

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

HASSAN CAMIL DAVID

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE ALTURA DE ÁRVORES EM UMA
FLORESTA NATIVA DO SUL DO ESPÍRITO SANTO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

HASSAN CAMIL DAVID

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE ALTURA DE ÁRVORES EM UMA
FLORESTA NATIVADO SUL DO ESPÍRITO SANTO

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

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

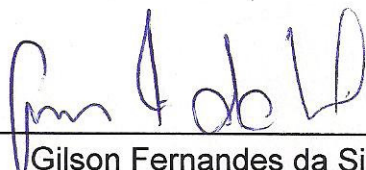
HASSAN CAMIL DAVID

MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE ALTURA DE ÁRVORES EM UMA
FLORESTA NATIVA DO SUL DO ESPÍRITO SANTO


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

Aprovada em13..... dejulho..... de2011.....


COMISSÃO EXAMINADORA




Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)



Adriano Ribeiro de Mendonça
Universidade Federal do Espírito Santo
(Co-orientador)



Elter Martins dos Santos
Universidade Federal do Espírito Santo



Leandro Tose Martins
Universidade Federal do Espírito Santo

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe Vera, que sempre acreditou e torceu por mim, esforçando-se incansavelmente para oferecer aos seus dois filhos o caminho da vitória.

A todos meus amigos que me ampararam nos momentos difíceis, sorriram comigo nos momentos de felicidade e se felicitam por todas as minhas conquistas.

Sou grato a todos, muito obrigado!

*Alguns homens vêem as coisas como são e dizem “Por que?”
Eu sonho com coisas que não existem e digo “Por que não?”*

George Bernard Shaw

AGRADECIMENTOS

Ao supremo Deus.

À Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), que forneceu a área onde se realizou o trabalho, além de estrutura para alojamento.

Ao professor Dr. Gilson Fernandes da Silva, que me orientou e instruiu com seu amplo conhecimento para que eu pudesse realizar este trabalho.

Ao professor Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça, por aceitar o convite a participar da banca e contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos meus amigos Eng^o Florestais Elter e Leandro, por aceitarem o convite a participar da banca e contribuir para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À minha amiga M. Sc. Rafaella de Angeli Curto, que não poupou esforços para me passar seus conhecimentos sobre o assunto.

Aos meus amigos Eng^o Florestais Diego e Onair, que me ajudaram na coleta de dados, contribuindo para realização deste trabalho.

Ao povo brasileiro, que paga impostos e mantém o Ensino Público, o qual sou fruto e devo meus agradecimentos.

RESUMO

A Medição de altura de árvores em florestas nativas não é uma tarefa tão fácil quando comparado às florestas plantadas, pois estas possuem espaçamentos regulares e maior homogeneidade do povoamento. Já nas florestas nativas a variação de diâmetros e alturas é grande, além de ocorrer assimetria dos espaçamentos. Alguns instrumentos são usados para se medir alturas, como o clinômetro eletrônico, que proporciona certos benefícios, por ser pequeno e leve, ao contrário das réguas, que geralmente são grandes e pesadas. Em compensação a régua fornece valores com alta precisão, por ser um método direto de obtenção de alturas, já o clinômetro apresenta erros na obtenção das alturas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o uso destes dois instrumentos na medição de alturas totais de árvores em uma floresta nativa do sul do estado do Espírito Santo. Com a finalidade de verificar se há ou não diferença significativa entre os estes métodos de obtenção das alturas, aplicou-se o teste t. Além disso, foram feitos a análise gráfica de resíduos e cálculos das estatísticas complementares Viés (V), Média das Diferenças (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD). Como resultados obtidos, notou-se que os erros oriundos do método de obtenção das alturas com o clinômetro tiveram distribuição homogênea ao longo das alturas, não havendo assim tendências para o método, quando comparado ao da régua; os valores de V e MD deram próximos de "0", o que indica que o método apresenta precisão relativamente boa, e finalmente, pôde-se concluir que o método de obtenção de alturas de árvores com o clinômetro eletrônico foi estatisticamente igual, ao nível de 5% de significância, pelo método da régua telescópica.

Palavras-chave: Altura total, clinômetro eletrônico Haglof, régua telescópica, comparação de precisão.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância.....	1
1.2 Objetivo.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Mata Atlântica no Espírito Santo.....	3
2.2 Importâncias da altura de árvores em florestas nativas.....	4
2.3 Métodos de obtenção de altura de árvores.....	5
2.4 Erros na medição da altura de árvores.....	7
2.5 Experimentos com aparelhos hipsométricos.....	9
3. METODOLOGIA.....	11
3.1 Área em estudo.....	11
3.2 Materiais a serem utilizados.....	13
3.3 Procedimento de trabalho.....	14
3.4 Estudo de precisão dos dados.....	16
4. RESULTADOS DA PESQUISA.....	18
4.1 Análise de precisão dos dados observados.....	18
5. CONCLUSÃO.....	21
6. REFERÊNCIAS.....	22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações técnicas do Clinômetro Eletrônico Haglof.....	14
Quadro 2 – Médias das alturas encontradas pela régua e clinômetro e média dos erros relativos do método de obtenção das alturas pelo clinômetro.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do teorema de Pitágoras.....	08
Figura 2 – Análise tridimensional da Floresta do Rosal localizada à Nordeste do reservatório da Usina Hidrelétrica do Rosal – CEMIG, Guaçuí, ES.....	12
Figura 3 – Imagem ilustrativa da régua telescópica.....	13
Figura 4 – Imagem ilustrativa do clinômetro eletrônico Haglof com suas dimensões.....	13
Figura 5 – Esquema de localização das parcelas alocadas na Floresta do Rosal, Guaçuí, ES.....	15
Figura 6 – Distribuição gráfica dos resíduos de altura, em percentagem, para o método de obtenção com clinômetro eletrônico.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas complementares Viés (V), Média das Diferenças (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD) para estimativa de alturas via clinômetro eletrônico.....	20
---	----

1 INTRODUÇÃO

A mensuração florestal é uma atividade que fornece informações precisas sobre a floresta, auxiliando na tomada de decisões, além de possibilitar o melhor planejamento de suas atividades, sendo assim um importante elemento no manejo florestal (FREITAS; WICHERT, 1998).

