



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



RELATÓRIO FINAL
PIB — A — 0147/2014

**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA ESTIMATIVA DE
ALTURA COMERCIAL EM FLORESTAS TROPICAIS**

Bolsista: Jaqueline Lustosa dos Santos, FAPEAM

MANAUS
2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



RELATÓRIO FINAL
PIB — A — 0147/2014

**RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA ESTIMATIVA DE
ALTURA COMERCIAL EM FLORESTAS TROPICAIS**

Bolsista: Jaqueline Lustosa dos Santos, FAPEAM
Orientador: Ulisses Silva da Cunha

MANAUS
2015

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica	3
3. Material e métodos.....	4
4. Resultados e discussão.....	9
5. Conclusões	10
6. Referências	11
7. Cronograma executado	12

RESUMO

No trabalho relativo à análise de regressão aplicada à variável altura, se utilizou uma base de dados de 99 (noventa e nove) árvores-amostras de (d_i, h_i) , os quais, quando processados nos modelos de relação hipsométrica mostraram que o modelo $hm = b_0 + b_1 \times \sqrt{dap} + b_2 \times 1/dap$, forneceu estimativas acuradas para as Alturas comerciais, associadas a um coeficiente de determinação de 0,70 e uma precisão do erro de estimativa de 19,53%. Se considerarmos a complexidade e dificuldade de modelar a variável altura, pode-se concluir que o modelo indicado pode ser aplicado em florestas com as mesmas características, estrutura e peculiaridades da vegetação e composição de espécies das quais se originou os dados primários.

Palavras-chave: Manejo florestal, Inventário florestal, Mensuração florestal



1. INTRODUÇÃO

Em termos históricos, uma das primeiras iniciativas em inventário florestal na Amazônia ocorreu na década de 50 através dos trabalhos realizados por meio da missão da FAO, a pedido do governo do Brasil, cujos dados resultaram no relatório da FAO, nº 171, apresentado em outubro de 1953, assistido pela Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA). A referida missão ficou vinculada a esse órgão, em Belém, entretanto, não dispunha de nenhum técnico brasileiro em engenharia florestal.

Na Floresta Tropical Amazônica, variadas fisionomias de vegetação são observadas, destacando-se Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Sempre Verde e Campinarana. IBGE (2012). A aplicação de qualquer sistema de inventário em florestas, nas regiões tropicais, entre outros objetivos se destina a avaliar o aspecto quali-quantitativo das diferentes tipologias, em termos de recursos florestais disponíveis para conservação e manejo de uso múltiplo.

Devido a interferência de vários fatores incluindo, custos operacionais, acesso, topografia, na maioria das vezes os estudos relacionados ao inventário florestal utilizam métodos amostrais, resultando em estimativas por unidade de área. A estrutura da floresta tropical e sua diversidade florística funcionam como obstáculo à estudos mais detalhados em nível de espécie, o que em determinadas situações inviabilizam a adoção de modelos rígidos de estimativas de parâmetros como área basal, volume e principalmente altura comercial.

Em mensuração florestal, a obtenção de informações técnico-científica exigem aplicação de metodologias singulares na coleta dos dados primários e principalmente no processamento analítico. Huschet. *al.*, (2003) citaram que, o diâmetro (**dap**) é uma variável considerado a base primária para obtenção e análise dimensional de árvores individuais e em nível de população, bem como, determina a área de seção transversal, área basal, volume e classes diamétrica. A altura comercial pode ser estimada a partir do **dap**, entretanto, a variância do erro pode resultar em subestimativas ou superestimativas em uma mesma classe de diâmetro.

Todos os instrumentos para medir altura de árvores por estimativa têm sua respectiva construção baseada em um dos princípios, trigonométricos ou geométricos (MACHADO E FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Por ser um problema de difícil solução, a relação hipsométrica, nem sempre conduz a uma solução satisfatória em termos de precisão. Como meta esta pesquisa pretende testar dois ou mais modelos convencionais, bem como, se investigará o uso de outras ferramentas que no conjunto, possam otimizar o processo de estimativa de altura em florestas tropicais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



O objetivo principal é desenvolver procedimentos de cálculos e processamento analítico de dados visando a determinação de modelos de relação hipsométrica, apropriados à estimativa de alturas comerciais como subsídio aos inventários florestais.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A mensuração da altura em florestas tropicais é reconhecida como um problema que nem sempre resulta em uma solução ótima em termos de precisão de estimativas. A motivação para o desenvolvimento da presente pesquisa é apoiada pela relevância da variável altura, não obstante ao fato de que sua medição e determinação em florestas tropicais, reúnem características de difícil controle na coleta de dados e também no processamento analítico para o cálculo de suas estimativas.

