ANA TERESA DE OLIVEIRA LEITE

CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE POVOAMENTOS UTILIZANDO ALTURA DOMINANTE, ALTURA MÉDIA E DIÂMETRO MÉDIO DAS ÁRVORES

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

DEZEMBRO - 2014

ANA TERESA DE OLIVEIRA LEITE

CLASSIFICAÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE POVOAMENTOS UTILIZANDO ALTURA DOMINANTE, ALTURA MÉDIA E DIÂMETRO MÉDIO DAS ÁRVORES

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências da disciplina ENF 499 – Trabalho Final de Curso II do curso de Engenharia Florestal.

Hélio Garcia Leite (Orientador)

Carlos Pedro Boechat Soares

AlvaroVieira Soares

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por me conceder forças em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

Aos meus pais,Silma e Celso, e ao meu irmão, Gabriel pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa por me proporcionar grandes experiências.

Ao Professor Hélio Garcia Leite pela confiança depositada em mim, dedicação e orientação.

Aos meus amigos de Viçosa e da Engenharia Florestal de 2009, pelos momentos de descontração, pela força que sempre me deram e por torcerem por mim.

BIOGRAFIA

Ana Teresa de Oliveira Leite, filha de Silma Rodrigues de Oliveira Leite e Celso Afonso Muraro Leite, nasceu em Franca, São Paulo no dia 29 de Janeiro de 1991.

Concluiu o Ensino Fundamental na Escola SESI, o Ensino Médio no Novo Colégio.

Ingressou na Universidade Federal de Viçosa, no curso de Engenharia Florestal no ano de 2009.

SUMÁRIO

EXTRATO 5

1. INTRODUÇÃO 6

2. MATERIAL E MÉTODOS 9

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO 12

4. CONCLUSÃO 20

5. REFERÊNCIAS 21

EXTRATO

LEITE, Ana Teresa de Oliveira. Monografia de Graduação, Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2014. **Classificação da capacidade produtiva de povoamentos utilizando altura dominante, altura média e diâmetro médio das árvores.** Orientador: Helio Garcia Leite.

O presente trabalho buscou estudar o efeito da altura dominante, da altura média e do diâmetro médio das árvores como variáveis dependentes na classificação da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto. Os dados utilizados são de parcelas permanentes medidas anualmente no Estado da Bahia. O método escolhido para a construção das curvas de índice de local foi o da curva-guia. A escolha do melhor modelo foi feita com base na consistência entre as curvas construídas e a dispersão da variável *Y*. Após o estabelecimento das classes foi identificado o percentual de casos onde há concordância nas classes I, II e III obtidas com as três variáveis. Para cada parcela e medição, foram estimados os índices de local empregando as três alternativas. Esses índices foram inseridos no banco de dados contendo as parcelas totalizadas, sendo esse utilizado para ajuste do modelo de Clutter. Com os três modelos, com *S* definidos pelas variáveis *Hd*, *q* e , foram construídas curvas e Quadros de produção para classes de local I, II e III. Com base nos resultados deste estudo, pode-se afirmar que a classificação da capacidade produtiva de povoamentos de clones de eucalipto, empregando a altura média ( ) é eficiente tanto para mapeamento da capacidade produtiva quanto para modelagem do crescimento e da produção.

1. INTRODUÇÃO

Em comparação à maioria as culturas agrícolas, as culturas florestaissão conhecidas pelo longo prazo entre os investimentos iniciais e as receitas futuras. Isto gera uma preocupação maior com o crescimento do povoamento e a produção, pois é deles que depende a viabilidade econômica do investimento(GUIMARÃES, 1994). O manejo florestal nesse ponto é de grande importância para atingir a retorno esperado.

O crescimento de uma arvore é influenciado pela interação entre o fator genético com o meio ambiente, no qual estão incluídas as variáveis climáticas, o solo, topografia e a competição com outros seres vivos presentes no local(SELLE et al., 1994). A interação entre esses fatores em relação à produção de madeira ou outro tipo de produto,é denominada como capacidade produtiva, que junto com a idade, o grau de utilização do potencial produtivo do lugar e tratamentos silviculturais interfere no crescimento e produção de um povoamento florestal (CAMPOS E LEITE, 2013).

