	S _{vx} %
Delfim Moreira	$LnPS = -3,70645421 + 1,01275474 * Ln((DAP^2) * HT)$	2849,8 1	98,2 4	±20,69 0	21,0 8
Aiuruoca	$LnPS = -3,76905059 + 1,02619636 * Ln((DAP^2) * HT)$	2949,3 8	98,0 4	±34,26 2	24,5 6
Ouro Preto	$LnPS = -3,55597384 + 1,01277294 * Ln((DAP^2) * HT)$	3601,1 8	98,3 3	±46,25 0	28,3 7
	Rendimento de óleo bruto				
	Equações	F _{cal}	R ²	S _{vx} (Kg)	S _{vx} %
Delfim Moreira	$LnRO = -8,2002177 + 1,07943431 * Ln((DAP^2) * HT)$	3160,3 6	98,4 1	±0,426	21,8 5
Aiuruoca	$LnRO = -8,52954285 + 1,1217187 * Ln((DAP^2) * HT)$	2930,1 8	98,0 3	±0,744	26,4 4
Ouro Preto	$LnRO = -7,88173636 + 1,06398477 * Ln((DAP^2) * HT)$	3607,5 9	98,3 4	±0,999	29,3 4

Em que: PS – peso de matéria seca, RO – rendimento de óleo bruto, Ln – logaritmo neperiano, R² - coeficiente de determinação corrigido.

Os valores encontrados para o coeficiente de determinação (R²) mostram que as variáveis independentes explicam de maneira satisfatória as variações da variável dependente. Os valores altos do erro médio devem-se à variabilidade encontrada nas árvores amostradas dentro de cada município, típica da vegetação nativa.

Na Figura 3 são apresentados os gráficos de resíduos, nos quais se pode observar que o erro para estimar o peso de matéria seca e o rendimento de óleo bruto de um único indivíduo pode ser grande. A inexistência de tendência

observada indica claramente que erros de superestimativa estão anulando erros de subestimativa. Em essência, essas equações garantem um bom uso, ao aplicá-las em parcelas do inventário florestal dentro dos municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3). Este é um ponto crucial do controle da informação para diversos fins.

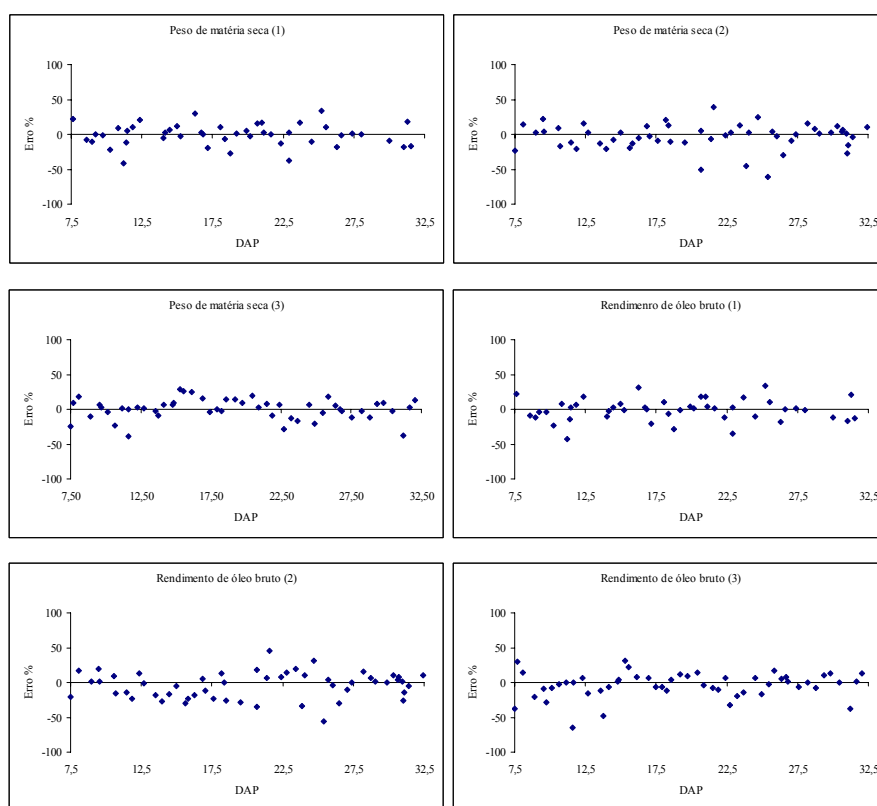


FIGURA 3 - Distribuição gráfica dos resíduos para peso de matéria seca e rendimento de óleo bruto.

