

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

MAYRA ESTEVÃO BARROS DE CASTRO

VARIABILIDADE DA GRÃ E DA DENSIDADE BÁSICA AO LONGO  
TRONCO DE SEIS CLONES DE *Eucalyptus*

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2018

MAYRA ESTEVÃO BARROS DE CASTRO

VARIABILIDADE DA GRÃ E DA DENSIDADE BÁSICA AO LONGO  
TRONCO DE SEIS CLONES DE *Eucalyptus*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2018

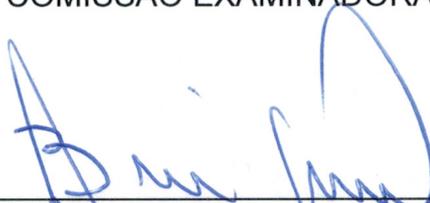
MAYRA ESTEVÃO BARROS DE CASTRO

VARIABILIDADE DA GRÃ E DA DENSIDADE BÁSICA AO LONGO  
TRONCO DE SEIS CLONES DE *Eucalyptus*

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal

Aprovada em 06 de julho de 2018

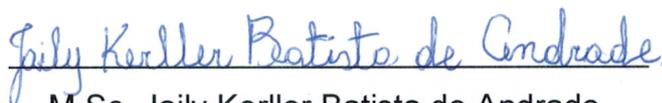
COMISSÃO EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes  
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Yonny Martínez López  
Universidade Federal do Espírito Santo



M.Sc. Jaily Kerller Batista de Andrade  
Universidade Federal do Espírito Santo

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir concluir mais uma etapa em minha vida e me conceder forças para perseverar no caminho até aqui.

À minha mãe Maria Regina, ao meu pai Admar e ao meu irmão Marlon pelo amor incondicional e por apoiarem as minhas decisões.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira que me acolheram e forneceram o suporte necessário para a realização desta pesquisa.

Ao Complexo Agroindustrial Pindobas Ltda., em especial ao Sr. Almir Amed Deud, pela doação da madeira utilizada neste estudo.

Ao Professor Dr. Juarez Benigno Paes, por ser um incentivador pessoal, pela paciência e disponibilidade em me orientar e a Dr. Luciana Ferreira da Silva pelo fornecimento dos dados utilizados neste trabalho.

Aos membros da Banca Examinadora Dr. Yonny Martínez López e Msc. Jaily Kerller Batista de Andrade por aceitarem meu convite, pela disponibilidade e contribuições para o trabalho.

Aos técnicos de Laboratório José Geraldo e Elecy por sempre estarem dispostos a colaborar com os trabalhos desenvolvidos.

A Professora Dr. Graziela Baptista Vidaurre por me conceder a oportunidade de participar do grupo de pesquisa em qualidade da madeira e pela orientação ao longo da graduação. Ao João Gabriel, que durante minha graduação, além de amigo se tornou meu mentor na vida acadêmica com conselhos que foram extremamente importantes, pelos bate-papos e por aguçar ainda mais meu interesse sobre a tecnologia da madeira.

À antiga “República Purgatório” e a Ariany pelos desabafos e alegrias compartilhadas no dia a dia e que sempre me incentivaram a continuar.

Ao Fernando, por colaborar gentilmente com a realização desse trabalho e por todos os momentos de risadas.

À empresa Cinética Júnior e a Comissão de Formatura 2017/2 por todos os aprendizados e experiências adquiridas.

E finalmente, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica e que por um descuido não foram citados neste texto.

## RESUMO

Os objetivos do trabalho foram avaliar a variabilidade da grã e da densidade básica ao longo do tronco de seis clones de *Eucalyptus*, verificar o efeito da densidade básica na grã e classificar o tipo predominante de grã dos materiais genéticos estudados. Selecionaram-se três árvores por clone, e retiraram-se discos (5 cm de espessura) no início e no final de cada tora (4,20 m) em diferentes posições na árvore até a sua altura comercial. Algumas árvores obtiveram até nove discos, no entanto, para padronização dos dados, utilizaram-se seis posições. Os discos foram divididos em quatro cunhas, sendo duas para a análise de densidade e as outras para a mensuração da grã. As cunhas destinadas a análise da grã foram transformadas em corpos de prova de 5,0 x 5,0 x 5,0 cm e foram fendilhadas em sua superfície radial com o uso de um formão e martelo. Posteriormente, os corpos de prova foram digitalizados em *scanner* de alta resolução (600dpi) para obter as imagens, que foram analisadas com Image-Pro Plus® (versão 4.5.0.29). A mensuração do máximo desvio da grã (MAD) foi realizada ao traçar uma mediana no comprimento da superfície fendilhada e selecionar o maior desvio angular a esquerda e a direita. Os resultados indicaram que não houve diferença estatística do MAD entre as posições nos clones e nem para interação clone e posição, contrariando a hipótese da variabilidade da grã longitudinalmente no tronco. Já para a densidade básica da madeira, houve diferenças entre os clones e posições longitudinais na árvore, tendo a interação entre os fatores sido não significativa. Os clones foram classificados em três classes (moderadamente inter cruzada, inter cruzada, fortemente inter cruzada) de acordo os valores médios do MAD. Os materiais genéticos produtores de madeiras mais densas (C e E) apresentaram menores desvios da grã. No geral, houve uma correlação negativa ( $R^2 = - 0,53$ ; teste  $t = - 3,62$ ;  $p < 0,05$ ) entre a densidade básica da madeira e o MAD revelando que existe efeito sobre a grã da madeira.