Para um plano de manejo florestal ser bem sucedido é necessário o desenvolvimento e aplicação de métodos quantitativos, além de conhecimentos ecofisiológicos (CAMPOS E LEITE, 2013). A classificação das terras é importante para elaboração desse plano. Esta classificação inclui o mapeamento da capacidade produtiva, que pode ser feita por métodos diretos, indiretos ou por uma combinação desses métodos. É comum, por exemplo, o mapeamento das unidades de solo e em seguida a construção e aplicação de curvas de índices de local para classificação dos das unidades de manejo. Tais curvas são usualmente construídas com base na relação entre

altura dominante do povoamento e idade (CLUTTER et al., 1983), ou seja, empregando um método direto.

A qualidade do local pode ser expressa de maneira empírica, como, alta, média e baixa, ou através de um índice quantitativo, o índice de local (BURGUER, 1976; CARMEAN, 1975; CLUTTER et a., 1983; SELLE et al., 1994; HUSCH et al.; 2003; CAMPOS e LEITE, 2013).

Conforme ASSMANN (1961), a altura dominante de um povoamento é igual à média das alturas totais dos 100 maiores indivíduos em um hectare desse povoamento. Como a amostragem para fins de modelagem é feita por parcela, geralmente de área fixa, uma transformação simples é utilizada para definir o número de indivíduos dominantes por parcela. Assim, para uma parcela de 500 m² resulta em cinco árvores dominantes. Conforme CAMPOS E LEITE (2013), esses indivíduos podem ser marcados em uma primeira medição ou definidos como aqueles de maior altura em cada medição, desde que sejam indivíduos com as características de dominância.

Há algumas vantagens na utilização da classificação por índices de local, entre elas, o fato de a altura das arvores mais altas quase não ser afetada pela competição, da classificação ser feita por uma expressão numérica e não por uma descrição qualitativa (CAMPOS E LEITE, 2013) e possibilidade da obtenção da altura com exatidão e custo mínimo (POKHAREL e FROESE, 2009).

Mas de acordo com LEITE et al. (2011) a leitura da altura total pode ser dificultada pelo adensamento do plantio e condições ambientais inadequadas, como pouca radiação solar direta e ventos, resultando em erros que posteriormente serão inseridos na classificação.

A classificação com base na altura se justifica pelo fato de o crescimento em altura ser menos dependente da densidade do que o diâmetro. Apesar disso, para povoamentos com baixas taxas de mortalidade e não submetidos a desbastes, o diâmetro das árvores dominantes pode ser empregado como variável para classificação (LEITE et al., 2011). Conforme esses autores, se as arvores dominantes forem identificadas e marcadas no povoamento a utilização do diâmetro dessas árvores resulta em curvas de índices de local consistentes.

Conforme demostrado por Leite et al. (2011), quando as árvores dominantes são marcadas é possível utilizar tanto a altura dessas árvores quanto os seus diâmetros (*dap*) para construção de curvas de índices de local. Para avaliar novamente a eficiência da

classificação com base no diâmetro, em um povoamento com características diferentes daquelas observadas nos dados utilizados por Leite et al. (2011), foi conduzido o presente estudo. Porém, aqui, foi avaliada a eficiência da classificação com base no diâmetro médio ou quadrático (*q*) e não a média aritmética dos diâmetros dos indivíduos dominantes, conforme utilizado pelos referidos autores. Foi investigado também a eficiência do emprego da média aritmética das alturas de todas as árvores de cada parcela, em relação ao emprego usual da altura dominante da parcela.

2. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área e dos dados

Os dados utilizados foram provenientes de 500 parcelas permanentes distribuídas em 272 talhões, medidas em idades entre 15 e 79 meses, em povoamentos de eucalipto com espaçamento inicial de 3 x 2,8 m. Os povoamentos amostrados encontram-se na região Nordeste da Bahia. Nesse intervalo de tempo as árvores dominantes atingiram até 36,3 m de altura, diâmetro médio (*q*) e a média das alturas totais ( ) de 20,8 cm e 33,7 m, respectivamente. A amplitude de volumes observada na base de dados foi de 13,42 a 469,68 m^3ha^{-1}. A sobrevivência no período de avaliação variou de 55% a 98%.

3.2. Curvas de Índices de Local

O método escolhido para a construção das curvas de índice de local foi o da curva-guia (Clutteret al. 1983), onde, inicialmente, é selecionado um modelo de regressão envolvendo inicialmente as variáveisaltura dominante (*Y=Hd*) e idade (*I*). Os modelos avaliados foram:$LnY = \beta_0 + \beta_1 I^{-1} + \varepsilon$ e $Y = \beta_0 (1-exp(-\beta_1 I)) + \varepsilon$, em que: *Y* é a variável dependente, *I* é a idade em meses e β_0e $\beta_1$são os parâmetros.

A avaliação das estimativas geradas pelos modelos de densidade variável foi feita empregando as estatísticas , bias%, RQEM, MDA e, também, por meio de análises gráficas de resíduos, utilizando os seguintes estimadores:

A escolha do melhor modelo foi feita com base na consistência entre as curvas construídas e a dispersão da variável *Y*. Foram construídas curvas de índices de local para *Y* = *Hd*; *Y* = e *Y* = *q*.

Para cada feixe de curvas de índices de local, construídas com base nas variáveis *Hd*, e *q*, foram definidas três classes de local (I, II e III), representando uma classificação em alta, média e baixa capacidade produtiva. Após o reconhecimento de cada classe foi identificado o percentual de casos onde há concordância nas classes I, II e III obtidas com as três variáveis.

3.3. Modelagem de crescimento e da produção

Para cada parcela e medição, foram estimados os índices de local empregando as três alternativas descritas em 3.2. (*Y* = *Hd*, *Y*=*q* e *Y* =). Esses índices de local foram inseridos no banco de dados contendo as parcelas totalizadas, com o software Eviews utilizando esse banco foi realizado o ajuste do modelo de CLUTTER (1963), na sua forma mais usual (CAMPOS e LEITE, 2013), sendo:

em que: = índice de local na idade I_1, para a alternativa *j* , em m para Hd e e em cm para *q*; B_1 =área basal inicial, em m^2ha^{-1}; B_2 =área basal futura, em m^2ha^{-1}; V_2 =volume futuro com casca, em m^3ha^{-1}; Ln =logaritmo neperiano;
=parâmetros do modelo e =erro aleatório.

Para avaliar as estimativas geradas pelos modelos de densidade variável foi feita empregando as mesmas estatísticas dos modelos de regressão , bias%, RQEM, MDA e, também, por meio de análises gráficas de resíduos.

De posse dos três modelos, com *S* definidos pelas variáveis *Hd*, *q* e , foram construídas curvas e Quadros de produção para classes de local I, II e III.

As estimativas de produção obtidas ao aplicar os três modelos foram comparadas empregando o procedimento estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002), de comparação de dados analíticos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações estimadas para as variáveis *Hd*, e *q*, com suas principais estatísticas de verificação, são apresentadas no Quadro 1. Na Figura são apresentadas as relações entre os valores observados e os correspondentes valores estimados dessas variáveis.

Quadro 1. Estatísticas dos modelos de regressão para classificação da capacidade produtiva, utilizando as variáveis independentes *Hd*(A), (B) e q(C), contendo, (coeficiente de correlação); bias; MDA(média das diferenças absolutas) e RQEM(raiz quadrada do erro médio).