A altura e o diâmetro são as duas variáveis mais utilizadas para a realização de inventários florestais, sendo usadas para o cálculo da área basal e do volume de madeira existentes em uma floresta (FREITAS; WICHERT, 1998).

A obtenção de altura total em florestas plantadas é bem mais facilitada do que nas florestas nativas, pois se aproveitando de sua homogeneidade, normalmente a altura de toda parcela é obtida a partir de relações hipsométricas, as quais empregam pequenas amostras de diâmetros e alturas totais das árvores.

Já em florestas nativas estas relações hipsométricas não apresentam boa precisão, sendo empregados outros métodos para obter alturas que tornam a operação mais demorada, trabalhosa e de custo elevado, por exemplo, o uso de instrumentos como réguas ou varas telescópicas, hipsômetros ópticos como Blume-Leiss, Suunto Clinômetro, Clinômetro Eletrônico Haglof, e aparelhos de ondas de ultrassom, principalmente o Forestor Vertex (CURTO, 2011).

Pelo fato dos hipsômetros serem leves e de boa praticidade, têm a conveniência de não exigirem muito esforço ao operador. Todavia estes instrumentos são pouco estudados no Brasil, necessitando assim de experimentos que demonstrem as precisões que cada um oferece nas estimações de alturas, tanto em florestas plantadas quanto em nativas.

1.1 O problema e sua importância

O clinômetro eletrônico Haglof, baseado em princípios trigonométricos, tem a requisição de forçar o mensurador a ficar a uma distância predeterminada. Todavia estes aparelhos são leves e pequenos, o que facilita bastante o manuseio, bem como a locomoção em campo, uma vez que em florestas nativas, geralmente é

dificultada pela presença de entrelaçamento de cipós, raízes superficiais e tabulares, proximidade entre árvores, entre outras dificuldades.

Ao contrário do clinômetro, as réguas são na maioria das vezes grandes e pesadas, o que dificulta a locomoção na floresta, além de exigirem esforço físico ao operador e tempo para elevá-las e abaixá-las no ato da medição. As réguas são limitadas a alturas máximas de 15 metros. Entretanto, Archanjo (2008) menciona que nas florestas tropicais nativas o número de árvores de menor porte é maior em relação ao número de árvores de maior porte, visto que num inventário realizado em floresta estacional semidecidual do Sul do Espírito Santo pôde-se observar que as árvores apresentam altura total média próxima a 10 metros.

Considerando que as réguas alcançam altura maior que a média das alturas das árvores destas florestas nativas, elas são frequentemente utilizadas por ser um método direto que oferece boa precisão.

O uso do clinômetro eletrônico Haglof na obtenção de alturas proporciona boa praticidade operacional ao operador, sendo assim bastante utilizados nos inventários florestais. Em compensação a régua fornece dados com alta precisão, por ser um método direto de obtenção de alturas. Esta situação gera um conflito, pois a praticidade do clinômetro pode tornar-se mais atraente do que a precisão oferecida pela régua.

1.2 Objetivo

Avaliar a precisão do método de obtenção de alturas via clinômetro eletrônico Haglof em relação ao método via régua telescópica, para árvores menores que 15 metros, em floresta nativa e terreno plano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mata Atlântica no Espírito Santo

Em 1535, o Estado do Espírito Santo era coberto por 87% de florestas, sendo o restante ocupado por restingas e manguezais (ATLAS DOS ECOSSISTEMAS DO ESPÍRITO SANTO, 2008). A Mata Atlântica originalmente correspondia a 16% de todo o território brasileiro, distribuída em 17 estados. Hoje, com intensos desmatamentos decorridos nos últimos séculos, estima-se que menos de 8% da sua conformação primitiva está disposta de modo esparso e em fragmentos florestais (CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL et al, 2000).

A partir de 1993 (Decreto Federal nº 750), consideraram-se como Domínio da Mata Atlântica as formações florestais e os ecossistemas associados, como: Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Manguezais, Restingas, Campos de altitude, Brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (ATLAS DOS ECOSSISTEMAS DO ESPÍRITO SANTO, 2008). Segundo o IBGE (1987), de todas estas formações florestais, no Espírito Santo a cobertura vegetal encontra-se como: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta e Floresta Estacional Semidecidual.

No sul do Estado, a vegetação primitiva cedeu lugar às plantações de cana-de-açúcar e, posteriormente, cultivo de café. Além destes cultivos, a cobertura vegetal foi tomada pelos grandes projetos industriais sem planejamento ambiental, o que fez com que a Mata Atlântica do Estado reduzisse de quase 90% para 8% de sua cobertura vegetal, ou seja, 400.000 hectares. Entretanto, o Espírito Santo está entre os oito estados brasileiros que apresentam expressivos remanescentes florestais (ATLAS DOS ECOSSISTEMAS DO ESPÍRITO SANTO, 2008).

De acordo com a SOS Mata Atlântica (1997), o sul do Estado do Espírito Santo caracteriza-se por apresentar fragmentos florestais considerados pequenos, representados por pequenas áreas isoladas e impactadas pelos setores industrial e agropecuário. Segundo censo do IBGE (1998), o uso do solo está distribuído, em sua maioria por pastagens.

2.2 Importância da altura de árvores em florestas nativas

Em uma floresta tropical nativa o levantamento dos dados de campo é uma atividade complexa, devido tanto às adversidades inerentes ao ambiente quanto à demanda pela qualidade dos dados a serem coletados. A densidade e a diversidade de uma floresta tropical também tornam complexa a coleta dos dados de altura das árvores, assim como as alturas de fuste, comercial e total. Como consequência dessas dificuldades, estes dados nem sempre são consideradas nos inventários florestais (GRAAF, 1986; ALDER; SYNNOTT, 1992 citado por GONÇALVES et al., 2009).

Considerando que estudos de crescimento e produção em florestas tropicais necessitam de precisão nos dados coletados, é imprescindível a identificação de metodologias e instrumentação que, apesar das dificuldades inerentes, possam gerar dados de boa qualidade (GONÇALVES et al., 2009).