**Palavras-chave:** máximo desvio angular, heterogeneidade, sentido base-topo.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| LISTA DE TABELAS .....                              | vi  |
| LISTA DE FIGURAS .....                              | vii |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                  | 1   |
| 1.1.2 Objetivo geral.....                           | 2   |
| 1.1.3 Objetivos específicos .....                   | 2   |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA .....                       | 3   |
| 3 METODOLOGIA.....                                  | 8   |
| 3.1 Sistema de amostragem e local de coleta .....   | 8   |
| 3.2 Mensuração do máximo desvio angular (MAD) ..... | 10  |
| 3.3 Determinação da densidade básica.....           | 12  |
| 3.4 Classificação do tipo de grã.....               | 12  |
| 3.5 Análise estatística.....                        | 13  |
| 4 RESULTADOS DA PESQUISA.....                       | 14  |
| 5 CONCLUSÕES .....                                  | 17  |
| 6 REFERÊNCIAS.....                                  | 18  |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Procedência dos materiais genéticos e denominação utilizada no experimento .....   | 9  |
| Tabela 2 - Descrição do grau de inter cruzamento da grã correspondente aos intervalos de MAD .....  | 13 |
| Tabela 3 - Valores médios do máximo desvio angular (MAD) por material genético e sua classificação para seis clones de <i>Eucalyptus</i> com 14 anos de idade ..... | 14 |
| Tabela 4 - Valores médios da densidade básica (DB) por material genético e posição na árvore para seis clones de <i>Eucalyptus</i> com 14 anos de idade .....       | 16 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Representação da grã direita (lado esquerdo) e da grã irregular, nesse caso espiralada (lado direito) ao longo do tronco .....   | 5  |
| Figura 2 - Esquema do processo de reorientação da grã em reação à morte de um ramo lateral. (A) e (B) presença de ramo lateral e grã direita na árvore; (C) ferida circular deixada pela retirada do ramo; (D) reconstrução do tecido e nova disposição da grã no local ..... | 7  |
| Figura 3 - Mapa do Brasil com a localização do Espírito Santo e da cidade de Venda Nova do Imigrante .....  | 8  |
| Figura 4 - Diferentes posições dos discos retirados ao longo das árvores de <i>Eucalyptus</i> e dimensão dos discos selecionados .....  | 10 |
| Figura 5 - Processo de geração dos corpos de prova para avaliação da densidade básica (DB) e do máximo desvio angular (MAD) .....   | 11 |
| Figura 6 - Direção do fendilhamento dos corpos de prova (A) e pontos de medição do máximo desvio angular do lado esquerdo e direito (B) ..  | 11 |
| Figura 7 - Padrões representativos do MAD médio por clone .....   | 15 |

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira possui variabilidade que reflete em inúmeras características peculiares ou não à espécie. Essas características são chamadas de propriedades da madeira e auxiliam na determinação de possíveis usos desse material.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção dos principais materiais fabricados à base de madeira aumentou, pelo sétimo ano consecutivo e atingiu 6%. Esse aumento considerável foi ocasionado pela expansão do consumo dos principais produtos de madeira como a madeira serrada e os painéis constituídos de madeira. Além disso, os pesquisadores afirmam que esse crescimento tende a continuar em 2018 (FAO, 2017).

O crescimento da produção e do consumo de madeira do mundo reflete o quanto os hábitos da população estão mudando. Diante dessa mudança, cabe aos envolvidos no setor florestal e madeireiro investirem em inovações, pesquisas e tecnologias para aprimorar cada vez mais a qualidade do produto que chega ao consumidor.

O conhecimento da variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira, segundo Melo (2004) pode ser alcançado realizando uma amostragem aleatória e que seja representativa da espécie que se deseja caracterizar. Além disso, a madeira selecionada para os testes deve ser livre de nós, lenho de reação e outros defeitos que possam induzir a resultados errôneos.

A realização deste trabalho justifica-se uma vez que existem poucos estudos relacionados à grã da madeira, e a necessidade de buscar mais informações sobre como ela se comporta longitudinalmente no tronco. Contudo, o estudo dessa característica envolve vários fatores que podem influenciar o seu desempenho.

A importância de se estudar a variabilidade da grã longitudinalmente no tronco está associada à influência que a mesma tem na qualidade da madeira para produção de madeira serrada. Para esse ramo de produção, a grã poderá afetar desde a estabilidade dimensional e o processo de secagem até usinagem e a resistência mecânica. Dependendo do tipo de grã da madeira o acabamento com lixa poderá onerar o processo por exigir mais tempo e esforço da mão-de-obra contratada. Além disso, no arqueamento as fibras podem se separar rompendo a peça (MELO; CAMARGOS, 2015).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar a variabilidade da grã e da densidade básica ao longo do tronco de seis clones de *Eucalyptus*.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Mensurar o máximo desvio angular da grã nas diferentes posições ao longo do tronco;
- Classificar o tipo predominante de grã nos materiais genéticos; e
- Determinar a densidade da madeira em posições ao longo do tronco e verificar se a mesma afeta o máximo desvio da grã.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O gênero *Eucalyptus* pertencente à família Myrtaceae, é originário da Austrália, com exceção das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus deglupta* que são oriundas das ilhas da Oceania. Existem aproximadamente 700 espécies já identificadas além de possuir uma porção de variedades e híbridos (BERTOLA, 2013).

No geral, os pesquisadores da área florestal direcionavam seus interesses primeiramente na busca de resultados que determinassem parâmetros de variabilidade em relação às árvores do povoamento. Procurando cada vez mais compreender o material madeira. Assim, as pesquisas subsequentes verificaram também a grande variabilidade existente no sentido longitudinal e radial dentro de uma árvore de uma dada espécie (BARRICHELO; BRITO, 1984).

As características organolépticas são aquelas que podem ser percebidas pelos sentidos visão, tato, olfato e até paladar. Muitas vezes esses sentidos são utilizados em primeiro momento para identificação e caracterização macroscópicas de famílias e espécies arbóreas. Alguns fatores podem influenciar a formação grã da madeira na árvore, como fatores hereditários (HARRIS, 1989), fatores ambientais que afetam o crescimento (FONWEBAN et al., 2013) e as tensões de crescimento.

