

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio

Relatório Final (2014-2015)

EFICIÊNCIA DE UMA EQUAÇÃO ALOMÉTRICA NA ESTIMATIVA DE VOLUME DA MADEIRA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

Karla Mayara Almada Gomes

Orientador: Dárlison Fernandes Carvalho de Andrade

Santarém Agosto/2015

RESUMO

Estudos que subsidiem o melhor aproveitamento de madeira são ações proeminentes para garantir a exploração sustentável dos recursos florestais, premissa do manejo florestal comunitário que, na Floresta Nacional do Tapajós, é realizado por uma cooperativa de moradores tradicionais. Considerando as hipóteses que o uso de uma equação específica é eficiente na estimativa volumétrica em uma Área de Manejo Florestal e que mensurações errôneas das variáveis altura e diâmetro contribuem significativamente com o erro na estimativa de volume, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência da equação alométrica utilizada na estimativa do volume de madeira explorado. Foram analisados dados do inventário florestal 100% e da cubagem rigorosa de 1.930 árvores de 27 espécies comerciais exploradas em 10 unidades de trabalho da unidade de produção anual explorada em 2013. Foi avaliado o erro de estimativa volumétrica por espécie e por estratos e foram comparadas as estimativas de volume a partir da equação definida para a área e do fator de forma com o volume romaneado, obtido pelo método de Smalian. Concluiu-se que a equação específica para a área é o método mais eficiente para estimar o volume de madeira e que é necessário investir no aperfeiçoamento das técnicas de estimativa da variável altura comercial e em treinamento dos trabalhadores envolvidos no inventário, pois uma boa mensuração da variável altura eleva a precisão das estimativas de volume e garante a melhor administração da utilização dos recursos da floresta.

Palavras-chave: Manejo florestal; Equação volumétrica; Floresta Amazônica.

ABSTRACT

Studies that support the best use of wood are prominent actions to ensure the sustainable exploitation of forest resources, the premise of community forest management that, in the Tapajos National Forest, is performed by a cooperative of traditional residents. Considering the hypothesis that the use of a specific equation is effective in volumetric estimate in a Forest Management Area and erroneous measurements of variables height and diameter significantly contribute to the error in the estimate of volume, the objective of this study was to evaluate the efficiency equation allometric used in estimating the exploited wood volume. Data from the forest inventory 100% and cubed of 1930 trees of 27 commercial explored species from 10 work units of the annual production unit explored in 2013 were analyzed. It evaluated the volumetric estimates error by species and strata and compared through residual plots the volume estimates from equation set for the area and the form factor with explored volume obtained by the Smalian method. It was concluded that the specific equation for the area is the most efficient method to estimate the timber volume and the need to invest in improving the estimation techniques of commercial height variable and training of workers involved in the inventory because a good measurement of variable height increases the accuracy of volume estimates and ensures better management of the use of forest resources.

Key-words: Forest management; Volumetric equation; Amazon Forest.

LISTA DE FIGURAS

- **Figura 1:** Localização da Unidade de Produção Anual 08, manejada no ano de 2013 na Floresta Nacional do Tapajós, 08.
- **Figura 2:** Distribuição dos resíduos associados à estimativa de volume utilizando valores estimados e reais na equação específica para a UPA 08 e o fator de forma, *14*.

LISTA DE TABELAS

- **Tabela 1:** Porcentagem de erro médio na superestimativa de altura por espécie, 10.
- **Tabela 2:** Porcentagem de erro médio na subestimativa de altura por espécie, 11.
- **Tabela 3:** Erro médio (%) na estimativa da variável altura por estrato, 12.
- **Tabela 4:** Comparação da média de erro (%) associada à estimativa de volume ao utilizar os valores estimados e reais das variáveis na equação ajustada, além do fator de forma, com o volume real manejado, *13*.