Na prática florestal são empregados diferentes tipos de alturas de florestas, que auxiliam na determinação da qualidade de sítio, cálculo de volume e verificação da produção, como, por exemplo, em pesquisas de procedência de espécies (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Em florestas nativas, uma grande importância em se medir altura das árvores, além da obtenção de volume de madeira, é que se pode conhecer a estrutura vertical do povoamento. Schneider e Finger (2000) citam que a análise da estrutura vertical da floresta pode fornecer um indício do estágio sucessional em que se encontra cada espécie ou qual a espécie que poderá compor o povoamento futuro.

Estes autores dividem a estrutura vertical da floresta em três estratos: Estrato Superior, que é composto pelas árvores com altura total superior a média aritmética das alturas de todas as árvores medidas mais um desvio padrão; Estrato Médio, composto pelas árvores cujas alturas totais estiverem compreendidas entre a média aritmética menos um desvio padrão e a média aritmética mais um desvio padrão; Estrato Inferior, composto pelas árvores com altura total inferior à altura média menos um desvio padrão.

Schneider e Finger (2000) citam ainda que o que determina os limites inferior e superior dos estratos são as curvas de frequência acumulada do número de

indivíduos por classe de altura, onde cada estrato abrange um terço das alturas. Assim os limites dos estratos determinados pelas alturas correspondem a 33,33 % e 66,66 % das frequências acumuladas por classes de altura.

Caso haja uma espécie presente nos três estratos, é um indício de que esta espécie está apresentada desde as fases de regeneração até o clímax. Por outro lado, espécies que aparecem no estrato inferior indicam que se desenvolvem na sombra, com portes arbustivo e herbáceo (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

Calegario et al. (1994) apontam que o estudo da estrutura vertical de determinada comunidade vegetal é importante porque gera informações relativas a dominância que determinadas espécies exercem sobre outras, em termos de competição por luz. Para definições de tratamentos silviculturais em áreas que serão manejadas ou que já estão sob plano de manejo de rendimento sustentado, esta informação torna-se indispensável (CALEGARIO et al., 1994).

2.3 Métodos de obtenção de altura de árvores

A medição das alturas das árvores pode ser feita para diversas finalidades, como por exemplo cálculo de volume de madeira comercial. Soares et al. (2006) decompõem altura em quatro classes: Altura total, determinada pela distância entre o solo e o final da copa da árvore; Altura da copa, que é a distância entre o início (normalmente a partir do primeiro galho vivo) e o final da copa da árvore; Altura comercial, conhecida como a distância entre algum ponto na parte inferior do fuste e um diâmetro comercial e Altura do fuste, dita como distância entre o solo e o começo da copa da árvore.

A altura pode ser obtida por métodos expeditos, onde esta é feita a olho nu. Os métodos que fornecem dados mais confiáveis são citados por Silva e Neto (1979), onde classificam os métodos diretos, sendo aqueles que as medidas são tomadas diretamente na árvore (medição via trenas ou régua telescópicas) e métodos indiretos, os quais a obtenção é realizada via hipsômetros.

Os hipsômetros são os instrumentos mais usualmente utilizados na área florestal para medição de altura de árvores em pé (GONÇALVES et al., 2009), e podem ser

separados em duas categorias, de acordo com seu princípio de construção: a primeira são aqueles hipsômetros que se baseiam no princípio geométrico, os quais medem altura por relação entre triângulos, e a segunda categoria, aqueles que se baseiam no princípio trigonométrico, medem altura por relação entre ângulos e distâncias (SOARES et al., 2006).

Dentre os vários métodos relacionados ao princípio geométrico, pode-se citar o método da sombra, o qual o observador coloca, perto da árvore a ser medida, uma vara ou baliza fixa e verticalmente ao chão (SILVA; NETO, 1979).

Se estiver fazendo sol, com as sombras da árvore e da vara ou baliza, realiza-se cálculo de semelhança de triângulos, obtendo-se assim a altura da árvore. Todavia este método é limitado a dias de sol e para árvores com tronco vertical em relação ao solo (SILVA; NETO, 1979).

O método da vara é outro exemplo onde se pode obter a altura da árvore com auxílio de uma vara de tamanho conhecido. Para isso, o observador com o braço esticado, deve segurar uma vara de aproximadamente 1 metro. À medida que o observador afasta-se ou se aproxima da árvore, a imagem da árvore deve ser coincidente com o tamanho da vara (SILVA; NETO, 1979).

Conhecendo-se a distância do olho do observador à vara, do olho do observador à árvore e o tamanho da vara, emprega-se uma relação de triângulos semelhantes e se obtém a altura da árvore (SILVA; NETO, 1979).

Quanto aos métodos baseados em princípios trigonométricos, são utilizados hipsômetros que, em sua totalidade, fornecem dados de altura mais precisos que aqueles usados em princípios geométricos (SILVA; NETO, 1979). Para empregar estes hipsômetros na obtenção de altura, há a necessidade de se conhecer a distância do operador à árvore, excluindo os hipsômetros de ondas eletromagnéticas, que calculam automaticamente esta distância.

Dentre os diversos hipsômetros que há no mercado, a sua grande maioria são importados e de custo relativamente elevado, podendo ser digitais ou analógicos.

2.4 Erros na medição da altura de árvores

Os erros cometidos na medição do diâmetro têm maior importância quando comparados àqueles cometidos na medição da altura. Couto e Bastos (1988) citam que 1 cm de erro na medição do diâmetro reflete a um erro máximo de 19% no cálculo do volume, já um erro de 1 m na medição da altura, corresponde a apenas 14% deste mesmo volume.

Soares et al. (2006) consideram que o erro total cometido na obtenção da altura de uma árvore é devido a três fontes de erros: aqueles relacionados ao objeto, relacionados aos instrumentos e os relacionados ao observador.

Erros relacionados ao objeto originam-se quando não há visibilidade simultânea da base e do topo da árvore, ao obter sua altura total. Em florestas densas, sobretudo aquelas com regeneração natural abundante, é comum o observador ter dificuldade em visualizar a base do fuste da árvore, ocasionando em erros na obtenção da altura.

Nesse caso, pode-se colocar uma vara auxiliar de tamanho conhecido no fuste da árvore e proceder à obtenção da altura a partir do topo da vara. Com tal auxílio, a estimativa da altura da árvore será obtida pela leitura do instrumento somada ao comprimento da vara auxiliar (SOARES et al., 2006).