A grã é considerada uma característica organoléptica da madeira, ou seja, é uma característica que pode ser percebida pelo sentido da visão. Entretanto, destaca-se que as características organolépticas no geral são bastante subjetivas e podem variar de um observador para o outro. Com isso tem-se a necessidade de medir a angulação da grã para definir informações mais precisas acerca de suas relações com outras propriedades e sua importância na madeira.

As propriedades organolépticas em alguns casos também podem ser mensuradas por testes variados sendo definidos de acordo com a característica a ser estudada. As características mais comuns são cor, cheiro, sabor, textura, desenho, brilho e grã.

O desenho é a resultante de um conjunto das variáveis macroscópicas e descrevem o perfil natural da superfície da madeira observada. Dentre as características que corroboram para a formação do desenho podem ser citadas a

cor, a quantidade de cerne e o albarno na madeira, presença de nós, excentricidade da medula e grã irregular (MORESCHI, 2014).

Ao realizar a caracterização da madeira da espécie paricá (*Schizolobium amazonicum*), Almeida et al. (2013) cita resumidamente o conceito de grã como a inclinação das fibras. Entretanto, alguns autores revelam que o padrão de formação da grã vai além das fibras, envolvendo outros tipos celulares.

A grã da madeira é a disposição dos elementos axiais que constituem o lenho e que por consequência dos processos fisiológicos de crescimento da árvore e da variação natural no arranjo e na direção dos tecidos axiais podem dar origem a variados tipos de grã. Esses tipos são chamados de grã direita ou irregular, esta última subdividida em espiralada, intercruzada, inclinada e ondulada (BURGER; RICHTER, 1991).

A diferenciação de algumas células do câmbio vascular dá origem a um padrão de crescimento das árvores que desencadeiam no surgimento da grã da madeira. Esse padrão pode seguir um alinhamento característico simples e possuir células inclinadas ou não no mesmo sentido (KRAMER, 2006).

A grã direita é valorizada quando se trata de estruturas e construções de madeira por possuir uma elevada resistência mecânica e facilitar o processo de desdobro. De acordo com os critérios de aceitação de madeiras para uso estrutural é permitida a inclinação da grã de até 12,5 % em qualquer parte das peças utilizadas (CALIL JUNIOR; OKIMOTO; PFISTER, 2006).

A preferência por grã direita na implantação de projetos estruturais de madeira refere-se também a maior facilidade de secagem das peças em detrimento de outros tipos de grã, ou da grã irregular no geral. Esta por sua vez pode apresentar vantagens em relação ao aspecto visual para fins decorativos, principalmente na superfície de plano de cortes radiais e tangenciais (MORESCHI, 2014).

A grã intercruzada ou entrecruzada por apresentar elementos axiais com diferentes direções de inclinação pode reduzir a resistência mecânica. A mesma pode apresentar complicações na secagem, causadas pelos variados ângulos de inclinação, em que a água possui dificuldade para ser eliminada da peça. Na Figura 1 pode-se obter uma visão geral de como a grã está posicionada no tronco em relação ao seu eixo principal.

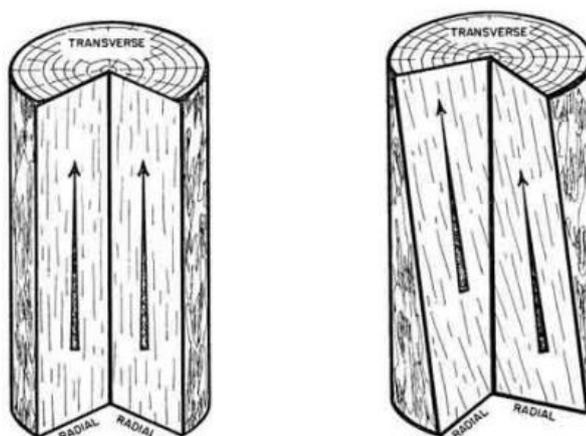


Figura 1 - Representação da grã direita (lado esquerdo) e da grã irregular, nesse caso espiralada (lado direito) ao longo do tronco.

Fonte: Auburn (2006), citado por Mello (2007).

O padrão irregular da grã pode se manifestar pela sobreposição de padrões simples, por perturbações locais na formação celular ou por outros fatores complexos. A grã irregular pode causar diversos efeitos na madeira e na sua trabalhabilidade (KRAMER,2006).

O domínio sobre os conhecimentos da grã da madeira aliado a outras propriedades pode colaborar para aumentar o grau de utilização de madeiras com grã irregulares e sugerir alternativas de uso das mesmas no mercado. Segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1981). A madeira com esse tipo de grã muitas vezes é desvalorizada por influenciar no acabamento de algumas peças podendo alterar a qualidade do produto final

De acordo com o grau de intensidade do inter cruzamento da grã, Limaye (1954) propôs uma classificação que determina a variação de uma classe conforme amplitude média e que, resultou em sete classes diferentes de inter cruzamento de grã. O termo amplitude foi utilizado referindo-se a distância entre sucessivos máximos desvios da grã na mesma direção.

O inter cruzamento da grã anteriormente foi citado como agente causador de defeitos na madeira como rachaduras, deformações e outras complicações durante o processo de secagem da madeira (WEDDELL, 1961). Ou ainda sobre ocorrências de torção e rompimento durante a fabricação de painéis e compensados que poderiam ocorrer (WEBB, 1969).

Embora esse tipo de grã possa trazer algumas complicações para a utilização da madeira, ela também deve ser analisada pela sua importância para a árvore. Desse modo, para a espécie, ela pode ser considerada uma evolução quanto a sua adaptação às mudanças que ocorrem no ambiente (RUDINSKI; VITÉ, 1959).