Modelo	Estatísticas
(A) LnHd = 3,36247 - 16,28476*I^{-1}	=0,729; bias=0,257; MDA=1,9; RQEM=0,00220
(B) Ln = 3,300065 - 16,47199*I^{-1}	=0,714; bias=0,220; MDA=1,8 ;RQEM=0,00216
(C) q = 15,19*(1-exp(-0,05*I))	=0,717; bias= 0,004; MDA=1,2; RQEM=0,00154

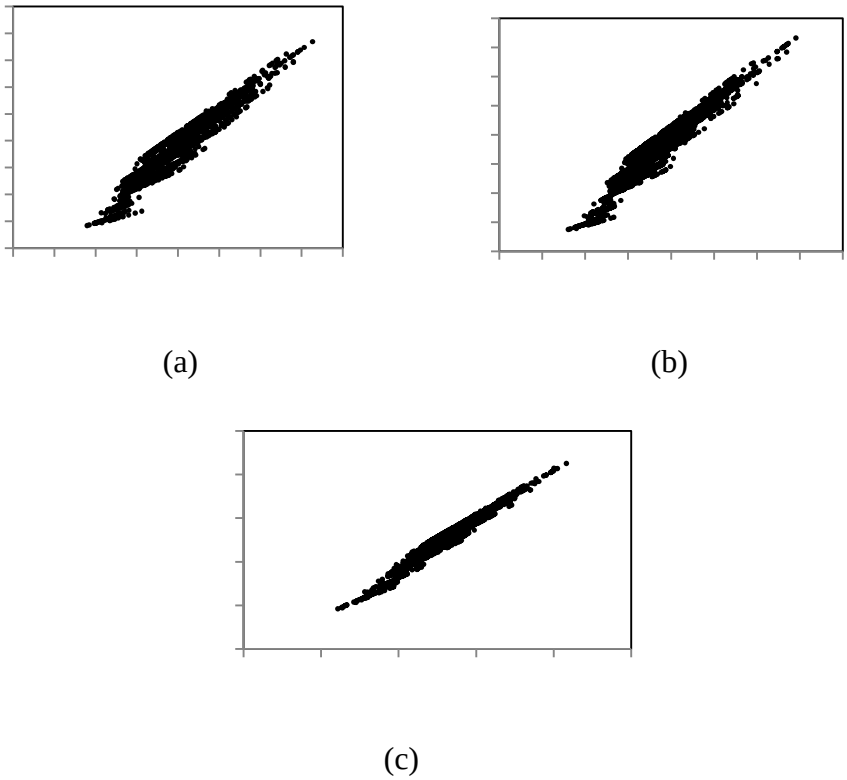

Figura 1. Relação entre valores estimados e valores observados de altura dominante (a), altura média (b) e diâmetro quadrático (c).

O modelo escolhido para a classificação utilizando altura foi o de Schumacher (1933) e para o diâmetro médio (q), foi definido o modelo ExponentialAssociation. Todas as estimativas dos parâmetros foram significativas pelo teste t ($p<0,01$)(Quadro1). As equações do Quadro1 foram utilizadas para construção de feixes anamórficos de índices de local (Figuras 1(a), 1(b) e 1(c)). Com esses feixes, foram determinadas as classes de local de cada talhão, com três classes de capacidade produtiva (alta, média e baixa). Na Tabela 1constam o número de talhões em todas as idades classificados igualmente pelas três alternativas.

Tabela 1. Número de parcelas classificadas como alta, media e baixa capacidade produtiva, pelas alternativas A /B e A/C.

		Alternativa A (Hd)			
		Alta	Média	Baixa	Total
Alternativa B ( )	Alta	8	-	-	8
	Média	9	56	-	65
	Baixa	-	26	173	199
	Total	17	82	173	272
		Alta	Média	Baixa	Total
Alternativa C (q)	Alta	15	21	-	36
	Média	2	61	108	171
	Baixa	-	-	65	65
	Total	17	82	173	272

A exatidão das estimativas de Hd foram coerentes com a literatura (SOARES et al., 2004 e DEMOLINARI et al.. 2007). A utilização dasvariáveis dependentes e q para a classificação da capacidade produtiva mostrou-se estatisticamente adequada. Considerando as medidas de precisão das equações, observou-se que os modelos empregando as três variáveis (Hd, e q) ajustaram-se bem aos dados, com destaque maior no diâmetro médio que foi a variável que obteve maior precisão e exatidão (Quadro 1). Os modelos de crescimento e produção utilizando e q comportaram-se semelhante ao em Hd, indicando a possibilidade de sua utilização para fins de classificação da capacidade produtiva.