Outra situação se refere à obtenção da altura de árvores inclinadas. Caso o mensurador obtenha a altura total da árvore baseando-se na distância entre o final da copa da árvore e a sua projeção no solo, essa estimativa estará subestimada.

Para isso Soares et. al. (2006) recomendam a utilização do teorema de Pitágoras, esquematizado na Figura 1, em que a altura da árvore será a hipotenusa do triângulo retângulo, o cateto oposto, a distância vertical da copa da árvore até a base do fuste e o cateto adjacente será a distância horizontal da copa da árvore até a base do fuste.

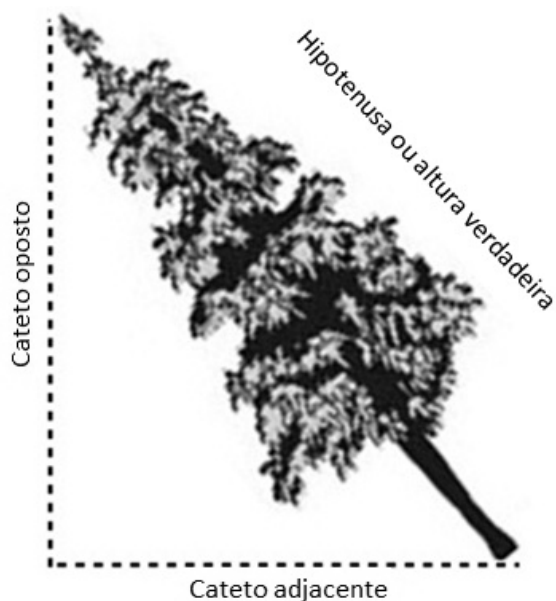


Figura 1 – Esquema do teorema de Pitágoras.

Fonte: Autor

Os erros relacionados aos instrumentos baseados em princípios trigonométricos devem-se à negligência na manutenção e manuseio dos instrumentos. Alguns estudos, como Loëtsch e Haller (1964), citado por Soares et al. (2006) apontaram erros de até $\pm 2,4\%$ da altura total da árvore.

Já aqueles erros relacionados ao observador estão pertinentes à habilidade do mesmo. Erros nas tomadas das medidas de altura podem ocorrer por falta de visibilidade, técnica incorreta da tomada das leituras nos instrumentos, operação incorreta do instrumento, distância incorreta entre o observador e a árvore, entre outros (SOARES et al., 2006).

O uso dos hipsômetros ópticos em florestas nativas causa certa dificuldade na aferição, pois os diferentes estratos de altura podem atrapalhar a visualização da copa da árvore, onde o mensurador é obrigado a ficar próximo da mesma. Esta situação gera um problema pertinente a esses aparelhos, já que a distância ideal do mensurador à árvore varia entre uma e duas vezes de sua altura total, como recomendado nos manuais de fabricação.

Como resultado disto, distâncias muito próximas obriga o mensurador a inclinar mais o aparelho até que alcance a copa da árvore, provocando possíveis valores errôneos da altura (CURTO, 2011).

Moura (1994) citado por Thaines et al. (2010) também menciona sobre os problemas pertinentes à visibilidade de copa, apontando que na estimativa da altura de árvores em florestas nativas muitas vezes a falta de visibilidade e a inexperiência, entre outros fatores, podendo chegar a $\pm 10\%$.

Soares et al. (2006) ainda ressaltam que nem sempre é possível separar esses componentes, uma vez que suas causas estão frequentemente ligadas, e citam que a dificuldade de visualização e definição do final da copa das árvores é o que causa as maiores diferenças entre as alturas estimadas pelo hipsômetro e as alturas reais.

2.5 Estudos com aparelhos hipsométricos

Em um trabalho realizado em floresta estacional semidecidual submontana, analisando custos de inventário utilizando o Forestor Vertex, Freitas et al. (2005) afirmaram que é possível usar este instrumento para a floresta estudada. Porém, algumas ressalvas devem ser feitas. O baixo rendimento das operações, por exemplo, que resultou em custos elevados, foi ocasionado diretamente pelas características da fitofisionomia da floresta e pelas peculiaridades do relevo onde ela se encontra.

Ao avaliar o comportamento de cinco métodos de estimação de alturas de árvores em florestas nativas, para terrenos planos e declivosos, Curto (2011) concluiu que a declividade afetou negativamente no desempenho dos aparelhos digitais de obtenção de alturas. Além disso, este autor notou que há uma tendência em subestimar as alturas à medida que se aumenta as classes.

De modo geral, Curto (2011) elucida que cada método estudado tem fatores positivos e negativos, e que a escolha do método depende do objetivo e utilização de cada método.

Van Laar (1962) citado por Couto e Bastos (1988), estudando o hipsômetro Blume-Leiss e o nível de Abney, concluiu que ambos são igualmente precisos, porém ressaltou a preferência ao Blume-Leiss por ser de fácil operação e apresentar um menor cansaço aos olhos do operador.

Bouchon (1967) citado por estes mesmos autores, ao comparar o hipsômetro Blume-Leiss com outros instrumentos de medição de altura, como o relascópio de espelho de Bitterlich, o hipsômetro de Christen, o Telepododendrômetro e o dendrômetro de Baar e Stroud, concluiu que o relascópio de Bitterlich e o Blume-Leiss apresentam características favoráveis quando se trata de uso prático.

Couto e Bastos (1988) citam Bel e Gourley (1980), ao estudarem a precisão da vara de alumínio graduada, o nível de Abney e o dendrômetro Haga na medição de alturas de coníferas nos Estados Unidos. Estes concluíram que, pelo fato das copas estarem muito fechadas, impossibilitando a visualização adequada das mesmas, a vara apresentou melhores resultados, seguida do dendrômetro Haga e o nível de Abney.

Em seus trabalhos, Couto e Bastos (1988), avaliando 5 hipsômetros (Blume-Leiss, Haga, Suunto, Haglof e Weise) e a interação de fatores nos erros de estimação das alturas, em povoamentos de *Eucalyptus* e região plana, concluiu que os fatores operador, classes de altura, distâncias do operador à árvore e instrumento influenciam na magnitude do erro da estimativa das alturas. Notaram ainda que, dependendo da classe de altura, os aparelhos apresentam erros diferentes. Além disto, os autores concluíram que os erros aumentam à medida que o operador se afasta da distância ideal de medição da árvore.