5.5 Teste de identidade entre modelos

Na Tabela 8 é apresentado o resultado dos testes de identidade, nível e forma realizados para a variável peso de matéria seca. Para as várias

combinações entre Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, o resultado do teste de identidade foi não significativo para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca. Para todas as outras combinações, o teste de identidade foi significativo.

TABELA 8 - Resultado do teste de identidade, nível e forma para peso de matéria seca, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3).

Variavel	Combinação	Teste	F _{tab}	F _{cal}	Teste
PS	123	Identidade	2,43	6,28	S
	123	Nível	3,05	0,63	NS
	123	Forma	3,05	0,19	NS
	23	Identidade	3,07	5,96	S
	23	Nível	3,92	1,11	NS
	23	Forma	3,92	0,28	NS
	13	Identidade	3,08	12,41	S
	13	Nível	3,93	0,55	NS
	13	Forma	3,93	0,00	NS
	12	Identidade	3,08	1,00	NS
	12	Nível	3,93	0,08	NS
	12	Forma	3,93	0,24	NS

Para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca, a equação e suas medidas de precisão estão apresentadas a seguir.

$$LnPS = -3,7556914028 + 1,0220476998 * Ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{ajustado}(\%) = 98,12$$

$$Syx(Kg) = \pm 29,7672$$

$$Syx(\%) = 24,74$$

Na Tabela 9 apresenta-se o resultado dos testes de identidade, nível e forma realizados para a variável rendimento de óleo bruto. Para todas as

possíveis combinações entre Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, o resultado do teste de identidade foi não significativo para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca. Para todas as outras combinações, o teste de identidade foi significativo.

TABELA 9 - Resultado do teste de identidade, nível e forma para rendimento de óleo bruto, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3).

Variavel	Combinação	Teste	F _{tab}	F _{cal}	Teste
RO	123	Identidade	2,43	13,10	S
	123	Nível	3,05	4,90	S
	123	Forma	3,05	2,61	S
	23	Identidade	3,07	18,36	S
	23	Nível	3,92	8,86	S
	23	Forma	3,92	4,52	S
	13	Identidade	3,08	20,21	S
	13	Nível	3,93	2,30	NS
	13	Forma	3,93	0,34	NS
	12	Identidade	3,08	1,06	NS
	12	Nível	3,93	2,07	NS
	12	Forma	3,93	2,11	NS

Para a combinação entre os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca, a equação e suas medidas de precisão são apresentadas a seguir.

$$LnRO = -8,3906524201 + 1,1041360675 * Ln((DAP^2) * HT)$$

$$R^2_{ajustado}(\%) = 98,17$$

$$Syx(Kg) = \pm 0,63671$$

$$Syx(\%) = 26,39$$

5.6 Qualidade do óleo bruto

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios de peso de matéria seca, rendimento de óleo bruto e teor de α -bisabolol por classe de diâmetro e por

município. O teor do α -bisabolol é fator fundamental para a comercialização do óleo bruto e a sua porcentagem no óleo bruto é fator limitante para que sua obtenção através de uma torre de separação molecular seja econômica viável.

A porcentagem de α -bisabolol é influenciada pela porcentagem de casca na madeira. Quando se extrai óleo apenas da madeira da candeia, a porcentagem de α -bisabolol pode chegar a 95%. Para a caracterização química da casca e da madeira da candeia, constatou-se um rendimento de 0,76% de óleo bruto extraído da casca da candeia, com 66,1% de α -bisabolol.

No município de Delfim Moreira, o percentual de α -bisabolol contido nas plantas das maiores classes de diâmetro não ultrapassa a 52% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para a planta atingir a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para ela atingir a classe de diâmetro com valor central de 12,5 cm.

Em Aiuruoca, o percentual de α -bisabolol contido nas plantas das maiores classes de diâmetro chega a 35% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para que a planta atinja a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para que ela atinja a classe de diâmetro com valor central de 12,5 cm.

Para Ouro Preto, o percentual de α -bisabolol contido nas plantas das maiores classes de diâmetro chega a 37% do óleo contido nas plantas das menores classes de diâmetro. O tempo necessário para que a planta atinja a classe de diâmetro com valor central de 30 cm é, pelo menos, 4 vezes maior que o tempo necessário para que ela atinja a classe de diâmetro com valor central de 12,5 cm.

A porcentagem de α -bisabolol presente nas árvores de candeia nativa das menores classes de diâmetro indica que é perfeitamente possível trabalhar

com a estratégia para estabelecer sistemas de manejo que contemplem um alto estoque de plantas por hectare, a serem exploradas nas menores classes de diâmetro.