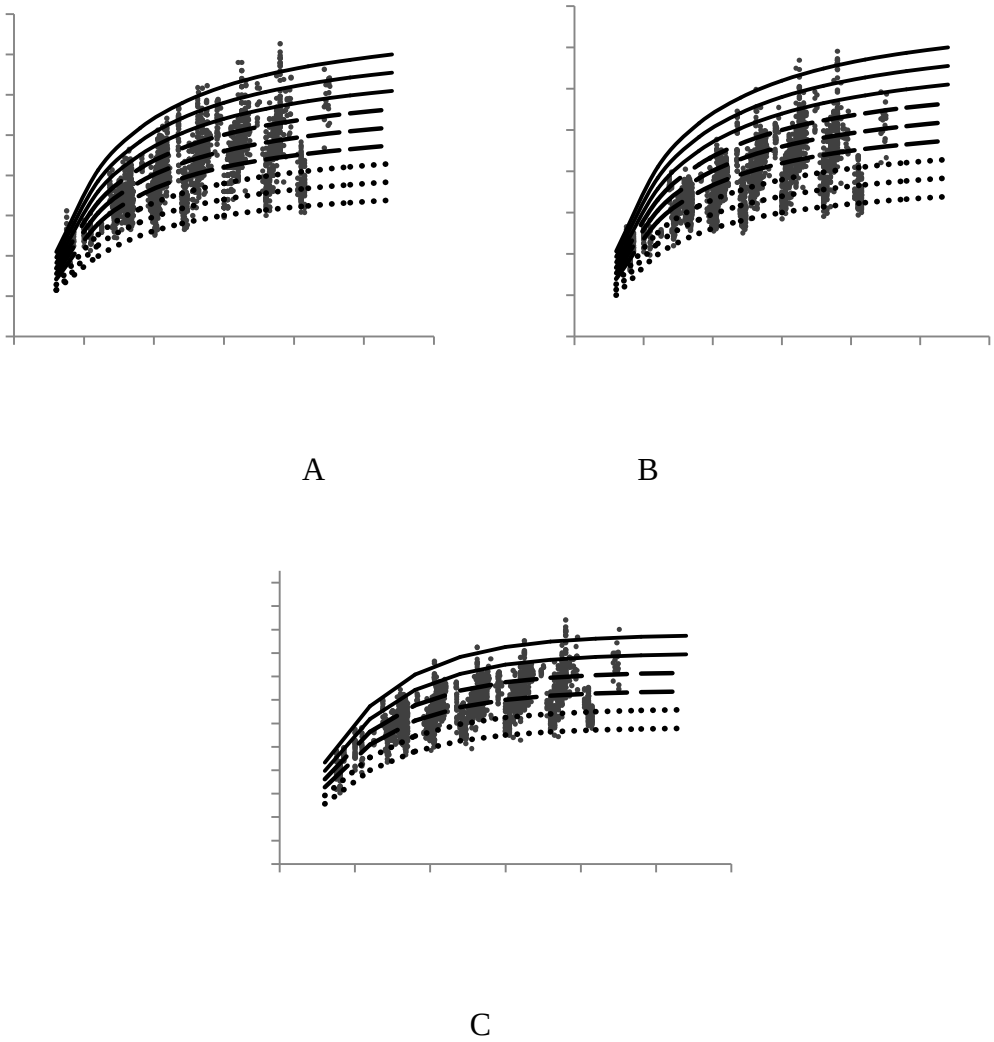

Figura 2. Curvas de índice de local para clones de Eucalipto, na região nordeste do Estado da Bahia, Brasil, pelo método da curva-guia. As linhas continuas representam uma alta capacidade produtiva, as tracejadas uma média capacidade produtiva e as pontilhadas baixa capacidade produtiva.