Durante o processo evolutivo das espécies que possuem grã irregular ocorreram padrões de interposição de elementos axiais com disposições e angulações diferentes. Isso ocorre uma vez que, parte das células do câmbio (iniciais fusiformes) possui a capacidade de reorientação de acordo com os estímulos internos e externos recebidos (KRAMER, 2006).

A interferência do tipo de grã no uso final da madeira tornou-se objeto de pesquisadores interessados em investigar o grau de comprometimento das peças de madeiras com grã irregular e a sua correlação com outras propriedades. Dessa forma, Vidaurre et al. (2017) estudaram a relação da grã do mogno africano (*Khaya ivorensis*) com algumas propriedades da madeira e verificaram que a contração radial e a volumétrica aumentaram proporcionalmente aos desvios da grã.

Para sete clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, aos 13 anos de idade, Coelho (2016) observou que o máximo desvio angular diminuiu cerca de 8,99% da base para o topo das árvores. A homogeneidade da madeira é uma característica que é bastante atrelada a qualidade da mesma. Isso significa que quanto mais homogênea, menos problemas poderão surgir no momento do processamento dela. A uniformidade da densidade da madeira ao longo do tronco em um determinado indivíduo acarretará em peças de madeira excelentes para os mais variados usos (OLIVEIRA et al., 2005).

A densidade básica estabelece a relação entre a massa seca em estufa e o seu volume saturado. A densidade é uma das propriedades físicas mais importantes na caracterização da madeira, uma vez que esta afeta a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira (ARGANBRIGHT, 1971) e, é uma das informações mais básicas para iniciar a caracterização da madeira uma espécie.

A grã também pode influenciar o índice de rachaduras de topo de toras (IRTT) que comumente prejudica a qualidade e reduz o rendimento da madeira serrada. O IRTT tende a aumentar de acordo com a posição ao longo do tronco da árvore e possui relação com a melhor orientação da grã na região próxima ao topo das árvores (LIMA, 2000; LIMA et al., 2002).

Com o intuito de avaliar clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 13 anos de idade, França (2014) encontrou correlação da grã intercruzada com os índices de rachaduras, levando a perceber que o entrelaçamento da grã reduz os índices de rachaduras. Ainda o mesmo autor, analisando rachaduras de tábuas secas ao ar e verdes, obteve para três clones os menores índices de rachaduras sendo explicadas maior índice de grã intercruzada dos mesmos.

Na Figura 2 pode-se observar o processo de reconstrução do tecido e o estabelecimento de uma nova composição de grã após a retirada de um ramo lateral.

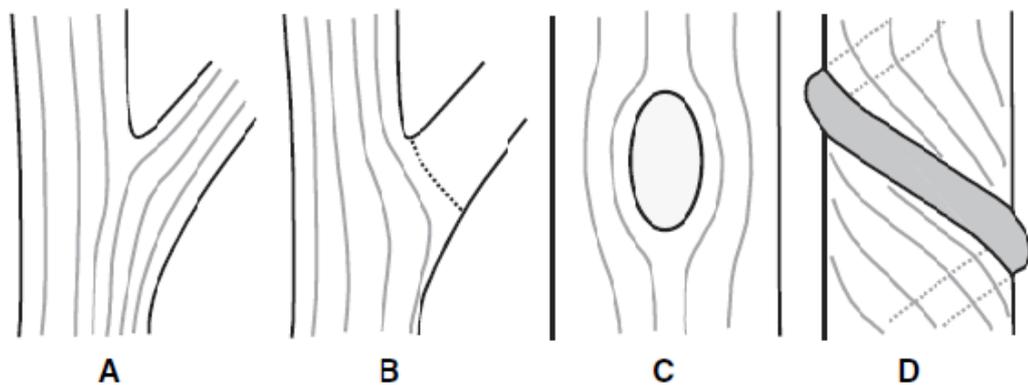


Figura 2 - Esquema do processo de reorientação da grã em reação à morte de um ramo lateral. (A) e (B) presença de ramo lateral e grã direita na árvore; (C) ferida circular deixada pela retirada do ramo; (D) reconstrução do tecido e nova disposição da grã no local.

Fonte: Kramer (2006).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Local de coleta e sistema de amostragem

O município de Venda Nova do Imigrante é localizado na região sudeste do Brasil, no estado do Espírito Santo, na região das montanhas capixabas. A cidade é conhecida por sua cultura de imigração italiana e também pelo turismo ecológico e faz divisa com os municípios de Conceição do Castelo, Domingos Martins, Castelo e Afonso Cláudio. A Figura 3 apresenta o mapa de localização de Venda Nova do Imigrante no Brasil e as cidades vizinhas que a circundam.



Figura 3 - Mapa do Brasil com a localização do Espírito Santo e de Venda Nova do Imigrante.

Fonte: <http://www.camaravni.es.gov.br/pagina/ler/1053/mapa-do-brasil>

O plantio está localizado em uma área experimental do Complexo Agroindustrial Pindobas Ltda., cerca 10 km distante do centro do município de Venda Nova do Imigrante, Microrregião Sudoeste Serrana do estado do Espírito Santo (latitude 20°23'37.1"S, longitude 41°08'29.6"W e altitude de 730 m).

Segundo informações cedidas pela empresa, os clones foram implantados visando à produção de madeira serrada, em janeiro de 2002, com espaçamento de 5,0 x 4,0 m. As covas de plantio foram de 40 x 40 x 40 cm, com aplicação de 400 g de NPK 00-24-00 e micronutrientes por cova; após sessenta dias do plantio foi

realizada uma adubação de cobertura com 50 g de NPK 16-0016 e micronutrientes e; após oito meses do plantio, foi realizada a última adubação de cobertura, com 100 g da mesma formulação. Foi realizada, aos dois e três anos de idade, a atividade de desrama, nas alturas de quatro e sete metros; respectivamente, e aos nove anos foi aplicado um desbaste, permanecendo 60% das árvores.

O Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural - Proater (2011) indica que na região próxima ao plantio a formação do relevo é do tipo montanhoso e escarpado. Além disso, na classificação de Köppen-Geiger, citado por Vianello e Alves (1991) o clima local é caracterizado como Cfa (clima temperado húmido com verão quente). A umidade relativa média é em torno de 85% e a precipitação média anual nos últimos 10 anos foi de 1.460 mm (PEDREIRA et al., 2012).

O material utilizado foi proveniente de seis clones de híbridos de *Eucalyptus*. As progênies foram obtidas de cruzamentos entre os indivíduos 1cies *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* (com variação da porcentagem de cada um deles) e *Eucalyptus camaldulensis*. Neste trabalho os clones (materiais genéticos) foram nomeados como A, B, C, D, E e F, a fim de facilitar referenciá-los ao longo do experimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Procedência dos materiais genéticos e denominação utilizada no experimento.

| <b>Material Genético</b> | <b>Progenitores</b>   |
|--------------------------|---|
| A                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>     |
| B                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>     |
| C                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>     |
| D                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> |
| E                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>     |
| F                        | <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>     |

Fonte: adaptado de Silva (2018).

A amostragem foi realizada selecionando três árvores para cada um dos seis clones avaliados. As mesmas foram selecionadas de acordo com uma boa formação do fuste (sem tortuosidade e com boas condições fitossanitárias) e com diâmetros a altura do peito (DAP), aproximados entre si visando manter maior homogeneidade da amostra.

As árvores selecionadas foram seccionadas gerando toras de 4,20 m de comprimento cada uma. Posteriormente, retiraram-se no início de cada tora, discos com 5,0 cm de espessura. Para a realização deste trabalho foram consideradas seis posições diferentes ao longo do tronco, para manter uma padronização. Entretanto, destaca-se que alguns indivíduos produziram até nove discos de acordo com sua altura comercial.

Na Figura 4 consta um esquema de amostragem representando as posições (alturas) em que os discos foram retirados ao longo do tronco e o intervalo entre os discos que foram as toras de 4,20 m.

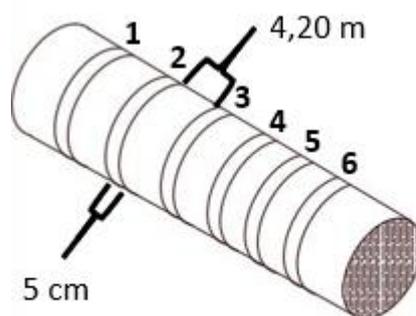


Figura 4 - Diferentes posições dos discos retirados ao longo das árvores de *Eucalyptus* e dimensão dos discos selecionados.

Fonte: o autor.

### 3.2 Mensuração do máximo desvio angular (MAD)

Após a coleta do material em campo os discos de madeira selecionados foram transportados para o Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, em Jerônimo Monteiro, onde foram traçadas duas retas perpendiculares, dividindo em quatro cunhas. Para a realização da densidade básica foram utilizadas duas cunhas opostas, sendo as outras restantes destinadas à análise da grã. Na Figura 5 é demonstrado o processo de obtenção das amostras para o cálculo do máximo desvio angular - MAD e determinação da densidade básica da madeira.

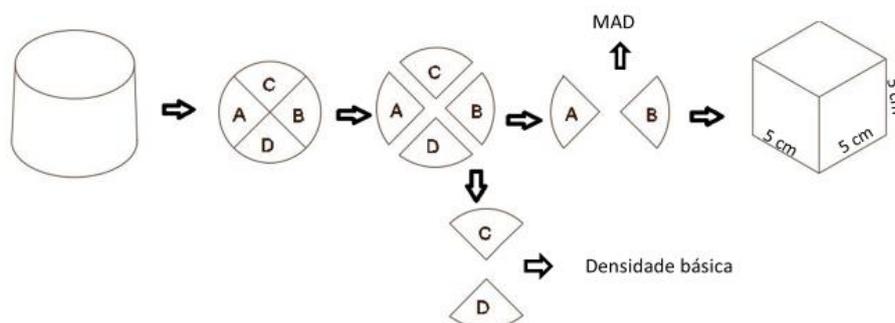


Figura 5 - Processo de geração dos corpos de prova para avaliação da densidade básica (DB) e do máximo desvio angular (MAD).

Fonte: o autor.

Para a medição do MAD foram retirados corpos de prova de 5,0 x 5,0 x 5,0 cm de duas cunhas opostas (A e B) referentes aos discos de cada posição ao longo da árvore. Esses foram lixados visando melhorar a superfície a ser analisada e facilitar as medições por imagem. Os mesmos também foram produzidos orientados no sentido dos raios da madeira e contendo porções variadas de cerne e albarno. Os corpos de provas foram fendilhados seguindo o método de divisão radial proposto por Webb (1969). Na Figura 6, pode-se observar o esquema do corpo de prova, a direção e superfície de fendilhamento com seus respectivos máximos desvios angulares.

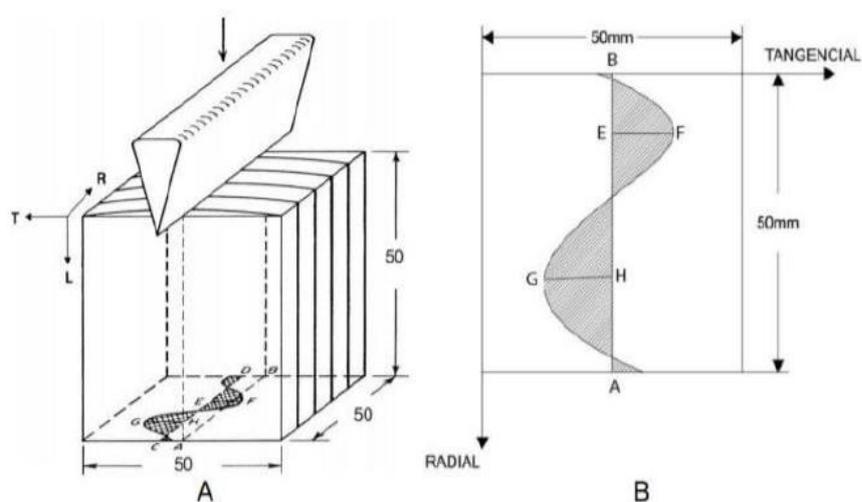


Figura 6 - Direção do fendilhamento dos corpos de prova (A) e pontos de medição do máximo desvio angular do lado esquerdo e direito (B).