LISTA DE SIGLAS

COOMFLONA – Cooperativa Mista da FLONA Tapajós

DAP – Diâmetro à altura do peito

FLONA - Floresta Nacional

SISBIO – Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade

UC – Unidade de Conservação

UPA - Unidade de Produção Anual

UT – Unidade de Trabalho

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	06
2.	OBJETIVOS	07
3.	MATERIAL E MÉTODOS	07
	3.1. Área de Estudo	07
	3.2. Coleta e análise dos dados	09
4.	RESULTADOS	10
5.	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	15
6.	RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO	16
7.	AGRADECIMENTOS	16
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

INTRODUÇÃO

A quantificação do volume é uma atividade importante na avaliação do potencial florestal de uma região e necessária para o estabelecimento de ações de manejo (MACHADO et al., 2005). Medidas concisas de volume são essenciais para um melhor aproveitamento do recurso madeireiro e para um bom planejamento da extração (THOMAS et al., 2006).

Dessa forma, estimar o volume de forma eficiente é fundamental para reduzir o desperdício de madeira em tora que, dentre os inúmeros produtos que a floresta dispõe, é o principal responsável pelo estabelecimento da indústria madeireira como um setor precursor da economia regional (SILVA-RIBEIRO, 2013).

As técnicas voltadas à exploração do recurso madeireiro vem sendo aperfeiçoadas no intuito de reduzir os impactos ambientais e garantir o recurso para as gerações atuais e futuras. Conforme Thaines et al. (2010), algumas dessas técnicas, embora simples, são necessárias no cotidiano das empresas florestais. Quando se trata da quantificação do volume de florestas nativas, por exemplo, são necessários métodos eficientes para estimá-lo, já que fatores relacionados a essa tipologia dificultam a determinação das variáveis que possibilitam mensurá-lo, como a altura e a medida de diâmetros.

A Amazônia detém uma expressiva diversidade de espécies e é composta por uma série contínua de formações vegetais bastante distintas (FILHO, 1987). Essa variabilidade florística requer uma análise criteriosa para estimar o volume e diversas equações foram desenvolvidas para estimar o volume de madeira em diferentes áreas na região (Rolim et al., 2006; Silva, 2007; Barros & Silva Júnior, 2009; Colpini et al, 2009; Thaines et al., 2010; Barreto et al., 2014).

Embora alguns modelos sejam eficientes, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições, o que faz necessário testá-los para tornar seu uso mais adequado (THOMAS et al., 2006). Desse modo, o ajuste volumétrico é uma ferramenta essencial para o planejamento florestal, pois permite a obtenção das equações volumétricas.

Gama (2004) ressalta que é importante a obtenção dessas equações para cada área específica, visando reduzir a possibilidade de inferências incorretas, uma vez que a quantificação equivocada de estoques volumétricos propicia maiores danos ambientais e perdas econômicas. Para isso, é relevante que os profissionais envolvidos nas atividades exploratórias estejam preparados e que disponham de treinamento adequado, no intuito de diminuir as chances de estimar erroneamente as variáveis necessárias ao ajuste de equações.

Na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós é realizado manejo florestal comunitário desde 2006, onde os moradores tradicionais da Unidade de Conservação (UC) se organizaram

e criaram a Cooperativa Mista da Flona do Tapajós (COOMFLONA) para manejar a floresta, e tornaram-se referência em manejo de recursos florestais na Amazônia.

Em nove anos de execução, as atividades de manejo na FLONA do Tapajós se consolidaram como a principal atividade econômica e o aperfeiçoamento contínuo das técnicas passou a refletir em melhor aproveitamento do recurso florestal e, consequentemente, na qualidade de vida dos moradores tradicionais. Como exemplo, desde 2009, a equação para estimar o volume de madeira na COOMFLONA é anualmente reajustada e a estimativa tem sido bem aproximada, com mais de 80% de eficiência. Isso tem subsidiado melhor aproveitamento da madeira, garantindo a exploração sustentável dos recursos florestais.

