

### Bioecologia do caimbé [*Curatella americana* L. (Dilleniaceae)] (i) : Distribuições de probabilidade de parâmetros dendrométricos

Moisés Mourão Jr. <sup>1</sup>  
Reinaldo Imbrozio Barbosa <sup>2</sup>

#### Introdução

O uso de modelos biométricos em estudos populacionais é uma aplicação recorrente em diversas situações, sejam para a descrição dos seus parâmetros, avaliação indireta de efeitos sob o ambiente onde a população se encontra ou como prognose, especialmente por meio de simulação.

Dentre os modelos biométricos, um dos mais freqüentes e básicos, são as distribuições de probabilidade, que com base em propriedades de suficiência, sintetizam as características das realizações de variáveis aleatórias de uma população em um conjunto definido de parâmetros, sendo que esta síntese é válida em um determinado nível de significância.

Em populações naturais a pressuposição de que as realizações das variáveis aleatórias que as caracterizam seguem distribuições de probabilidades clássicas, como a normal, não é necessariamente válida, o que pode ser refutado, por

exemplo, pela avaliação de outras distribuições de probabilidade com um grau de plasticidade maior.

*Curatella americana* L. (caimbé; Dilleniaceae) é considerada como uma espécie fogo-clímax sendo uma das mais abundantes nas áreas de savana aberta de Roraima, no extremo norte da Amazônia brasileira. Juntamente com as espécies *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. e *Byrsonima coccolobifolia* Kunth. somam mais de 90% da biomassa total (arbóreo-arbustiva) acima do solo daquela paisagem (Barbosa e Fearnside, 2004).

Assim, considerando a importância ecológica da espécie na fitofisionomia das áreas de savana aberta do extremo norte amazônico, e a da ausência de informações básicas sobre seu comportamento nestes ambientes, justifica-se a realização de estudos que contemplem indicadores dendrométricos para aplicações no manejo da espécie.

<sup>1</sup> Biólogo, M. Sc., pesquisador da Embrapa Roraima. BR 174, km 08. Distrito Industrial. Caixa Postal: 133. 69301-970. Boa Vista - Roraima, [mmourao@cpafrr.embrapa.br](mailto:mmourao@cpafrr.embrapa.br)

<sup>2</sup> Engenheiro florestal, Dr., pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia [INPA-RR]. Rua Coronel Pinto, 315. Centro. 69301-970. Boa Vista - Roraima, [reinaldo@inpa.gov.br](mailto:reinaldo@inpa.gov.br)

## 2 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade

O presente trabalho tem como objetivo determinar as distribuições de probabilidade mais adequadas e fornecer condições para simular a estrutura de populações de *C. americana* nos ambientes de savana aberta do extremo norte amazônico.

### Material e Métodos

Foram avaliados 50 indivíduos, distribuídos em duas áreas experimentais

situadas próximas da cidade de Boa Vista (Monte Cristo e Caranã). Todos os espécimes tiveram tomadas as seguintes medidas dendrométricas: diâmetro da base, altura total e diâmetro da copa.

Foram aplicadas as distribuições de probabilidade contínuas mais comumente empregadas, em pesquisa florestal, perfazendo um total de 18 distribuições de probabilidade (Tabela 1) (Johnson, Kotz e Balakrishnan, 1994, 1995).

**Tabela 1** Funções de distribuição de probabilidade [f.d.p.] aplicadas aos indicadores dendrométricos de *Curatella americana*.

Distribuição	f.d.p.	
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	
Log normal	$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	
Log normal 3P	$f(x) = \frac{1}{(x-\gamma)\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln(x-\gamma)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	
Exponencial	$f(x) = \beta e^{-\beta x}$	
Exponencial modificada	$f(x) = \beta e^{-\beta(x-\gamma)}$	
Beta	-	
Gama	$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha)}$	
Gama 3P	$f(x) = \frac{\beta^{-\alpha} (x-\gamma)^{\alpha-1} e^{-\frac{(x-\gamma)}{\beta}}}{\Gamma(\alpha)}$	
Log gama	$f(x) = \frac{e^{\frac{\gamma}{\beta}} x^{\beta-1}}{ \beta  \Gamma(\alpha)} \left( \frac{\ln(x-\gamma)}{\beta} \right)^{\alpha-1}$	
Gama invertida	$f(x) = \frac{x^{-(\alpha+1)} e^{-\frac{\beta}{x}}}{\beta^{-\alpha} \Gamma(\alpha)}$	
Gumbel Mínimo	$f(x) = \frac{e^{-\frac{(\gamma-x)}{\beta}} e^{-e^{-\frac{(\gamma-x)}{\beta}}}}{\beta}$	
Gumbel Máximo	$f(x) = \frac{e^{-\frac{-(x-\gamma)}{\beta}} e^{-e^{-\frac{-(x-\gamma)}{\beta}}}}{\beta}$	continua...