Fonte: adaptado de Hernandez e Almeida (2003).

Desse modo, o fendilhamento foi realizado com uso de formão e martelo até a separação das porções da amostra. Após o fendilhamento, os corpos de prova foram digitalizados em *scanner* de alta resolução (600 dpi's) gerando imagens que representam o padrão de desvios angulares formados na superfície da madeira.

De posse das imagens, realizou-se a mensuração dos desvios (Figura 5B) traçando uma mediana (AB) no comprimento da superfície fendilhada e selecionou-se, dentre os desvios o de maior ângulo a esquerda e a direita. Com o uso do software Image-Pro Plus® (versão 4.5.0.29) foi possível identifica-los e mensurar sua dimensão. Em seguida, as mensurações foram aplicadas a Equação 1, obtendo-se o MAD, em graus.

$$\text{MAD} = \tan^{-1} \left( \frac{\text{EF}}{\text{L}} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{\text{GH}}{\text{L}} \right) \quad (1)$$

MAD: máximo desvio angular (°); EF: raio do maior desvio formado pela grã para o lado esquerdo (cm); GH: raio do maior desvio formado pela grã para o lado direito (cm); L: comprimento da amostra (cm).

### 3.3 Determinação da densidade básica

Para a determinação da densidade básica foram utilizadas as cunhas opostas C e D, indicadas anteriormente (Figura 4). O procedimento utilizado foi o de imersão em água descrito na Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 11941, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003).

A densidade básica foi determinada pela média das duas cunhas opostas retiradas de cada disco. As árvores foram consideradas como repetições para cada material genético avaliado por posição.

### 3.4 Classificação do tipo de grã

Para a classificação da intensidade de intercruzamento da grã, Limaye (1954) propôs um sistema que compreende amplitudes limites dos desvios médios no sentido transversal das amostras. A fim de facilitar a classificação por meio do MAD

elaborou-se a tabela 2 relacionando a descrição das seis classes e as polegadas correspondentes aos valores do MAD.

Tabela 2 - Descrição do grau de intercruzamento da grã correspondente aos intervalos de MAD.

| <b>Classe</b> | <b>Polegadas</b> | <b>cm</b> | <b>Descrição</b>                 | <b>MAD (°)</b> |
|---------------|------------------|-----------|----------------------------------|----------------|
| 1             | 0,0625           | 0,159     | grã direita                      | ≤1,82          |
| 2             | 0,125            | 0,318     | com tendência ao intercruzamento | 1,83 - 3,63    |
| 3             | 0,1875           | 0,476     | moderadamente intercruzada       | 3,64 - 5,44    |
| 4             | 0,25             | 0,635     | Intercruzada                     | 5,45 - 7,24    |
| 5             | 0,375            | 0,953     | fortemente intercruzada          | 7,25 -10,79    |
| 6             | 0,5              | 1,27      | muito fortemente intercruzada    | 10,80 - 14,25  |

Fonte: adaptado de Limaye (1954).

### 3.5 Análise estatística

Os valores de MAD e densidade básica da madeira foram avaliados por meio de um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial, em que foram avaliados os fatores clones (seis níveis), posição (seis níveis) e a interação entre os mesmos.

Para tanto foi empregada a análise de variância e teste F ( $p < 0,05$ ), e quando houve diferença entre os fatores ou interações as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Antes das análises, os valores foram checados quanto à normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias (teste de Cochran e Bartellett).

Para verificar a existência de relações entre os valores de MAD e densidade básica da madeira dos materiais genéticos estudados foi utilizada a correlação simples (Pearson) e teste de t ( $p < 0.05$ ).

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Os resultados indicaram que não houve diferença estatística do MAD entre as posições nos clones e para a interação clone e posição, contrariando a hipótese da variabilidade da grã longitudinalmente no tronco. Em estudo envolvendo sete clones de *Eucalyptus* em três posições diferentes ao longo do tronco, Coelho (2016) obteve apenas um clone com correlação significativa entre a posição na árvore e o MAD. Para tal clone, o autor observou um decréscimo do MAD, tendo o  $R^2$  sido baixo (0,22), indicando a necessidade de amostrar mais posições no tronco.

A grã normalmente não tem apresentado dados seguindo um padrão que demonstre variabilidade da mesma ao longo do tronco, havendo a necessidade de uma maior amostragem da quantidade de árvores e posições no tronco. A definição desse padrão ao longo do tronco pode colaborar na otimização do sortimento de toras de madeira.

Os valores médios encontrados do máximo desvio angular da grã foram utilizados para classificar (Tabela 3) os seis materiais genéticos de *Eucalyptus*, conforme o sistema de classificação de Limaye (1954). A classificação realizada pode ser utilizada na caracterização desses clones e contribuir para a determinação do uso final da madeira.