Considerando as hipóteses de que o uso de uma equação específica é eficiente na estimativa volumétrica em uma Área de Manejo Florestal e que mensurações errôneas das variáveis altura e diâmetro contribuem significativamente com o erro na estimativa de volume, o objetivo desse trabalho é avaliar a eficiência da equação alométrica utilizada na estimativa do volume de madeira na FLONA do Tapajós.

OBJETIVOS

Geral

 Avaliar a eficiência da equação alométrica utilizada na estimativa do volume explorado de madeira.

Específicos

- Analisar as variáveis utilizadas na equação e suas contribuições para o erro associado à estimativa de volume;
 - Avaliar erro por espécie e por estratos;
- Comparar o volume estimado pela equação com a utilização de outros métodos de estimativa de volume.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Esse estudo foi realizado com base nos dados de inventário 100% e cubagem rigorosa provenientes da exploração florestal da Unidade de Produção Anual (UPA) nº 08 da COOMFLONA, localizada na área de manejo da Floresta Nacional do Tapajós, situada ao longo da Rodovia BR-163, entre os paralelos de 2º 45' e 4º 10' de latitude sul e entre os meridianos de 54º 45' e 55º 30' de longitude oeste, no Município de Belterra, Estado do Pará (ESPÍRITO-SANTO et al., 2005). (Figura 1).



Localização da Unidade de Produção Anual 08 Floresta Nacional do Tapajós



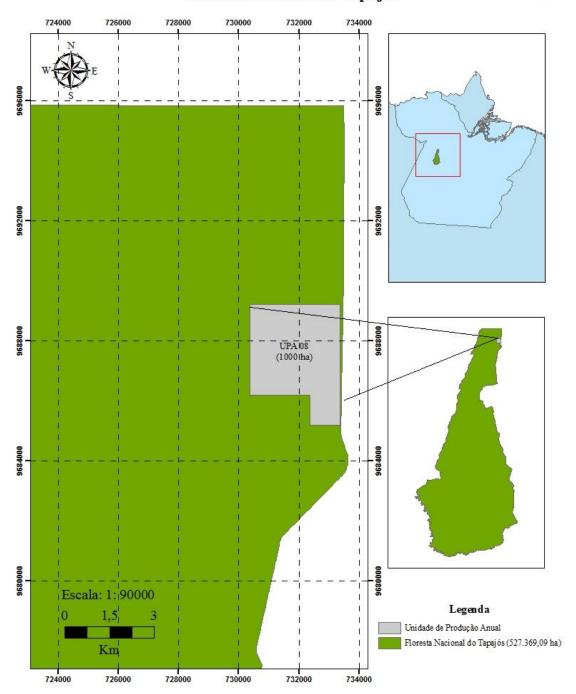


Figura 1: Localização da Unidade de Produção Anual 08 na Floresta Nacional do Tapajós.

O clima da região é do tipo Ami, de acordo com a classificação de Köppen, com 25,5°C de temperatura média anual e umidade relativa média em torno de 90%. A topografia da região varia de ondulada a suavemente ondulada, o solo é caracterizado como Latossolo

Amarelo Distrófico e a vegetação é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (IBAMA, 2004).

Coleta e análise dos dados

Os dados foram obtidos a partir de informações do inventário florestal 100 % e da cubagem rigorosa de todos os indivíduos explorados em 10 Unidades de Trabalho (UTs) correspondentes a UPA 08. Ao todo foram manejadas 1.930 árvores de 27 espécies comerciais.

A altura, bem como o diâmetro à altura do peito (DAP), são variáveis que compõe inúmeras equações desenvolvidas para estimar volume de madeira (CUNHA, 2004). Nesse sentido, estudos sobre a importância dessas variáveis em equações volumétricas como o de Leite & Andrade (2003) comprovaram que o volume de árvores não deve ser estimado individualmente somente em função do DAP, mas atrelado à variável altura.

Nesse sentido, foram analisadas as variáveis observadas em campo utilizadas para estimar o volume e suas contribuições para o erro associado à estimativa volumétrica, testando, dessa forma, a eficiência da equação desenvolvida especificamente para o Plano Operacional Anual (POA) em estudo.