3 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade

Distribuição	f.d.p.
Frechet Mínimo	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\beta}{\gamma - x} \right)^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{\beta}{\gamma-x}\right)^\alpha}$
Frechet Máximo	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\beta}{x} \right)^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha}$
Frechet Máximo 3P	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\beta}{x - \gamma} \right)^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{\beta}{x-\gamma}\right)^\alpha}$
Weibull Máximo	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{\gamma - x}{\beta} \right)^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{\gamma-x}{\beta}\right)^\alpha}$
Weibull Mínimo	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$
Weibull Mínimo 3P	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$

Onde: 3P – três parâmetros;  $\alpha$  – parâmetro forma;  $\beta$  – parâmetro escala;  $\gamma$  – parâmetro de posição; Beta – função beta;  $\Gamma$  – função gama;  $\mu$  – média;  $\sigma^2$  - variância

A seleção das distribuições que apresentaram maior aderência entre os valores observados e os estimados pela distribuição teórica teve como critério os testes de  $\chi^2$  ( $p \geq 0,10$ ) (Conover, 1983).

As análises foram conduzidas com auxílio da planilha eletrônica Excel, do pacote SAS System® e do software gratuito VTFIT (Cooke, 1993).

### Resultados

Com relação ao diâmetro da base, as seis distribuições que apresentaram aderência, em ordem decrescente de significância: Log normal, Weibull mínimo ( $p < 0,40$ ), Beta ( $p < 0,30$ ), Gumbel máximo, Log gama e Normal ( $p < 0,15$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2** Parâmetros e aderência das distribuições de probabilidade aplicadas as medidas de diâmetro da base [DB] de *Curatella americana*.

Distribuições	Parâmetros							Aderência		
	$\mu$	$\sigma^2$	$\beta$	$\alpha_i$	$\alpha_2$	$\gamma$	min	max	$\chi^2_{(9)}$	p
Normal	10,46	22,13							13,60	0,14
Log normal	2,25	0,21							9,60	0,38
Log normal 3P	2,58	0,11				-3,44			19,60	0,02
Exponencial			0,10						57,60	0,00
Exponencial modificada			0,12			2,45			59,20	0,00
Beta				2,38	5,16		2,45	27,37	11,20	0,26
Gama			2,16	4,83					20,00	0,02
Gama 3P			3,92	2,06		2,40			16,40	0,06
Log gama			-0,04	123,45		7,26			13,60	0,14
Gama inversa			35,56	4,22					18,40	0,03
Gumbel mínimo			13,05	6,04					41,20	0,00

continua...

4 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade

Distribuições	Parâmetros								Aderência	
	$\mu$	$\sigma^2$	$\beta$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\gamma$	min	max	$\chi^2_{(9)}$	p
Gumbel máximo			8,34	3,67					13,60	0,14
Frechet mínimo			23,51	3,24		38,44			69,60	0,00
Frechet máximo			7,37	1,98					22,00	0,01
Frechet máximo 3P			4,16	1,38		1,50			50,00	0,00
Weibull máximo			25,75	6,16		34,76			15,20	0,09
Weibull mínimo			11,81	2,33					9,60	0,38
Weibull mínimo 3P			9,06	1,77		2,19			203,60	0,00

Onde: 3P – três parâmetros;  $\alpha_i$  – parâmetro forma;  $\beta$  – parâmetro escala;  $\gamma$  – parâmetro de posição; min – mínimo; max – máximo;  $\mu$  – média;  $\sigma^2$  - variância

Vista a aderência da distribuição e a facilidade de implementação, optou-se pela distribuição lognormal para descrição do parâmetro diâmetro da base, sendo a função distribuição representada na .

No caso da altura total, 09 distribuições apresentaram aderência, sendo estas, em ordem decrescente: Log normal 3P ( $p < 0,70$ ), Normal, Gumbel máximo, Log normal, Log gama ( $p < 0,40$ ), Gama, Gama inversa, Weibull máximo ( $p < 0,30$ ), Beta ( $p < 0,20$ ) (Tabela 3).

**Tabela 3** Parâmetros e aderência das distribuições de probabilidade aplicadas as medidas de altura total de *Curatella americana*.