Tabela 3 - Valores médios do máximo desvio angular (MAD) por material genético e sua classificação para seis clones de *Eucalyptus* com 14 anos de idade.

| Material Genético | MAD (°)        | Classificação do MAD       |
|-------------------|----------------|----------------------------|
| A                 | 7,21 A (28,94) | intercruzada               |
| B                 | 9,03 A (50,37) | fortemente intercruzada    |
| C                 | 5,52 B (45,91) | intercruzada               |
| D                 | 6,81 A (26,56) | intercruzada               |
| E                 | 4,95 B (28,55) | moderadamente intercruzada |
| F                 | 7,78 A (22,07) | fortemente intercruzada    |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). Os valores dentro dos parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Foi observada diferença estatística do MAD entre os clones avaliados, que resultaram em dois grupos (Tabela 3), em que os clones C e E diferiram dos demais, indicando que eles possuem um menor ângulo de inclinação da grã em relação ao

eixo principal da árvore, quando comparado aos demais. Assim, nota-se (Figura 7), que os clones C e E tiveram os menores desvios de grã.

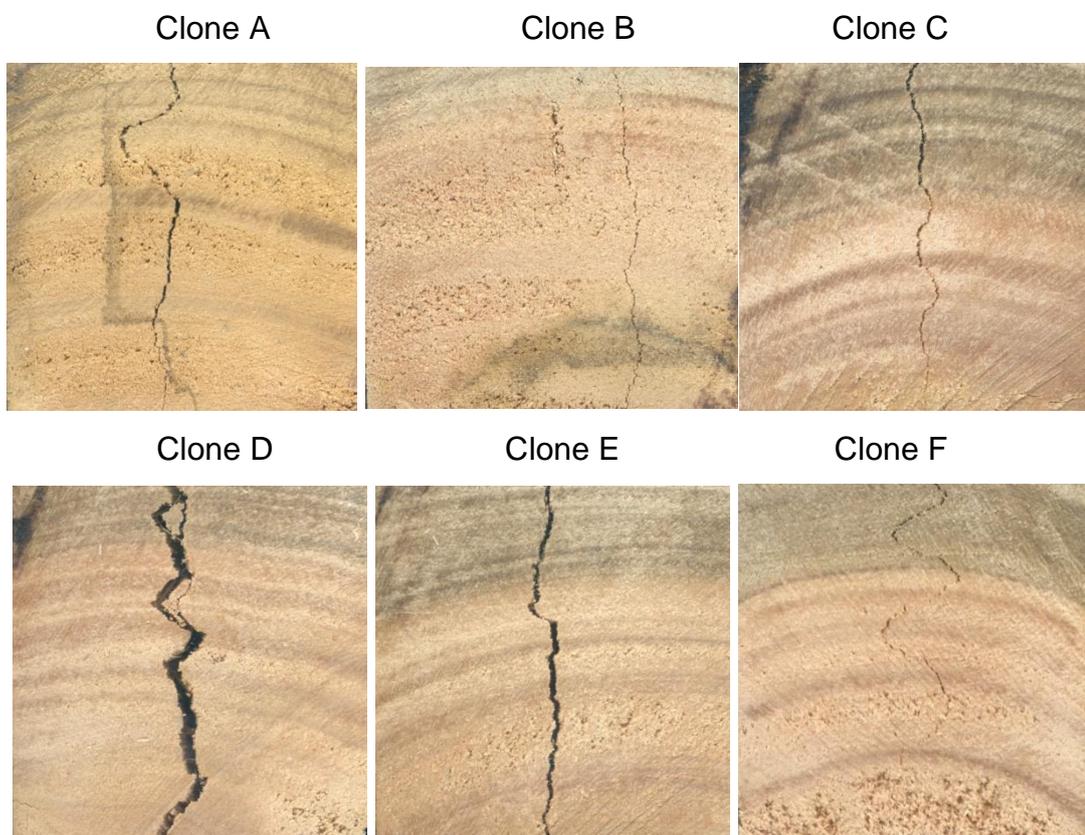


Figura 7 - Padrões representativos do MAD médio por clone.

Fonte: o autor.

A variação dentre as médias do máximo desvio da grã dos clones confirma a alta variabilidade dessa característica tanto entre árvores quanto clones diferentes. O estudo dessa característica é de grande importância e deve ser considerada como critério de seleção de clones e definição do uso da madeira

Para a densidade básica da madeira dos clones avaliados, notou-se que houve diferenças entre os clones e posições longitudinais na árvore, tendo a interação entre os fatores sido não significativa. Nota-se (Tabela 4) que a madeira dos clones C e E foi mais densa. As de menor densidade foram aquelas dos clones A, F e B.

Durante o estudo que sintetizou padrões para o comportamento da densidade básica ao longo do tronco, Panshin e De Zeeuw (1980) obtiveram três padrões distintos. Nesses padrões eles observaram: (i) o aumento, embora desuniforme da

densidade da base para o topo; (ii) a diminuição da densidade da base até o meio do tronco com posterior aumento até o topo e o (iii) decréscimo no sentido base-topo.

Tabela 4 - Valores médios da densidade básica (DB) por material genético e posição na árvore para seis clones de *Eucalyptus* com 14 anos de idade.

| <b>Material Genético</b> | <b>DB (g cm<sup>-3</sup>)</b> |
|--------------------------|-------------------------------|
| A                        | 0,54 E (6,36)                 |
| B                        | 0,56 D (5,56)                 |
| C                        | 0,68 A (5,00)                 |
| D                        | 0,59 C (4,23)                 |
| E                        | 0,65 B (5,16)                 |
| F                        | 0,55 D (3,25)                 |

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p > 0,05$ ). Os valores dentro dos parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Ao longo do tronco, observou-se que a densidade básica foi maior nas posições 4 e 5, e menores nas primeiras posições no tronco (1 e 2) e, as posições 3 e 6 tiveram valores intermediários. Assim, de modo geral, a densidade básica decresceu no sentido base-topo da árvore conforme um dos padrões encontrado por Panshin e De Zeeuw (1980).