Foi avaliado o erro de estimativa volumétrica por espécie e por estratos de altura. A definição dos estratos foi baseada na média e desvio padrão da altura das árvores exploradas: Estrato inferior – < Hm - 1σ ; Estrato médio – (Hm - 1σ) \leq H < (Hm + 1σ); Estrato superior – \geq Hm + 1σ , em que Hm = Altura média e σ = desvio padrão da altura (Souza & Soares, 2013).

Realizou-se uma análise gráfica dos resíduos por meio de histogramas para visualizar possíveis tendenciosidades nas estimativas de volume. Para isso foram plotados os resíduos da comparação do volume obtido no romaneio – por meio do método de Smalian – com as seguintes estimativas volumétricas, enumeradas em cenários:

Cenário I: Comparação do volume obtido no romaneio (volume observado) à estimativa de volume com a equação genérica ajustada para a área em estudo, utilizando os dados do inventário (DAP e altura comercial);

Cenário II: Comparação do volume obtido no romaneio (volume observado) ao volume estimado por meio do fator de forma;

Cenário III: Comparação do volume obtido no romaneio (volume observado) à estimativa de volume com a equação ajustada para a área utilizando os dados de romaneio (comprimento das toras).

Para o cálculo do resíduo porcentual foi utilizada a fórmula abaixo, conforme Paula Neto (1977) e Higuchi & Ramm (1985):

$$Res(\%) = \left(\frac{Vo - Ve}{Vo}\right) * 100$$

Em que Vo = volume observado e Ve = volume estimado.

Verificou-se a presença de outliers – situações em que os valores observados diferem expressivamente dos valores estimados –, os quais foram avaliados por meio da inspeção visual dos dados e dos histogramas. Realizou-se o tratamento dos outliers pelo método de padronização dos resíduos, conforme metodologia adotada por Scolforo (2005), através da seguinte fórmula:

Resíduos padronizados =
$$\frac{e_i}{SY_v}$$

Em que e_i = resíduo e SY_X = erro padrão residual.

Foram utilizados os softwares ArcGis 9.3 para a geração de mapas de localização e as planilhas eletrônicas do Excel 2010 para processamento e tabulação dos dados.

A atividade científica foi submetida ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade e autorizada pelo SISBIO Nº 47684-1.

RESULTADOS

Ao comparar os volumes estimados com os observados, verificou-se que em relação ao erro percentual médio houve a subestimativa de 79% e superestimativa de 21% dos dados de altura do inventário.

A partir da comparação entre variáveis obtidas no inventário e no romaneio foi constatado um erro significativo associado à estimativa da altura. De maneira geral, o erro médio nas alturas estimadas no inventário foi de 18,37%. Ao analisar os erros, buscou-se avaliar de forma distinta os casos em que a variável foi superestimada ou subestimada.

Nos casos em que a altura foi superestimada, observou-se uma média de erro de 20,14%. Nessa mesma situação avaliou-se também o erro por espécie e notou-se que a espécie comumente identificada como Itaúba apresentou, em média, 49,27% de erro na estimativa da altura, seguida da Fava timborana, Jatobá e Mirindiba, com 31,06%, 28,63% e 28,21%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Erro médio percentual na superestimativa de altura por espécie.

Nome comum	Nome Científico	Erro médio (%)
Itaúba	Mezilaurus itauba (Meisn.) Taub. ex Mez	49,27
Fava timborana	Pseudopiptadenia psilostachya (Benth.) G.P.Lewis & L.Rico	31,06
Jatobá	Hymenaea courbaril L.	28,63
Mirindiba	Glycydendron sp.	28,21
Louro preto	Ocotea baturitensis Vattimo	22,43