3 METODOLOGIA

3.1 Área em estudo

A área em estudo é um fragmento de floresta nativa pertencente à Usina Hidroelétrica Rosal (UHE Rosal), cujas coordenadas geográficas de acesso a entrada são 20°53' latitude Sul e 41°42' de longitude Oeste (SANSEVERO et al., 2006) e dista do centro urbano do município de Guaçuí cerca de 19,4 km, sendo 18 km de estrada asfaltada (Rodovia Prefeito Norival Couzi/ES-185) e aproximadamente 1,4 km de acesso não pavimentado, que faz ligação entre o asfalto e a entrada do parque (ROSAL ENERGIA S.A, 2007).

A região era coberta por Floresta Estacional Semidecidual, da qual restaram apenas fragmentos pequenos principalmente nas partes altas dos morros. O clima na região é ameno e o relevo acidentado. A ocorrência maior de chuvas é durante os meses de novembro a fevereiro, e o período mais seco estende-se de julho a setembro. A temperatura média nos meses mais quentes aproxima-se de 24°C, e nos meses mais frios é em torno de 18°C. A umidade relativa mantém-se próxima de 80% durante todo o ano (REZENDE et al., 2009). A temperatura média da região é de 20°C e a precipitação anual de 1.200 mm. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Amarelo Úmido (LANI, 1987, citado por SANSEVERO et al., 2006).

A região geomorfológica local pertence a Serra da Mantiqueira Setentrional, que forma o segundo e mais elevado degrau do Planalto Brasileiro. A morfologia dos terrenos apresenta linhas de falhas extensas, blocos deslocados, escarpas e relevos alinhados coincidentes com os dobramentos e falhamentos mais recentes (ROSAL ENERGIA S.A, 2007).

A tipologia da floresta em estudo é Floresta Estacional Semidecidual, cujo conceito está ligado às duas estações: uma chuvosa e a outra seca. Na estação seca, muitas espécies arbóreas perdem suas folhas, condicionados à baixa disponibilidade de água nos solos e também ao frio. A porcentagem das árvores caducifólias é da ordem de 20 a 50%, sendo comuns na região os gêneros: *Cariniana*, *Lecythis*, *Tabebuia* e *Astronium* (ROSAL ENERGIA S.A, 2007)

A floresta possui uma área de 52,04 ha, e está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana, que se localiza no Sul do Estado do Espírito Santo e Norte do Estado do Rio de Janeiro, no trecho situado entre as divisas dos municípios de Guaçuí (ES), São José do Calçado (ES) e Bom Jesus do Itabapoana (RJ) (CURTO, 2011).

A usina possui uma área de reservatório de 170 hectares (espelho de água) e uma Área de Preservação Permanente (APP) de 100 metros de largura ao redor de todo o reservatório, com aproximadamente 200 hectares. Esta área apresenta-se em grande parte degradada, mas está em andamento um projeto de recuperação da mesma que prevê a revegetação de toda a faixa de 100 metros. Nesta faixa está contido um fragmento bem preservado conhecido como Floresta do Rosal, ilustrado abaixo (Figura 2) (CURTO, 2011).

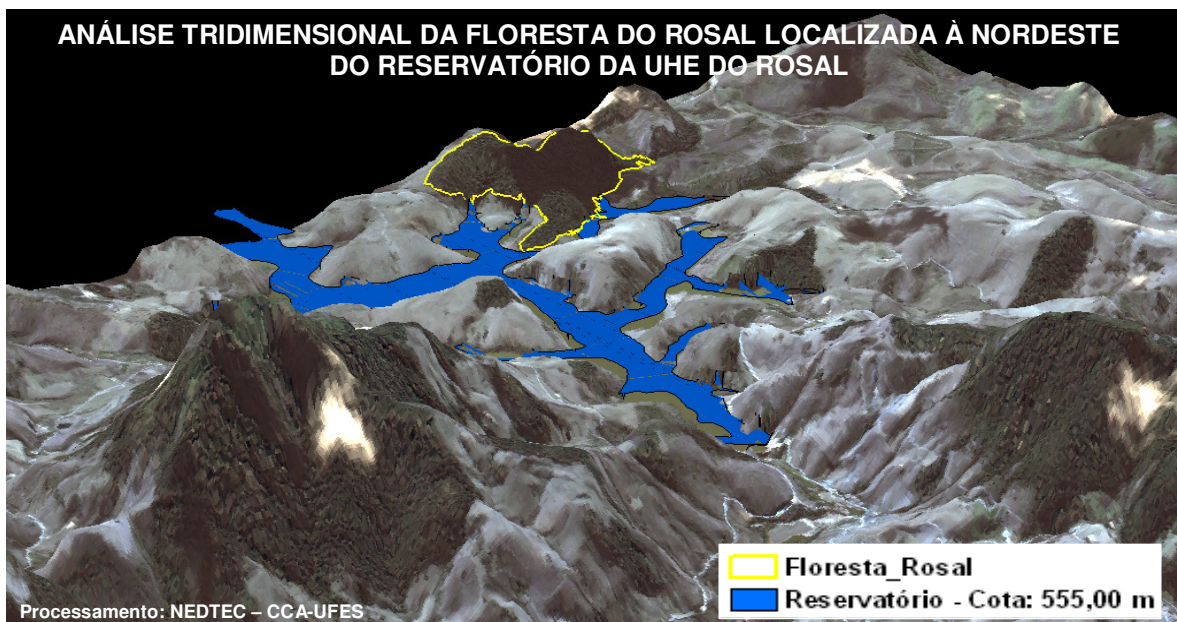


Figura 2 – Análise tridimensional da Floresta do Rosal localizada à Nordeste do reservatório da Usina Hidrelétrica do Rosal – CEMIG, Guaçuí, ES.

Fonte: Curto (2011).

3.2 Materiais utilizados

Consistiu como materiais de uso do trabalho, uma régua telescópica, um clinômetro eletrônico Haglof e uma trena de 50 metros.