Os materiais genéticos (clones) produtores de madeiras mais densas (C e E) apresentaram menores desvios da grã. No geral, houve uma correlação negativa ( $R^2 = - 0,53$ ; teste  $t = - 3,62$ ;  $p < 0,05$ ) entre a densidade básica da madeira e o MAD revelando que existe efeito sobre a grã da madeira.

Sendo assim, são necessários outros trabalhos para se conhecer melhor o efeito da densidade sobre a grã da madeira nesses clones. Na busca para selecionar o melhor material genético para produção de madeira serrada deve-se levar em consideração tanto a variação da densidade ao longo do tronco quanto a sua relação com a grã e outras propriedades não relacionadas neste trabalho.

## 5 CONCLUSÕES

Os valores do MAD nas diferentes posições das árvores de *Eucalyptus* não confirmaram a hipótese da variabilidade da grã ao longo do tronco. No entanto, vale ressaltar que os padrões de inclinação da grã variaram de um clone para o outro.

A densidade básica variou ao longo do tronco obedecendo um padrão de decréscimo no sentido base-topo da árvore, além disso conclui-se que a mesma exerce influência sobre o máximo desvio angular.

A classificação dos materiais genéticos de acordo com o tipo grã predominante revelou que os clones B e F apresentaram grã fortemente intercruzada; A, C e D como grã intercruzada; e o clone E como moderadamente intercruzada.

A grã da madeira analisada individualmente não é suficiente para excluir um clone de determinado uso, mas deve ser considerada para tal determinação. Portanto, torna-se necessário mais estudos relacionando a grã com outras propriedades da madeira para obter uma indicação concisa do material genético a ser utilizado para determinado fim.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. H. et al. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.6, p.1175-1181, 2013.
- ARGANBRIGHT, D. G. Influence of extractives on bending strength of redwood. **Wood and Fiber**, Madison, v. 4, n.2, p. 367-372, 1971.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Variabilidade longitudinal e radial da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 17, 1984, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1984. v.2, p. 403-409.
- BERTOLA, A. **Eucalipto – 100 anos de Brasil - “Falem mal, mas continuem falando de mim!”**. Curvelo: V&M Florestal Ltda., 2013, 91p.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 155p.
- CALIL JUNIOR, C.; OKIMOTO, F.S.; PFISTER, G. M. **Manual de classificação visual**. São Carlos: Convênio Racional Engenharia S.A., IBRAMEM, 2006. 16p.
- CÂMARA MUNICIPAL DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE. **Mapa do Brasil - Localização do Espírito Santo**. Disponível em: <<<http://www.camaravni.es.gov.br/pagina/ler/1053/mapa-do-brasil>>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- COELHO, J. C. F. **Efeitos dos desvios da grã nas variáveis dendrométricas e propriedades físico-mecânicas em madeiras de eucalipto**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAO, 2017. Disponível em: <<<https://news.un.org/pt/story/2017/12/1604921-fao-diz-que-producao-de-madeira-dobrou-em-um-ano-chegando-6>>>. Acesso em: 29 jun. 2018.
- FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- FONWEBAN, J.; MAVROU, I.; GARDINER, B; MACDONALD, E. Modelling the effect of spacing and site exposure on spiral grain angle on Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain. **Forestry**, Oxford, v. 86, n.3, p. 331-342, 2013.
- HARRIS, J. M. **Spiral grain and wave phenomena in wood formation**. Berlin: Springer, 1989. 215p.

HERNÁNDEZ, R.; ALMEIDA, G. Effects of wood density and interlocked grain on the shear strength of three Amazonian tropical hardwoods. **Wood and Fiber Science**, New York, v.35, n. 2, p. 154-166, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. **Madeiras da Amazônia: características e utilização**. Brasília: IBDF, 1981. v. 1., 114p.

KRAMER, E. M. Wood grain pattern formation: a brief review. **Journal of Plant Growth Regulation**, Cham, v 25, n. 4, p. 290-301, 2006.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.58, p.111-125, 2000.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e sua implicação nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 61, p. 13-24, 2002.

LIMAYE, V. D. Interlocking of grain in Indian timbers. **Indian Forester**, Dehradun, v. 80, n. 1, p. 6-9, 1954.

MELO, J. E. **Sistemas Estruturais em madeira**. Brasília: Unb/FAU/TEC, 2004 (Apostila de aula).

MELO, J. E.; CAMARGOS, J. A. A. **A madeira e seus usos**. 2015. Disponível em: <<http://www.mundoflorestal.com.br/mediawiki1612/index.php?title=%C2%A0Metodologia>> . Acesso em: 23 jun. 2018.

MELLO R. L. **Projetar em madeira: projetar em madeira: uma nova abordagem**. 2007.198f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da madeira**. Curitiba: UFPR, 2014. 208p.

PEDREIRA, B. C. C. G. et al. **Aspectos do agroturismo desenvolvido em Venda Nova do Imigrante (ES) em subsídio ao levantamento do potencial agroturístico de Cachoeiras de Macacu (RJ)**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2012. 51p. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/NOTEBOOK/Downloads/DOC147-Aspectos-Agroturismo.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

SILVA, L. F. **Avaliação da aptidão da madeira de seis clones de híbridos de *Eucalyptus* para o processamento mecânico**. 2018. 90p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO M. F. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

PROGRAMA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - PROATER 2011- 2013. 2011. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/>

municipios/Centro\_cerrano/Venda\_Nova.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicada**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 448p.

VIDAURRE, G. B. et al. Relação da grã com as propriedades tecnológicas da madeira de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p. 249-259, 2017.

WEBB, C. D. Variation of interlocked grain in sweetgum. **Forest Products Journal**, Madison, v. 19, n. 8, p. 45-48, 1969.

WEDDELL, E. Influence of interlocked grain on the bending strength of timber, with particular reference to utile and greenheart. **Journal of the Institute of Wood Science**, Hughenden, v 7, p. 56-72, 1961.