Distribuições	Parâmetros								Aderência	
	$\mu$	$\sigma^2$	$\beta$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\gamma$	min	max	$\chi^2_{(9)}$	p
Normal	2,77	1,05							9,20	0,42
Log normal	0,94	0,17							10,00	0,35
Log normal 3P	2,00	0,02				-4,67			7,20	0,62
Exponencial			0,36						57,20	0,00
Exponencial modificada			0,53			0,90			60,80	0,00
Beta				1,69	2,13		0,90	5,00	12,40	0,19
Gama			0,44	6,31					10,80	0,29
Gama 3P			1,14	1,64		0,90			15,20	0,09
Log gama			-0,16	7,14		2,05			10,40	0,32
Gama inversa			12,64	5,39					11,60	0,24
Gumbel mínimo			3,30	1,04					19,60	0,02
Gumbel máximo			2,26	0,90					9,60	0,38
Frechet mínimo			4,18	3,81		7,58			22,00	0,01
Frechet máximo			2,07	2,24					20,40	0,02
Frechet máximo 3P			2,88	3,00		-0,75			18,00	0,04
Weibull máximo			3,74	4,02		6,15			11,60	0,24
Weibull mínimo			3,11	2,95					15,60	0,08
Weibull mínimo 3P			2,29	1,99		0,70			260,00	0,00

Onde: 3P – três parâmetros;  $\alpha_i$  – parâmetro forma;  $\beta$  – parâmetro escala;  $\gamma$  – parâmetro de posição; min – mínimo; max – máximo;  $\mu$  – média;  $\sigma^2$  - variância

Considerando a aderência da distribuição e a maior facilidade de implementação, optou-se pela distribuição normal para

descrição do parâmetro altura total, sendo a função distribuição representada na .

5 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade

No caso do diâmetro da copa, apenas três distribuições apresentaram aderência,

sendo estas: Gumbel máximo, Log normal e Gama inversa ( $p < 0,20$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4** Parâmetros e aderência das distribuições de probabilidade aplicadas as medidas de diâmetro da copa de *Curatella americana*.

Distribuições	Parâmetros						Aderência			
	$\mu$	$\sigma^2$	$\alpha$	$\alpha_i$	$\alpha_2$	$\alpha$	min	max	$\chi^2_{(9)}$	p
Normal	2,40	2,42							27,60	0,00
Log normal	0,71	0,31							14,40	0,11
Log normal 3P	0,13	1,83				0,60			36,80	0,00
Exponencial			0,42						40,80	0,00
Exponencial modificada			0,56			0,60			43,20	0,00
Beta				1,11	2,85		0,61	7,30	24,40	0,00
Gama			0,80	3,00					20,40	0,02
Gama 3P			1,53	1,17		0,60			18,40	0,03
Log gama			0,04	190,67		-7,07			18,00	0,04
Gama inversa			5,92	3,36					14,40	0,11
Gumbel mínimo			3,29	2,03					66,40	0,00
Gumbel máximo			1,78	0,95					12,80	0,17
Frechet mínimo			7,07	2,99		10,80			103,20	0,00
Frechet máximo			1,55	1,92					18,00	0,04
Frechet máximo 3P			0,62	0,95		0,60			35,20	0,00
Weibull máximo			6,46	5,23		8,49			32,80	0,00
Weibull mínimo			2,72	1,70					3,00	0,00
Weibull mínimo 3P			1,89	1,17		0,60			243,60	0,00

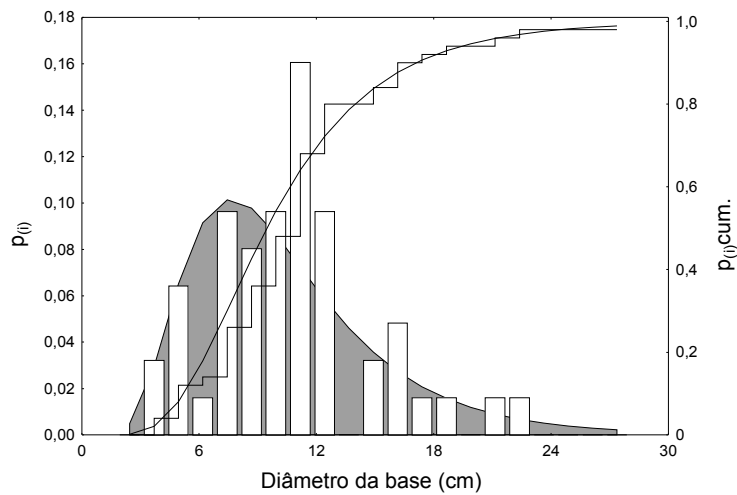
Onde: 3P – três parâmetros;  $\alpha_i$  – parâmetro forma;  $\beta$  – parâmetro escala;  $\gamma$  – parâmetro de posição; min – mínimo; max – máximo;  $\mu$  – média;  $\sigma^2$  - variância

Vista a aderência da distribuição e a facilidade de implementação, optou-se pela distribuição lognormal para descrição do diâmetro da copa, sendo a função distribuição representada na Fig. 3.