A Régua Telescópica utilizada no presente estudo é feita de Policloreto de Vinila (PVC) e possui comprimento de 15 metros, quando totalmente aberta, e 1,76 metros, quando totalmente fechada, pesando aproximadamente 10 kg (Figura 3).



Figura 3 – Imagem ilustrativa da régua telescópica.

Fonte: www.TerraGes.pt (2011).

O clinômetro eletrônico Haglof é um aparelho que apresenta vantagens dimensionais, pois tem apenas 6,3 cm na sua maior dimensão e menos de 50 gramas (com a bateria), além de ser bastante resistente e apresentarem as leituras diretamente no formato digital. Serve tanto para medir inclinações quanto alturas a partir de uma distância qualquer definida pelo usuário (CAMPOS; LEITE, 2009) (Figura 4).



Figura 4 – Imagem ilustrativa do clinômetro eletrônico Haglof com suas dimensões.

Fonte: www.Aaker.com.br (2011).

O clinômetro calcula alturas a partir de uma distância previamente medida manualmente e dois ângulos medidos pelo próprio aparelho, fornecendo assim a altura em metros no visor. Sua praticidade é evidenciada pela presença de apenas um botão, além de ser compacto e leve. No Quadro 1 abaixo segue algumas de suas especificações.

Quadro 1 – Especificações técnicas do Clinômetro Eletrônico Haglof

Dimensões	20 x 63 x 44 mm
Peso	50 g (com bateria)
Bateria	1 AA
Altura máxima	999 m
Distância	0 – 999 m
Resolução	0,1 – 100 m
Ângulo	- 55° / + 85 °
Precisão do ângulo	± 0,2°
Modelos disponíveis	m / % ou m / °

Fonte: www.Aaker.com.br (2011).

3.3 Procedimento de trabalho

A floresta de Rosal é inventariada desde 2008, a qual 19 parcelas permanentes de 20 x 30 m (600 m²) foram amostradas sistematicamente, sendo que as parcelas 1, 7 e 19 foram excluídas do inventário por localizarem-se em área de borda.

Considerando as parcelas excluídas, a área total amostrada corresponde a 0,96 hectares. A Figura 5 ilustra a distribuição das parcelas na área.

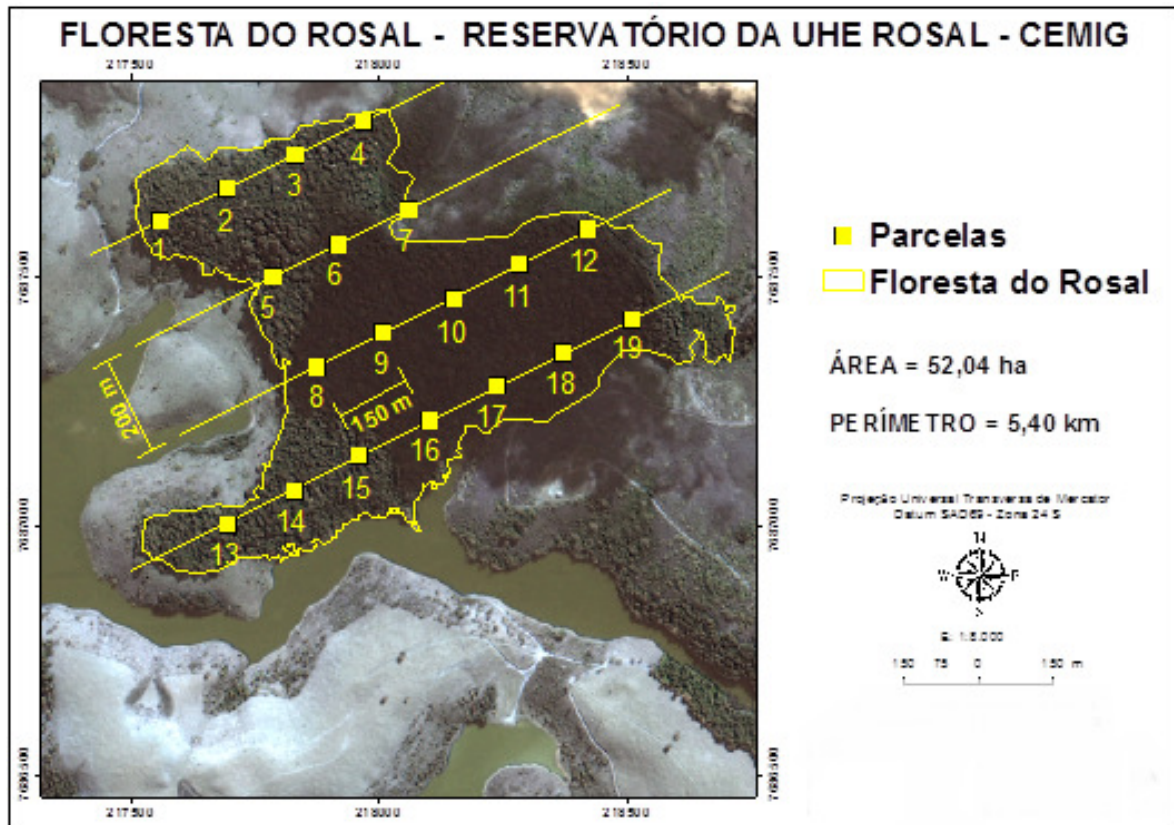


Figura 5 – Esquema de localização de parcelas alocadas na Floresta do Rosal, Guaçuí, ES.

Fonte: Curto (2011).

As parcelas com declividade abaixo de 5° foram consideradas como planas ou relativamente planas, e aquelas parcelas com declividade acima de 5° consideradas onduladas.

No presente trabalho, mediram-se árvores com a régua e com clinômetro eletrônico. Das 16 parcelas amostradas efetivamente, apenas 8 enquadraram-se como planas ou relativamente planas, sendo elas: 3, 4, 12, 13, 15, 16, 17 e 18, e destas, elegeram-se ao acaso as parcelas 4, 15 e 17 para realizar as medições de todas as árvores das parcelas. Logo, a correção de declividade pertinente aos instrumentos baseados em princípios trigonométricos, clinômetro eletrônico em questão, não foi necessária.