Apesar das restrições inerentes à propriedade dos dados de altura comercial em relação ao DAP, optou-se por fazer uso de técnicas de regressão na construção dos modelos de relação hipsométrica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo é uma extensão de um macro programa já existente, denominado Rede de Manejo Florestal da Amazônia, o qual foi financiado pela EMBRAPA. Integrando novas parcerias, o programa foi inicializado em 2008 e concluído em 2012, apoiado pela empresa Madeireira Vale Verde Ltda. (MVV), localizada no município de Caracaraí (Figura 1), no estado de Roraima, onde foi executada a estratégia de pesquisa.

Em 2009, a UFAM assinou um convênio de cooperação no qual tem por objetivo estimular e realizar programas e projetos de cooperação técnico-científico e operacional, promovendo a integração de suas metas.

3.1 Madeireira Vale Verde (MVV)

A MVV é a primeira empresa de grande escala no setor florestal, que tem aprovado planos de manejo no estado de Roraima. Nesse sentido, a empresa apresenta uma série de incentivos de projetos de âmbitos florestais, apresentando influência direta, com responsabilidade social gerando emprego e renda para as comunidades circunvizinhas.

3.2 Localização



Figura 1: Localização das áreas de Floresta

A Área de Manejo Florestal (AMF), denominada Fazenda Mundo Novo, cobre uma área de 17205,4 hectares, distribuídas em 10 imóveis com seus títulos definidos. Os imóveis estão



localizados na Gleba Baruarana vicinal do Cujubim, beirando com o Rio Branco em Caracaraí, Roraima.

3.3 Caracterização florestal da área de estudo

A propriedade é composta por floresta primária correspondente à 17205,4 ha, com apenas 200 ha de área aberta (capoeira). A floresta tem uma das maiores populações de castanha, além de balata e o cumaru, cujos produtos foram explorados consideravelmente na década de 1980.

3.4 Clima e vegetação do local

As florestas do tipo Tropical Densa da sub-região dos baixos platôs da Amazônia são conseqüentes de um clima estritamente quente e úmido, apresentando uma vegetação clímax com acentuada heterogeneidade. No dossel arbóreo predomina a cobertura de árvores emergentes, que atingem entre 40 e 50 m de altura.

A cobertura florestal é formada por floresta ombrófila densa. Com base no inventário por amostragem e nos demais levantamentos por enumeração total, realizado na área do projeto as espécies florestais encontradas com maior freqüência são: Manga brava (*Vouacapoua pallidor*), Abacate bravo (*Pouteria speciosa*), Castanheira (*Bertholletia excelsa*), Breu vermelho (*Protium apiculatum*), Maçaranduba (*Manilkara huberi*), Cupiúba (*Goupia glabra*), Mata-mata (*Eschweilera grandiflora*), Abiu (*Micropholis guyanense*), Angelim ferro (*Dinizia excelsa*)

O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical chuvoso sem estação seca, com os totais anuais de precipitação pluviométrica relativamente elevados que é 1.750 mm. O regime térmico se expressa nos seguintes valores, segundo o CPRM: média anual 26,5^oC, resultado das máximas de 32,3^oC e mínimas de 21^oC, com amplitude térmica média de 11,3^oC. O mês mais frio é julho e o mais quente, novembro.

O Município apresenta três tipos de relevo: superfícies planas (70%), áreas inundáveis (20%) e elevações isoladas (10%). A topografia da AMF é plana até ondulada, a altitude varia de 60m na margem do rio Branco até 120 m na parte oeste.

Na área predominam os solos argilosos vermelho-amarelos e latossolos vermelho amarelos, o segundo cobre 70% da área.

A área municipal está inserida na bacia hidrográfica do médio e baixo rio Branco com inúmeras sub-bacias de regime permanente, incluindo as do rio Anauá. O principal manancial hídrico que atravessa a sede do Município é o rio Branco.

3.5 Fonte de dados

Foi utilizado um conjunto de 100 (cem) pares de valores (di,hi) coletados por ocasião da cubagem rigorosa, distribuídas por classe de dap, cuja classe mínima corresponde à 50 cm.