Melancieira	Alexa grandiflora Ducke	21,16
Jarana	Lecythis lurida (Miers) S.A.Mori	21,06
Breu amescla	Trattinnickia rhoifolia Willd.	20,87
Quaruba	Vochysia maxima Ducke	20,85
Cedro vermelho	Cedrela odorata L.	20,39
Tauari	Couratari guianensis Aubl.	20,26
Cedrorana	Cedrelinga catenaeformis Ducke	19,75
Jutaí mirim	Hymenaea parvifolia Huber	19,37
Sapucaia	Lecythis pisonis Cambess.	18,83
Angelim pedra	Hymenolobium petraeum	16,77
Fava tucupí	Parkia mulijuga Benth.	16,12
Garapeira	Apuleia moralis Spruce ex Benth.	16,05
Fava paricá	Schizolobium amazonicum	15,59
Tatajuba	Bagassa guianensis Aubl.	15,53
Mururé	Brosimum acutifolium Huber	13,43
Muiracatiara	Astronium lecointei Ducke	12,57
Gombeira	Swartzia sp.	12,01
Ipê amarelo	Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols.	11,34
Fava amargosa	Vatairea paraensis Ducke	10,97
Maçaranduba	Manilkara huberi (Ducke) Chevalier	6,96
Sucupira amarela	Diplotropis purpurea (Rich.) Amshoff	3,03

Ao observar as situações em que a altura foi subestimada, observou-se uma média de erro de 20,01%, apenas 0,13% inferior ao erro médio geral das alturas superestimadas. Contudo, ao avaliar o erro por espécie, notou-se o erro médio mais expressivo na popularmente identificada como Fava timborana, com 23,50%, seguida da Quaruba, do Ipê amarelo e da Sucupira amarela, com 23,12%, 23,04% e 22,01%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2: Erro médio percentual na subestimativa de altura por espécie.

Nome comum	Nome Científico	Erro (%)
Fava timborana	Pseudopiptadenia psilostachya (Benth.) G.P.Lewis & L.Rico	23,50
Quaruba	Vochysia maxima Ducke	23,12
Ipê amarelo	Handroanthus serratifolia (Vahl) Nichols.	22,04
Sucupira amarela	Diplotropis purpurea (Rich.) Amshoff	22,01
Maçaranduba	Manilkara huberi (Ducke) Chevalier	21,51
Fava amargosa	Vatairea paraensis Ducke	21,47
Sapucaia	Lecythis pisonis Cambess.	21,24
Jarana	Lecythis lurida (Miers) S.A.Mori	21,09
Itaúba	Mezilaurus itauba (Meisn.) Taub. ex Mez	20,44
Fava paricá	Schizolobium amazonicum	20,10
Gombeira	Swartzia laurifolia Benth.	20,08
Louro preto	Ocotea baturitensis Vattimo	19,46

Melancieira	Alexa grandiflora Ducke	19,14
Jatobá	Hymenaea courbaril L.	18,87
Mururé	Brosimum acutifolium Huber	18,52
Tatajuba	Bagassa guianensis Aubl.	18,51
Jutaí mirim	Hymenaea parvifolia Huber	18,13
Angelim pedra	Hymenolobium petraeum	18,02
Muiracatiara	Astronium lecointei Ducke	18,02
Tauari	Couratari guianensis Aubl.	17,52
Garapeira	Apuleia moralis Spruce ex Benth.	17,50
Breu amescla	Trattinnickia rhoifolia Willd.	17,13
Mirindiba	Glycydendron sp.	15,74
Cedrorana	Cedrelinga catenaeformis Ducke	15,60
Cedro vermelho	Cedrela odorata L.	14,65
Fava tucupí	Parkia mulijuga Benth.	14,60

Avaliou-se o erro médio por estratos. Ao quantificar a superestimativa da altura, identificou-se que no estrato inferior (Hc < 12,64 m) o erro foi, em média, de quase 60%. Já no estrato médio (12,64 m \le Hc < 21,21 m) o erro foi de, aproximadamente, 15% e no estrato superior (Hc \ge 21,21 m) de 6,29%. Nos casos em que a altura foi subestimada, entretanto, identificou-se que a maior porcentagem média de erro foi no estrato superior, 21,48%. No estrato médio o erro foi de 18,90% e no estrato inferior de 14,14% (Tabela 3).