As árvores medidas foram aquelas com altura máxima de 15 metros, sendo este o alcance oferecido pela régua. Os indivíduos com diâmetro a 1,3 metros do solo

inferior a 5 centímetros não foram considerados no trabalho, totalizando assim em 182 árvores medidas.

As leituras feitas com a régua telescópica e com o clinômetro eletrônico foram obtidas pelo mesmo operador, a fim de exercer controle e evitar a influência do operador nos resultados.

As alturas reais das árvores foram determinadas pelo método direto, ou seja, com a régua telescópica. Tal procedimento deve ser realizado por dois operadores, um para elevar e abaixar a régua e outro para visualizar a copa da árvore a ser medida. Em relação ao clinômetro eletrônico, apenas um operador foi necessário para se fazer as estimativas. Isto foi feito esticando-se a trena até o local escolhido para medição, obtendo-se a leitura no aparelho na seqüência.

3.4 Estudo de precisão dos dados

Depois de realizadas as medições com os instrumentos, foi aplicado o teste t (teste de médias) para amostras independentes, ao nível de 5% de significância, de modo a se comparar a média das alturas totais obtidas pelo clinômetro em relação à média das alturas totais obtidas pela régua. As hipóteses do teste são:

Hipótese inicial (H_0): $\mu_c = \mu_r$

Hipótese alternativa (H_a): $\mu_c \neq \mu_r$

em que: μ_c = média das alturas obtidas pelo clinômetro eletrônico e μ_r = média das alturas obtidas pela régua.

Além do teste t , realizou-se uma análise gráfica dos resíduos, para que possam ser verificadas possíveis tendências na obtenção das alturas, cuja fórmula utilizada para o cálculo dos resíduos é a seguinte:

$$Erro(\%) = \frac{\hat{Y} - Y}{Y} 100$$

em que: \hat{Y} = alturas obtidas pelo clinômetro eletrônico e Y = alturas obtidas pela régua telescópica.

Outros testes estatísticos foram realizados para complementação à análise gráfica dos resíduos, sendo eles: Viés (V); Média das Diferenças Absolutas (MD); e Desvio Padrão das Diferenças (DPD). Segundo Souza (2009), os valores de Viés refletem a existência de alguma tendência entre os resíduos, a Média das Diferenças indica a amplitude entre os resíduos e o Desvio Padrão das Diferenças fornece o quão homogêneo são os resíduos. Quanto mais próximos de “0” (zero) os valores de V, MD e DPD, menores são as tendências e amplitudes e maior a homogeneidade dos resíduos, respectivamente. Estes testes são expressos pelas seguintes fórmulas:

1. Viés:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{n}$$

2. Média das Diferenças:

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

3. Desvio Padrão das Diferenças:

$$DPD = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \right)^2}{n-1} \right)}$$

em que: Y_i = altura obtida pela régua e \hat{Y}_i = altura obtida pelo clinômetro eletrônico;
 n = número de observações; e $d_i = (Y_i - \hat{Y}_i)$.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 Análises de precisão dos dados observados

De acordo com o teste efetuado, não se rejeitou H_0 , ou seja, a média das alturas obtida pelo clinômetro foi estatisticamente igual à da régua, ao nível de 5% de significância.

Os erros relativos foram dispostos em gráfico para facilitar a visualização de eventuais tendências de superestimativa ou subestimativa dos resíduos. Analisando a Figura 6, nota-se que a distribuição dos resíduos manteve-se homogênea, ou seja, não houve tendências no método de estimação ao longo das alturas, sendo que a variação encontrada, para a grande maioria dos resíduos, esteve contida no intervalo entre - 20 e + 20%.

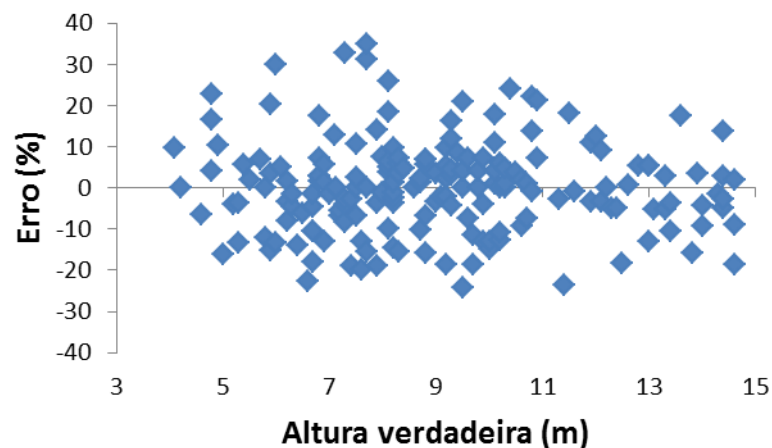


Figura 6 – Distribuição gráfica dos resíduos de altura, em porcentagem, para o método de obtenção com clinômetro eletrônico.

O mesmo foi encontrado por Curto (2011), ao avaliar diferentes métodos de obtenção de alturas de árvores em terreno plano de floresta nativa, porém em alturas entre 15 e 18 metros. Utilizando-se do clinômetro em seu trabalho, este autor também obteve uma distribuição residual não tendenciosa, além dos resíduos variarem, em sua maioria, neste mesmo intervalo de amplitude, sendo de - 20 a + 20% de erro.

Em florestas plantadas, Couto e Bastos (1988) analisando fatores relacionados aos erros de medição de alturas de eucalipto, utilizando-se de diferentes hipsômetros, operadores, classes de alturas e distâncias do operador, observaram que os maiores erros percentuais foram obtidos nas menores alturas reais (árvore menores que 10 metros), com variação de - 19,59 a + 14,75%.

Estes autores ainda notaram que o hipsômetro Haglof não mostrou ser estatisticamente influenciado pela distância do operador à árvore, e que os erros apresentados pelos hipsômetros estudados diferem de acordo com a classe de altura.

As médias das alturas obtidas pelos dois métodos foram bem próximas, conforme pode ser observado no Quadro 2. Com relação ao erro médio cometido pelo clinômetro, em relação à altura obtida de forma direta pela régua, este foi de 8,57%.