Comparando as classificações feitas pelas alternativas verificou-se que entre Hd e houve coincidência em termos de classe de local em 86% das parcelas, mostrando que aplicar a altura média ( ) no lugar da altura dominante (Hd) na classificação da capacidade produtiva gera um resultado eficiente. Já na comparação entreHd e q a porcentagem observada foi de 52%, evidenciando que pode fornecer um resultado eficiente mas com uma maior probabilidade de erro comparando com a classificação gerada com o uso da variável Hd. Isto ocorre pelo fato do diâmetro ser mais influenciado pela densidade do povoamento do que a altura. Ao empregar o diâmetro, em povoamentos com baixas taxas de mortalidade, ao invés do diâmetro médio deve ser

utilizado o diâmetro das árvores dominantes, conforme comprovado por Leite et al (2011).

O modelo de Clutter ajustado empregando índices de local estabelecidos com base nas três alternativas de classificação são apresentados na Quadro 3, onde foram incluídas também as suas principias estatísticas de verificação. Na Figura 3 são apresentados histogramas com a distribuição dos resíduos das estimativas de área basal e volume geradas pelos modelos.

Curvas de produção construídas para classes I, II e III, empregado os modelos da Quadro 3, são apresentadas na Figura 4.

As estimativas de volume obtidas ao aplicar o modelo de Clutter para cada parcela, projetando de I1 para I2, foram comparadas pelo procedimento estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002), sendo o resultado apresentado na Quadro 4.

Quadro3. Estatísticas dos modelos de Clutter para classificação da capacidade produtiva, utilizando as variáveis independentes *Hd*, e *q*.

		Estatísticas			
Variável	**Modelo**	**R^2aj**	**bias%**	**MDA**	**RQEM**
Hd	LNB2=LnB1*I1/I2+2,558354*(1-I1/I2)+0,033837*(1-I1/I2)SHD	0,85424	-2,56	0,860	0,00085
	LNV2=1,004256+(-4,011571)/I2+0,011841*SHD1+1,397765*LNB2	0,95341	-0,37	27,06	0,00288
	LNB2=LnB1*I1/I2+2,570047*(1-I1/I2)+0,036236*(1-I1/I2)S	0,85134	-8,07	1,505	0,00126
	LNV2=0,969511+(-3,715924)/I2+0,012269*S 1+1,411147*LNB2	0,95186	-17,6	25,781	0,00327
q	LNB2=LnB1*I1/I2+2,224749*(1-I1/I2)+0,076936*(1-I1/I2)Sq	0,84342	-3,34	0,862	0,00085
	LNV2=0,988084+(-5,46063)/I2+0,030891*Sq1+1,347605*LNB2	0,95186	-0,02	27,608	0,00289