Os dados são de uma pesquisa cuja coleta ocorreu no período de 2009 a 2012, como parte do projeto equações de volume e resíduos da exploração florestal. Os dados coletados estão distribuídos em um número mínimo por classe diamétrica, observando-se, de preferência, uma frequência regular por classe (CAMPOS E LEITE, 2009).

De posse dos valores obtidos por meio de cubagem rigorosa, os mesmos foram aplicados a modelos matemáticos expressos em forma de regressão linear ou não linear. Schneider et al. (2009), afirmam que a análise de regressão tem sido usada com ênfase na solução de grande parte dos problemas florestais, especialmente quando se pretende obter estimativas de parâmetros da floresta, utilizando-se de relações biométricas que possibilitam obter valores estimados de forma indireta através de equações de regressão.

As 100 (cem) árvores selecionadas, estão distribuídas entre trinta e cinco espécies comerciais, conforme lista da Tabela 1

TABELA 1 – LISTA DAS ESPÉCIES CONSTANTES NA BASE DE DADOS

ORDEM	CODIGO	NOME COMUM	ESPÉCIE
1	ABBR	ABACATE-BRAVO	<i>Pouteria speciosa</i>
2	ABIU	ABIU	<i>Micropholis guyanense</i>
3	ABVE	ABIURANA-VERMELHA	<i>Pouteria guianensis</i>
4	AMAO	AMARELÃO	<i>Vochysia spp.</i>
5	AMAR	AMARGOSO	<i>Vatairea guianensis</i>
6	ANBR	ANGICO-BRANCO	<i>Pseudoptadenia spp.</i>
7	ANFE	ANGELIM-FERRO	<i>Dinizia excelsa</i>
8	ANPE	ANGELIM-PEDRA	<i>Hymenolobium excelsum</i>
9	BALA	BALATA	<i>Chrysophillum spp.</i>

TABELA 1 – CONTINUAÇÃO...

ORDEM	CODIGO	NOME COMUM	ESPÉCIE
10	BRBR	BREU-BRANCO	<i>Protium duckei Huber</i>
11	BRMA	BREU-MANGA	<i>Trattinickia spp.</i>
12	CAFÉ	CAFERANA	<i>Erismia spp.</i>
13	CAJI	CAJUÍ	<i>Anacardium sp.</i>

14	CERA	CEDRORANA	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>
15	CUPI	CUPIUBA	<i>Goupia glabra</i>
16	ESTO	ESTOPEIRO	<i>Cariniana brasiliensis</i>
17	FABR	FAVA-BRANCA	<i>Parkia multijuga Benth.</i>
18	IPE	IPÊ	<i>Tabebuia spp.</i>
19	JATO	JATOBÁ	<i>Hymenaea courbaril</i>
20	LOPR	LOURO-PRETO	<i>Ocotea spp. Co</i>
21	MABR	MANGA-BRAVA	<i>Vouacapoua pallidor</i>
22	MAND	MANDIOQUEIRA	<i>Qualea paraensis</i>
23	MARU	MARUPÁ	<i>Simaruba amara</i>
24	MASS	MAÇARANDUBA	<i>Manilkara huberi</i>
25	MATA	MATAMATÁ	<i>Eschweilera grandiflora</i>
26	MAVE	MATAMATÁ-VERMELHO	<i>Eschweilera spp.</i>
27	MIRA	MIRAREMA	<i>Hymenolobium heterocarpum Ducke</i>
28	MIRI	MIRINDIBA	<i>Buchenavia spp.</i>
29	PIMA	PIQUIÁ-MARFIM	<i>Aspidosperma desmanthum</i>
30	PIQU	PIQUIÁ	<i>Caryocar villosum</i>
31	ROXI	ROXINHO	<i>Peltogyne lecointei Ducke</i>
32	SORV	SORVA	<i>Couma utilis (Mart.) Müll.Arg.</i>
33	SUPR	SUCUPIRA-PRETA	<i>Bowdichia nitida</i>
34	TANI	TANIMBUCA	<i>Terminalia tanibouca Rich.</i>
35	TATA	TATAJUBA	<i>Bagassa guianensis</i>

Equações de regressão para estimativa da altura comercial (Equação 1, 2, 3). Os modelos apresentados são de uso corrente na modelagem hipsométrica tradicional (LEITE E REZENDE, 2010).