Tabela 3: Erro médio percentual na estimativa da variável altura por estrato.

Estuato	Altura Superestimada	Altura Subestimada	
Estrato	Média de Erro (%)	Média de Erro (%)	
Inferior	58,75	14,14	
Médio	15,01	18,90	
Superior	6,29	21,48	

A COOMFLONA executou o POA 08, estimando os volumes das árvores com a equação:

 $Vc/c = -1,62417418781688 + (0,0480994938040122 \times DAP) + (-0,00023994940357249 \times DAP^2) + (0,000038450842995472 \times DAP^2 \times Hc)$

Em que: Vc/c = volume com casca, em metros cúbicos (m³); DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros (cm); Hc = altura comercial, em metros (m).

Com o uso dessa equação foi estimado um volume de 25.837,450 m³ de madeira em tora, porém, o volume total romaneado efetivo foi de 21.714,8688 m³. A diferença de, aproximadamente, 4.122 m³ entre o volume solicitado e o romaneado revela que a cooperativa

deixou de ganhar quase R\$ 907.000,00, haja vista que o valor comercializado foi de R\$220,00/m³.

Ao analisar os três cenários para comparar os três métodos de estimativas de volume com o volume real das árvores manejadas, proveniente da cubagem rigorosa de todos os indivíduos, avaliou-se a porcentagem média de erro a partir da diferença na estimativa e constatou-se que o erro médio associado à estimativa de volume foi menor quando na equação constavam os valores reais de altura (Tabela 4). Dessa forma, constatou-se que a equação ajustada para a referida UPA foi eficiente, já que se se mostrou mais adequada que os outros métodos de estimativa volumétrica.

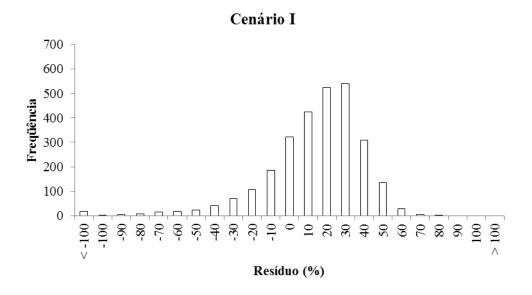
Tabela 4: Comparação do percentual médio de erro associado à estimativa de volume ao utilizar os valores estimados e reais das variáveis na equação ajustada, além do fator de forma, com o volume real manejado.

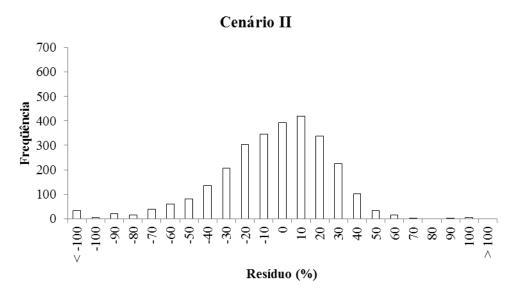
Cománia	Volume Superestimado	Volume Subestimado
Cenário	Média de Erro (%)	Média de Erro (%)
I	25,02	23,10
II	33,72	18,07
III	17,77	14,40

Quando na equação a variável altura comercial foi estimada, o erro na superestimativa de volume foi 7,25% superior que na análise com os valores reais de altura comercial, obtidos no romaneio. Quando o volume foi subestimado, o erro médio também foi superior ao utilizar os valores estimados de altura, entretanto, de forma mais expressiva, já que a diferença foi de, aproximadamente, 9%.

Além disso, observou-se que a estimativa de volume com o fator de forma é menos eficiente, já que o erro associado à estimativa de volume foi superior às situações em que foi utilizada a equação para a referida área com dados do inventário e do romaneio.