Comparando este erro médio, que se refere a alturas até 15 metros, com os erros médios encontrados por Curto (2011), referentes às classes de 15 a 18, 18 a 21 e maior que 21 metros de altura, este autor obteve erros 2,23%, 4,26% e 4,74% respectivamente, ou seja, os erros cresceram à medida que se aumentava as classes das alturas.

Ao medir alturas de eucaliptos plantados, Couto e Bastos (1988) obtiveram, dos cinco hipsômetros estudados, o hipsômetro Haglof como o instrumento que apresentou maior erro percentual para todas as distâncias do operador à árvore, sendo a média dos erros de 4,8%. Isto pode ser agravado quando se usa este aparelho em florestas nativas, uma vez que nestas, geralmente o operador é forçado a ficar em distâncias mais próximas da árvore, por dificuldade de visualização da copa.

Quadro 2 – Médias das alturas encontradas pela régua e clinômetro e média dos erros relativos do método de obtenção das alturas pelo clinômetro.

	Régua	Clinômetro
Média das alturas (m)	9,072	9,077
Desvio padrão (m)	2,5984	2,7285
Média dos Erros (%)	-	8,57

A fim de complementar o resultado obtido pela média dos erros cometidos pelo clinômetro eletrônico quando comparado à altura obtida de forma direta pela régua, foram realizadas estatísticas complementares, sendo elas: Viés, Média das Diferenças (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD).

Os valores de viés quando negativos indicam tendência de superestimativa, e positivos, subestimativa. Quanto mais próximos de “0” (zero) os valores de V, MD e DPD, menores serão as tendências e amplitudes e maior será a homogeneidade dos resíduos, respectivamente.

Ao observar os valores das estatísticas na Tabela 1, é possível verificar pelo baixo valor do V que não existem tendências nas estimativas, e de acordo com a MD é possível verificar também que a amplitude dos erros foi baixa. Em relação ao DPD, pôde-se observar que este foi próximo de 1, ou seja, a dispersão dos erros variou, em média, aproximadamente ± 1 metro.

Portanto, em se tratando de tendências e amplitude dos erros, o método de obtenção de altura com clinômetro eletrônico para árvores menores do que 15 metros teve bons resultados, porém, a homogeneidade dos erros não foi tão desejável.

Tabela 1 – Estatísticas complementares Viés (V), Média das Diferenças (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD) para estimativa de alturas via clinômetro eletrônico.

Altura obtida via Clinômetro Eletrônico	
V	-0,0055
MD	0,7626
DPD	1,0158

5 CONCLUSÃO

- Os métodos de obtenção de alturas de árvores foram estatisticamente iguais, ou seja, o uso clinômetro eletrônico Haglof apresenta boa precisão na estimativa de altura de árvores menores que 15 metros em terreno plano de floresta nativa, portanto podem ser usados para estas condições.
- Não houve fortes tendências em subestimar ou superestimar as alturas através do método de estimação de alturas pelo clinômetro eletrônico Haglof.
- Há necessidade de se realizar mais estudos relacionados aos métodos de estimação de alturas, visto que os hipsômetros são poucos estudados, o que gera escassez de informações da precisão destes instrumentos.

6 REFERÊNCIAS

ATLAS DOS ECOSSISTEMAS DO ESPÍRITO SANTO. – [Vitória, ES] : **SEMA** : Viçosa, MG : UFV. Coordenação geral João Luiz Lani. 2008, 204p.

ARCHANJO, K. M. P. A. **Análise florística e fitossociológica de fragmentos florestais de Mata Atlântica no sul do estado do Espírito Santo.** 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

CALEGÁRIO, N.; SCOLFORO, J. R. S.; SOUZA, A. L. Estratificação em alturas para floresta natural heterogênea: uma proposta metodológica. **Cerne**, v. 1, n. 1, p. 58-63, 1994.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**, 3ª ed. Viçosa, MG. Editora UFV, 2009, 548p.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, SEMAD/ INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG. 2000. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos.** MMA/SBF, Brasília, 2000. 40 p.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Erros de medição de altura em florestas de *Eucalyptus* em região plana. **IPEF**, n.39, p.21-31, ago.1988.

CURTO, R. A. **Avaliação de métodos de obtenção de altura e de estratificação vertical em uma floresta estacional semidecidual.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

FREITAS, A. G. DE; WICHERT, M.C.P. **Comparação entre instrumentos tradicionais de medição de diâmetro e altura com o criterion 400.** IPEF, n. 188, 1998.

FREITAS, L. J. M.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. **Análise técnica e estimativas de custos de inventário de prospecção em uma floresta estacional semidecidual submontana.** Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v. 29, n.1, p. 65-75, 2005.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. São Paulo. 1997.

GONÇALVES, D. A.; ELDIK, T. V.; POKORNY, B. **O uso de dendrômetro a laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia**. Revista Floresta, Curitiba, v. 39, n. 1, p. 175-187, jan./mar. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Projeto RADAM**. V. 34. Folha SE 24 Rio Doce. Rio de Janeiro, 1987. 540 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro, 1998.

REZENDE, H. R.; SESSA, P. A.; FERREIRA, A. L.; SANTOS, C. B.; LEITE, G. R.; FALQUETO, A. **Efeitos da implantação da Usina Hidrelétrica de Rosal, Rio Itabapoana, Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, sobre anofelinos, planorbídeos e flebotomíneos**. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. v. 42, n. 2, p. 160-164, 2009.

ROSAL ENERGIA S.A. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal de Guaçuí – ES**. 2007. 71p.

SANSEVERO, J.B.B.; PIRES, J.P.A.; PEZZOPANE, J.E.M. Caracterização ambiental e enriquecimento da vegetação de áreas em diferentes estágios sucessionais (pasto, borda, clareira e floresta). **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**. 2006.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Manejo sustentado de florestas inequiâneas heterogêneas**. Santa Maria: UFSM. 195p. 2000.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: UFSM. 566p. 2008.

SILVA, J.A.A., PAULA NETO, F. **Princípios Básicos de Dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979. 191p.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**, 1ª ed. Viçosa, MG. Editora UFV, 2006, 276p.

SOUZA, C. A. M. **Modelos de Afilamento para *Pinus taeda* L. ajustados segundo a forma do tronco e métodos de estratificação**. Santa Maria: UFSM, 2009. 120p.

Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2009.

THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010.