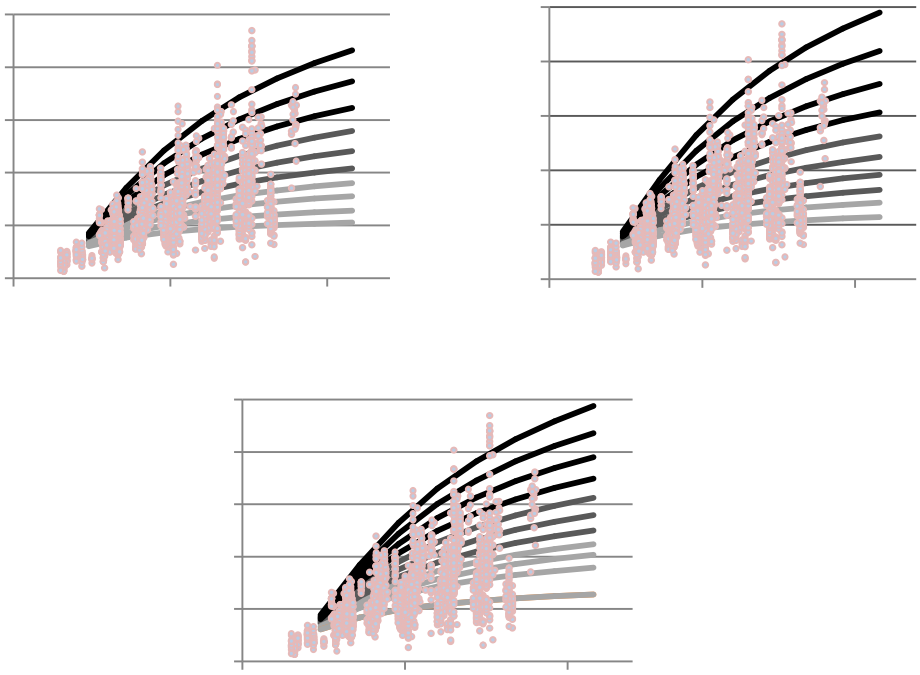

Figura 4. Curvas de produçãopara clones de Eucalipto, na região nordeste do Estado da Bahia, Brasil, pelo método de Clutter, usando a variáveis dependentes altura dominante (Hd), altura total ( ) e diâmetro médio (q).

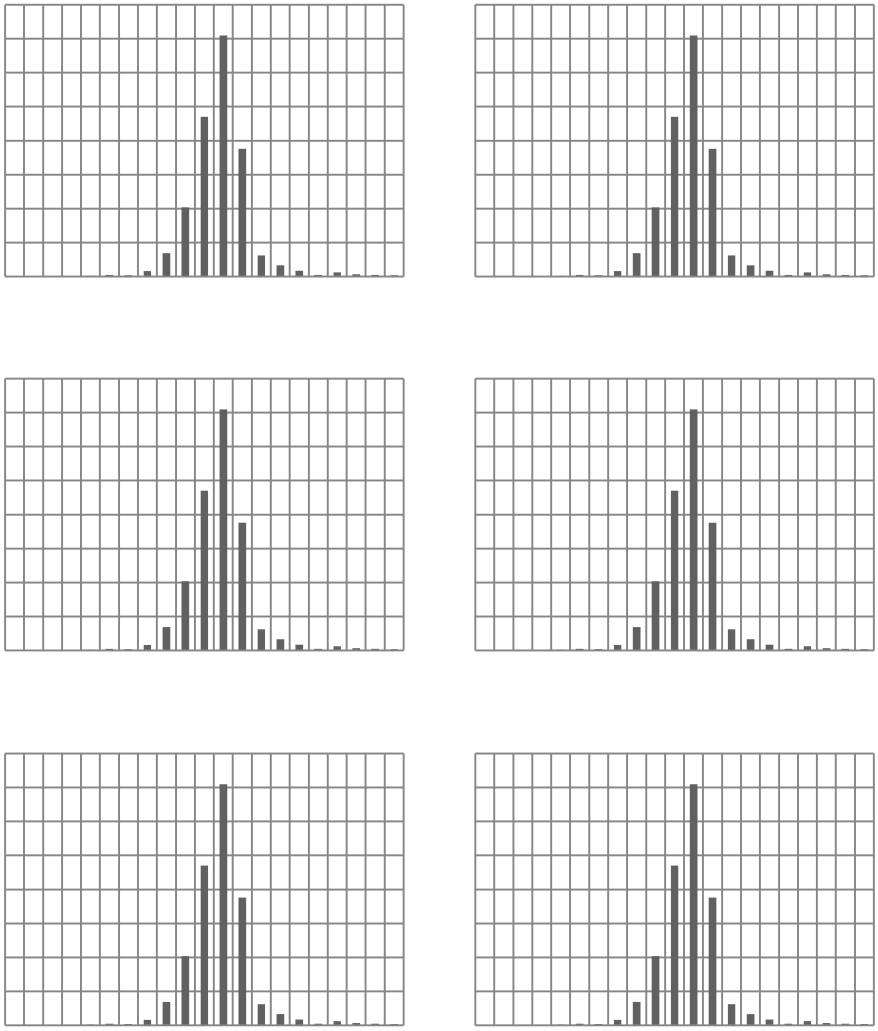

Figura 3. Histogramas com a distribuição dos resíduos das estimativas de área basal (B) e volume (V) geradas pelos modelos de Clutter.