Os histogramas na Figura 2 apresentam os resíduos percentuais das estimativas volumétricas para os três cenários analisados. Observa-se que os resíduos normalizados indicam uma tendência à superestimativa de volume.





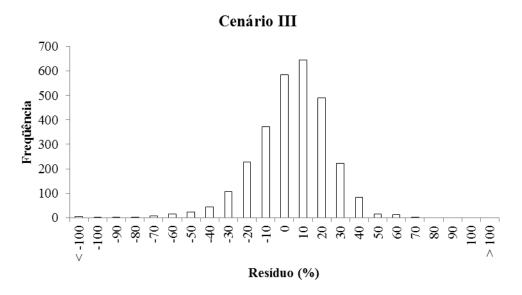


Figura 2: Distribuição dos resíduos associados à estimativa de volume utilizando valores

estimados e reais na equação específica para a UPA 08 e o fator de forma.

Ao comparar o volume obtido no romaneio com o volume estimado através da equação, em que os valores da altura eram os reais (Cenário III), a distribuição dos resíduos representa melhor a curva de normalidade, visto que há mais equilíbrio entre o erro superestimado e o subestimado. Além disso, indicou menor tendência de superestimativa em relação aos resultados obtidos nos histogramas dos cenários I e II.

Nota-se também que os valores médios de erro são inferiores, apontando, dessa forma, que a equação utilizada foi eficiente para estimar o volume. Devido à equação para a UPA 08 ser alométrica, o erro associado à variável altura influenciou na estimativa de volume, entretanto, ao utilizar os valores reais de altura comercial na equação, o volume estimado correspondeu a 96,77% do volume explorado.

Ao comparar o volume real de madeira com a estimativa através do fator de forma, constatou-se um erro ainda mais expressivo, confirmando a necessidade de utilizar equações específicas para as áreas manejadas.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Segundo Silva-Ribeiro (2009), as equações de simples entrada, ou seja, aquelas que levam em consideração apenas o diâmetro das árvores são, geralmente, utilizadas quando há uma alta correlação entre o diâmetro e o volume, característica de florestas onde se observa grande homogeneidade no crescimento em volume de árvores de mesmo diâmetro. Contudo, as equações de dupla entrada, que correspondem àquelas em função do diâmetro e da altura, são, usualmente, aplicadas em florestas em que, no desenvolvimento das árvores de mesmo diâmetro, existe maior heterogeneidade.

Leite (2008) afirma que para equações ajustadas em função do DAP e da altura a precisão na estimativa do volume é melhor, o que naturalmente ocorre por essa relação representar mais fielmente o comportamento das árvores na natureza. Trabalhos realizados na Floresta Nacional do Tapajós como os de Silva et al. (1984) e Moura (1994) constataram que os modelos de dupla entrada permitem um melhor ajuste. As equações de dupla entrada acarretam na necessidade de mensurar a variável altura, que embora aumente o custo do inventário florestal, eleva a precisão das estimativas de volume.

A estimativa da altura comercial em florestas nativas requer cautela, em virtude das características dessa tipologia, como por exemplo, a assimetria dos espaçamentos e a heterogeneidade de espécies, influenciarem a precisão da mensuração dessa variável (DAVID, 2011). Para isso, é necessário garantir a qualidade dos inventários florestais, investindo em treinamento dos trabalhadores e aperfeiçoamento das técnicas desta atividade.

Conforme mencionado por Barreto et al. (2014), ainda são poucos os modelos volumétricos específicos para áreas de manejo florestal comunitário, como os ajustados para a FLONA do Tapajós, e manejar a floresta com base em equações específicas para estimar o volume de madeira para cada local se faz necessário, já que as condições de solo, clima e relevo, por exemplo, são naturalmente distintas e acabam sendo determinantes na relação entre as variáveis.