Segundo (Scolforo & Thiersch, 2004) esperam-se que um povoamento nativo de candeia em sítios pouco produtivo produza entre 9 e 13,5 m³ de madeira com diâmetro situado na faixa de 5 a 15 cm e de 3 a 4,5 m³ de madeira com diâmetro entre 25 e 40 cm. Esta informação indica que as menores classes de diâmetro produzem 200% ou mais madeira que nas maiores classes de diâmetro.

TABELA 10 - Resultado do teste de identidade, nível e forma para rendimento de óleo bruto, para todas as combinações entre os municípios de Delfim Moreira (1), Aiuruoca (2) e Ouro Preto (3).

Região		Valor central das classes de diâmetro					
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5
Delfim Moreira	\overline{PS} Kg	11,090	36,380	77,207	131,459	202,193	272,682
	Desvio Padrão	4,98	11,84	16,42	29,32	32,41	20,90
	\overline{RO} %	1,68	1,75	1,89	1,99	2,02	2,13
	Desvio Padrão	0,11	0,20	0,16	0,13	0,19	0,06
	$\overline{T\alpha.B}$ %	88,30	88,70	90,38	88,65	86,33	89,73
	Desvio Padrão	1,70	1,99	1,33	0,89	1,18	0,46
Aiuruoca	\overline{PS} Kg	11,651	30,251	62,237	171,641	229,163	332,207
	Desvio Padrão	6,27	9,83	19,31	71,65	60,22	70,88
	\overline{RO} %	1,56	1,62	1,60	2,17	2,01	2,08
	Desvio Padrão	0,08	0,21	0,17	0,17	0,12	0,15
	$\overline{T\alpha.B}$ %	87,65	88,42	85,66	91,79	90,16	90,42
	Desvio Padrão	0,40	1,51	0,12	0,74	1,58	2,06
Ouro Preto	\overline{PS} Kg	11,592	35,815	87,647	170,981	275,391	417,130
	Desvio Padrão	5,24	12,80	21,86	58,38	73,68	135,24
	\overline{RO} %	1,75	1,89	2,01	2,00	2,16	2,12
	Desvio Padrão	0,06	0,08	0,19	0,17	0,09	0,09
	$\overline{T\alpha.B}$ %	86,25	86,04	86,17	89,52	89,80	89,34
	Desvio Padrão	1,32	1,09	1,28	0,26	1,11	1,47

6 Conclusões

A densidade básica média da madeira para a espécie candeia é de 0,63 g/cm³, para Delfim Moreira; de 0,67 g/cm³, para Aiuruoca e de 0,68 g/cm³, para Ouro Preto.

A densidade básica média da casca para a espécie candeia é de 0,44 g/cm³, para Delfim Moreira; de 0,41 g/cm³, para Aiuruoca e de 0,49 g/cm³, para Ouro Preto.

Para estimar o peso de matéria seca e o rendimento de óleo bruto, o melhor modelo é o de Spuur Ln.

O rendimento de óleo bruto é maior na medida em que aumenta a classe de diâmetro.

Em relação ao peso seco, o teste de identidade entre modelos indica ser possível agrupar as regiões de Delfim Moreira e Aiuruoca. Para o rendimento de óleo bruto, o teste de identidade entre modelos indicou a impossibilidade de agrupamento para os municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca.

O teor de alfa-bisabolol se apresentou economicamente satisfatório em todas as classes de diâmetro e nos três municípios estudados.

7 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estrutura de madeiras**: NBR 7190. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BRITTO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlação entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 2 densidade da madeira versus densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 101-113, jun. 1980.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, v. 2, p. 65-74, jun. 1971.

GEOMINAS. **Programa integrado de uso da tecnologia de geoprocessamento pelos órgãos do estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of the linear model**. Belmont: Duxbury, 1976.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; REZENDE, M. A.; NASCIMENTO, A. M.; SEVERO, E. T. D.; ABREU, H. S. Análise da densidade da madeira de *Pinus elliottii* engelm. **Revista da Madeira**, São Paulo, n. 99, set. 2006. Não paginado. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_capa.php?edicao=99>. Acesso em: 21 fev. 2007.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelo de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 46, n. 266, p. 383-409, jun./ago. 1999.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 40, n. 228, p. 176-195, 1992.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; NETO, O. G. R. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Brasília: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico, n. 99). Disponível em: <www.cpatu.embrapa.br/online/comunicado/Com.tec.99.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: módulo 3: métodos para classificação de sítios. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 151 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: parte I: modelos de regressão linear e não linear; parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA, 2005. 351 p.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal**: medição, volumetria e gravimétrica. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista aluvial no município de Araucária, Paraná**. 2004. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOUZA, V. R.; CARPIM, M. A.; BARRICHELLO, L. E. G. Densidade básica entre procedências, classe de diâmetro e posições em árvores de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, Piracicaba, v. 33, p. 65-72, ago. 1986.