$$hm = b_0 + b_1 \times \sqrt{dap} + b_2 \times 1/dap \quad [1]$$

$$hm = b_0 \left(\frac{dap}{1 + dap} \right)^{b_1} \quad [2]$$

em que

dap = é o diâmetro medido à altura do peito (medido a 1,30 m)

hm = é a altura comercial do fuste em metros

*b*₀, *b*₁, *b*₂ = coeficientes



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



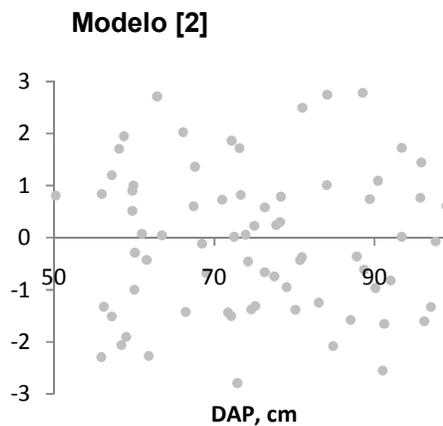
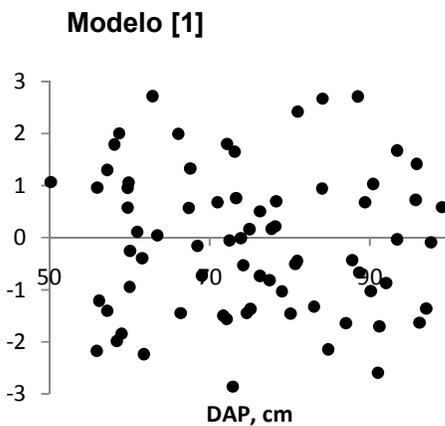
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

MODELO	PARAMETRO	ESTIMATIVA	R2	SYX%
[1]	b0	28.8231	0,70	19,61
	b1	-0.757997		
	b2	-353.955		
[2]	b0	18.5335	0,50	19,53
	b1	4.72689		

O modelo [1] é o mais indicado para o cálculo da altura comercial determinada por relação hipsométrica.

O gráfico de resíduos, mostra que na maioria das classes, as estimativas são consistentes e precisas.



5 CONCLUSÕES

O modelo [1] apresentou indicadores de ajuste e precisão de alta performance para a variável altura comercial. Esse modelo é pouco explorado em floresta tropical, devendo ser destacada a qualidade do ajuste de 0,70 o que é um índice difícil de alcançado pela maioria dos modelos tradicionais que tratam do assunto. Portanto, não obstante a singularidade do modelo [1], os resultados mostram ser de fácil aplicação para os dados e tipo de floresta em questão.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA





6 REFERÊNCIAS

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração Florestal**, Perguntas e Respostas, 3,Ed- Viçosa: 2009,548p.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW Jr., J. A. **Forest Mensuration**.4 ed. USA. 2003. 443p.

IBGE, **Manuais técnicos em geociências**, Manual técnico da vegetação brasileira, Nº 1, 2, Ed- Rio de Janeiro, 2012, 55 p.

LEITE F, S; REZENDE, A, V. Estimativa do volume de madeira partindo do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta Amazônica de terra firme, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 71-82, 2010.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**.Curitiba, 2003, 87p.

SCHNEIDER, P, R; SCHNEIDER, P, S, P; SOUZA, C, A, M. **Análise de Regressão aplicada à Engenharia Florestal**, 2, Ed, Ver, e ampl,- Santa Maria: FACOS. p. 294, 2009.

PÉLLICO NETTO, S. ;BRENA,D.A. **Inventário Florestal**. V.1. Câmara Brasileira de Livros – Brasil.Curitiba, 1997. 316p.

7 CRONOGRAMA EXECUTADO

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2014					2015						
1	Revisão de literatura	R			R		R	R		R	R		
2	Coleta de dados		R										
3	Tratamento dos dados			R	R								
4	Métodos computacionais Estudo de programas estatísticos, planilhas eletrônicas e computação gráfica.			R	R	R							
5	Relatório técnico parcial					R	R						
6	Processamento analítico de dados: ajuste de equação e regressão									R	R		
7	Teste de acuracidade									R			
8	Análise dos dados: resultados e discussão									R	R	R	
9	Editoração e formatação de texto										R	R	R
10	-Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória)											R	R
11	- Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												NR

LEGENDA: (R) Realizadas
(NR) Não realizada