Portanto, a equação alométrica utilizada na estimativa do volume de madeira explorado na Floresta Nacional do Tapajós foi eficiente. Além disso, o fator de forma é o método menos eficiente na estimativa de volume de madeira quando comparado à utilização de uma equação específica com valores reais ou estimados das variáveis. É necessário, portanto, ajustar equações específicas para as áreas de manejo florestal e investir no aperfeiçoamento das técnicas de estimativa da variável altura comercial e em treinamento dos trabalhadores envolvidos no inventário, pois uma boa mensuração da variável altura eleva a precisão das estimativas de volume.

RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO

Recomenda-se o investimento na qualidade dos inventários em florestas nativas, pois, de acordo com os resultados e as conclusões desse trabalho, a mensuração correta da variável altura eleva a precisão da estimativa volumétrica através das equações específicas para cada área de manejo e, consequentemente, reduz danos ambientais e perdas econômicas. Com o melhor aproveitamento do recurso florestal, as atividades de manejo florestal comunitário cooperam para a conservação e contribuem para que a atividade continue refletindo em qualidade de vida para a população tradicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela oportunidade de realizar esse trabalho.

Agradeço à Cooperativa Mista da FLONA do Tapajós por disponibilizar os dados necessários para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, W. F.; LEÃO, F. M.; MENEZES, M. C.; SOUZA, D. V. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 21-329, 2014.

BARROS, P. L. C.; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, oeste do estado do Pará, Amazônia oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 51, n. 51, p.115-126, 2009.

- COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 97-104, 2009.
- CUNHA, U. S. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Série técnica. Curso técnico em Manejo Florestal. Escola Agrotécnica Federal de Manaus. Manaus, 2004.
- DAVID, H. C. **Métodos de medição de altura de árvores em uma floresta nativa do sul do Espírito Santo**. 2009. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.
- ESPIRÍTO-SANTO, F. D. B; SHIMABUKURO, Y. E; ARAGÃO, L. E. O. C; MACHADO, E. L. M. Análise da Composição florística e fitossociológica da floresta nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 155-173, 2005.
- FILHO, H. F. L. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub- tropicais do Brasil. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, n. 35, p. 41-46, 1987.
- GAMA, J. R. V. 2004. Manejo florestal em faixas alternadas para floresta ombrófila aberta no município de Codó, Estado do Maranhão. 139 f. Tese (Doctor Scientiae)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- HIGUCHI, N.; RAMM W. Developing bole wood volume equations for a group of tree species of Central Amazon (Brazil). **The Commonwealth Forestry Review**, v. 64, n. 1, p. 33-41, 1985.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta Nacional do Tapajós:** Plano de Manejo. 580 f. Volume 1. Brasília, 2004.
- LEITE, F. S. 2008. Estimativa do volume de madeira a partir do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta amazônica de terra firme. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade de Brasília, Brasília. 2008.
- LEITE, H.G.; ANDRADE, V. C. L. 2003. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 301-310, 2003.
- MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M.B. Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades regimes de desbastes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 50, p. 81-98, 2005.
- MOURA, J. B. Estudo de forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia Brasileira. 1994. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 1994.
- PAULA NETO, F. Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus saiigna*. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 31-53, 1977.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 107-114, 2006.
- SCOLFORO, J. R. **Biometria Florestal**; Parte 1: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras, ESAL/FAEPE, 2005. 352p.

- SILVA, J. L. R. Modelos volumétricos, fatores de forma e equação de afilamento para floresta de terra firme da região do rio Aru, município de Portel- Pará. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, 2007.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; CARVALHO, M. S. P. 1984. Equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n 9, p. 50-63, 1984.
- SILVA-RIBEIRO; R. B. 2013. **Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SILVA-RIBEIRO, R. B. 2009. **Equações de volume para área de manejo florestal do Projeto Ambé**. 91 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Santarém.
- SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. Florestas Nativas. Viçosa: Editora UFV, 2013. 322 p.
- THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimativa do volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010.
- THOMAS, C; ANDRADE, C. M; SCHNEIDER, P. R; FINGER, C. A. G. 2006. Ciência Florestal, v. 16, n. 3, p. 319-327. 2006.