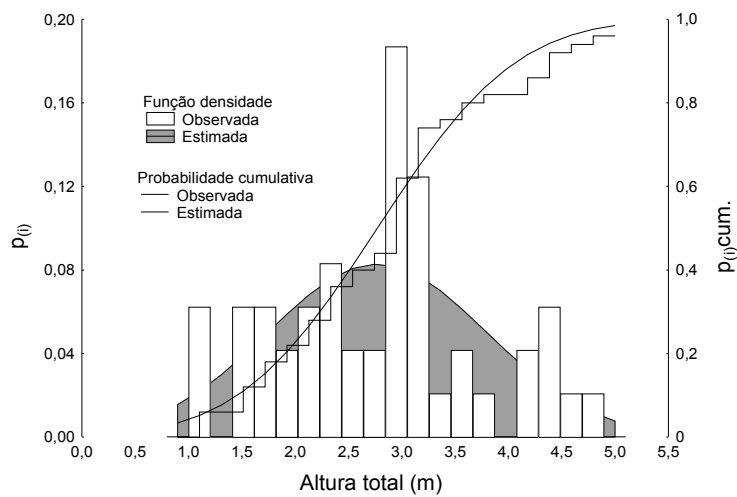
### Conclusão

Mesmo com um baixo número de indivíduos amostrais, este estudo sugere que as distribuições de probabilidade de *C. americana* nos ambientes de savana aberta do extremo norte da Amazônia brasileira seguem os seguintes padrões: lognormal para diâmetro de copa e diâmetro de base e, normal para altura total.

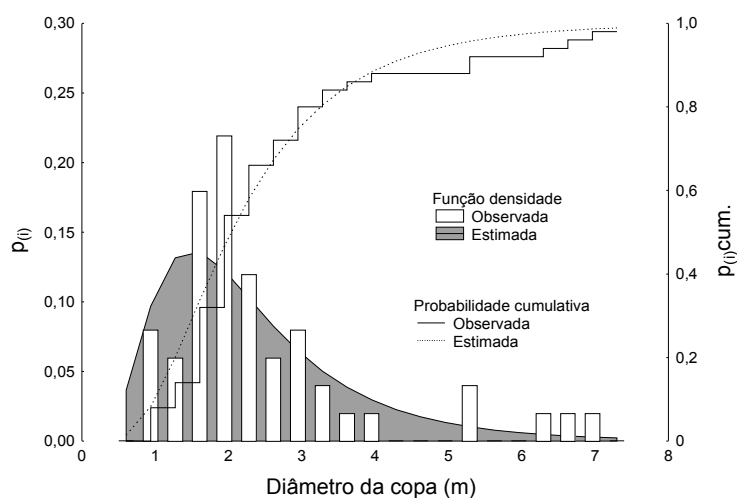
6 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade



**Fig. 1** Ajuste da distribuição de probabilidade lognormal aos valores de diâmetro da base de *Curatella americana*.



**Fig. 2** Ajuste da distribuição de probabilidade normal aos valores de altura total de *Curatella americana*.



**Fig. 3** Ajuste da distribuição de probabilidade lognormal aos valores de diâmetro da copa de *Curatella americana*.

### **Referências bibliográficas**

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P.M. 2004. Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 199: 115-123.

CONOVER, W. J. 1983. *Practical nonparametric statistics*. 2nd edition. John Wiley and Sons. New York. 385p.

COOKE, R. A. 1993. VTFIT: A routine for fitting homogenous probability density functions: User documentation.

Blacksburg: Department of Agricultural Engineering, Virginia Polytechnic Institute. 21p.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. 1994. *Continuous Univariate Distributions*. 2nd edition. Vol. I. John Wiley, New York. 278p.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. 1995. *Continuous Univariate Distributions*. 2nd edition Vol. II. John Wiley, New York. 325p.

## 8 Bioecologia do caimbé (*Curatella americana*) (i): Distribuições de probabilidade

Comunicado  
Técnico, 18

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
Embrapa Roraima  
RODOVIA BR-174, KM 8 - DISTRITO INDUSTRIAL  
TELEFAX: (95) 3626 71 25  
Cx. POSTAL 133 - CEP. 69.301-970  
BOA VISTA - RORAIMA - BRASIL  
[sac@cpafrr.embrapa.br](mailto:sac@cpafrr.embrapa.br)  
1ª edição  
1ª impressão (2004): 100

Comitê de  
Publicações

**Presidente:** Roberto Dantas de Medeiros  
**Secretário-Executivo:** Amaury Burlamaqui Bendahan  
**Membros:** Alberto Luiz Marsaro Júnior  
Bernardo de Almeida Halfeld Vieira  
Ramayana Menezes Braga  
Aloísio Alcântara Vilarinho  
Helio Tonini

Expediente

**Editoração Eletrônica:** Vera Lúcia Alvarenga Rosendo