A partir das estatísticas e das curvas de produção que foram produzidas utilizando os modelos da Quadro 3, observou-se que ao empregar a altura total ( ) ocorreu uma tendência de superestimar o volume. A utilização da variável *q* para a definição do site não é recomendada pois os feixes tendem mais para a média dos volumes observados.

Quadro3. Estatísticas do teste de LEITE e OLIVEIRA (2002) comparando as estimativas de volume obtidas ao aplicar o modelo de Clutter entre as variáveis utilizadas, no nível de significância de 5%.

Comparação	F(Ho)			Conclusão
Hd/Ht	7564,422	64,68224	sim	V2Hd é diferente de V2Ht
Hd/q	42,21684	3,003996	não	V2Hd é diferente de V2q
Ht/q	5984,242	61,74036	sim	V2Ht é diferente de V2q

Observando os resultados do teste de L&O (Quadro4), verificou-se que as equações geradas a partir do modelo de Clutter usando as variáveis dependentes Hd, e q (Quadro 3), não apresentaram grau de semelhança preciso na predição do volume pois foi observado diferença significativa em nível de 5% de significância.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo, pode-se afirmar que a classificação da capacidade produtiva de povoamentos de clones de eucalipto, empregando a altura total (Ht) é eficiente tanto para mapeamento da capacidade produtiva quanto para modelagem do crescimento e da produção e por o diâmetro médio ser mais influenciado pela densidade do povoamento não gera um resultado eficiente em termos na classificação da capacidade produtiva.

5. REFERÊNCIAS

ASSMANN, E., 1961.**Waldertragskunde**. Müchen : BLV. 490 p.

BURGER, D. **Ordenamento florestal 1; a produção florestal**. 2.ed. Curitiba, Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Agrárias, 1976. 1 v.

CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G., 2009. **Mensuração Florestal: Perguntas e respostas.** Viçosa: UFV,3ª Edição, 548 pp.

CAMPOS, J.C.C., LEITE, H.G., 2013. **Mensuração Florestal.** Viçosa: UFV,4ª Edição, 548 pp.

CARMEAN, W.H., 1975. Forest site qualityevaluation in the United States. **AdvancesAgronomy27**: 209-269.

CLUTTER, J.L., FORTSON, J.C., PIENAAR, L.V., BRISTER, G.H., BAILEY, R.L., 1983. **Timbermanagement: A quantitative approach**. New York: John Wiley& Sons, 333 pp.

DEMOLINARI, R.A., SOARES, C.P., LEITE, H.G., SOUZA, A.L., 2007. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na regiao de Monte Dourado (PA). **Revista Arvore31**: 503-512.

GUIMARÃES, D. P., 1994. **Desenvolvimento de um modelo de distribuição diamétrica de passo invariante para prognose e projeção da estrutura de povoamentos de eucalipto.**1994. 178f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HUSCH, B., BEERS, T.W., KERSHAW JR., J.A., 2003. **Forest mensuration**. 4a Edicao. Hoboken, New Jersey: John Wiley& Sons, 443 pp.

LEITE, H.G. et al., 2013Classificação da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto utilizando diâmetro dominante.**Silva Lusitana19**: 181-195.

POKHAREL, B., FROESE, E.F., 2009. Representing site productivity in the basal areaincrementmodel for FVS-Ontario. **Forest Ecologyand Management258**: 657-666.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. D. S., 1933.Logarithmicexpressionoftimber-tree volume. **JournalofAgriculturalResearch**, Washington, D. C., v. 47, n. 9, p. 719-734.

SELLE, G.L., SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G., 1994. Classificação de sitio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará Do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p.77-95.