



VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL

23 a 25 de agosto de 2023

Recife - PE



UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO

Quantificação de C, Florestas Tropicais e o Ambiente *Extremistão*

Prof. Hassan C. David

Universidade Federal do Paraná



FUNDAÇÃO APOLÔNIO SALLES
F A D O R P E



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco

1. Caracterizando ambientes

Professor:
Hassan C. David

Extremistão e a potência da Escalabilidade

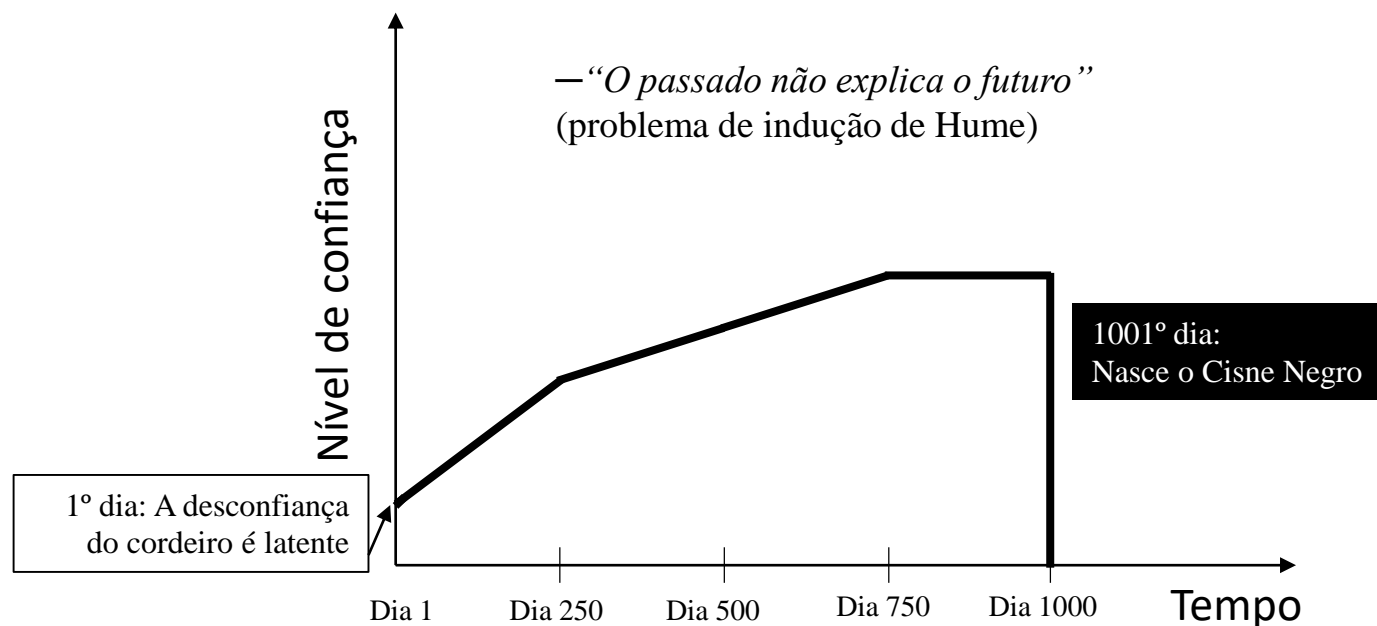
Espécie: Angelim. Peso>30t. CAP=450 cm. Ht=35 m. Valores aprox. Localização: Fazenda 'Cauaxi', estado do Pará. Foto: João Paulo Sotero.



Como nascem os Cisnes Negros...



O criador de cordeiros



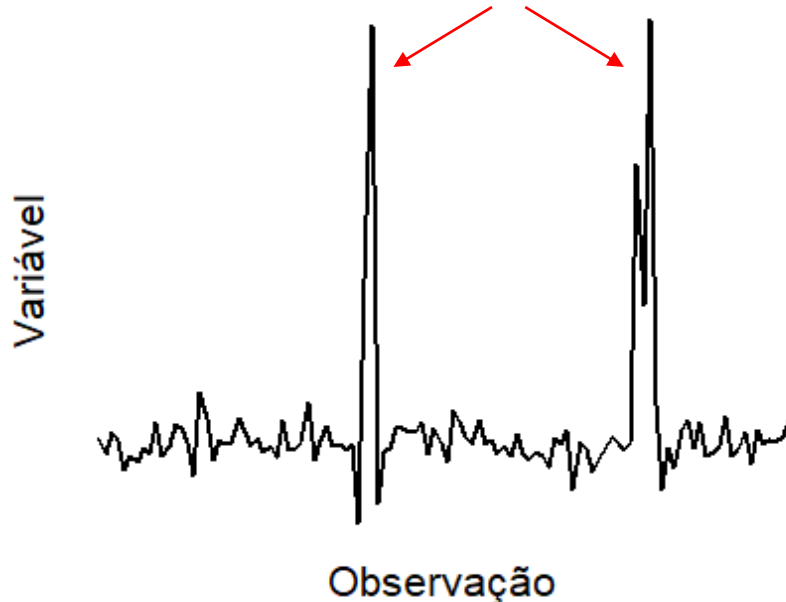
Adaptado de:
A Lógica do Cisne Negro
(Nassim N. Taleb)

Não são apenas outliers...



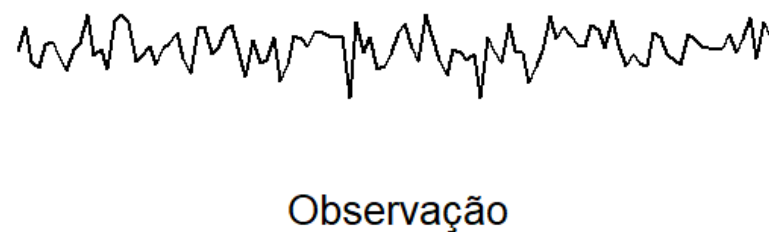
Ambiente 'Extremistão'

Esses caras são um problema, mas não podemos simplesmente ignorá-los.



Ambiente 'Mediocristão'

Zona de conforto!



Habitantes de cada ambiente



Ambientes

‘Extremistão’

‘Mediocristão’

Elementos normais

- Evento comum, previsível e de baixo impacto no ambiente como um todo

X

X

Elementos não-normais

- **Cisnes Negros** (evento raro, imprevisível, mas altamente impactante)
- **Cisnes Cinzas** (evento raro, pouco previsível, mas impactante)

X

X

Cisnes cinzentos na floresta...



Uma árvore com DAP = 122 cm e Biomassa = **20** Mg



Evento raro, pouco previsível, mas impactante.
Isto é: Cisne cinzento.

Representatividade da Biomassa dessa árvore nas seguintes UAs

UA	Tamanho	Nº árvo.	Biomassa	Representatividade do <u>Cisne cinzento</u>	
1	100 m ²	18	2,8+ 20 Mg	88%	<i>Extremistão frenético</i>
2	500 m ²	90	14+ 20 Mg	59%	<i>Extremistão</i>
3	4.000 m ²	720	112+ 20 Mg	15%	<i>Quase-mediocristão</i>
4	10.000 m ²	1.800	280+ 20 Mg	7%	<i>Mediocristão</i>

‘Extremistão’

‘Mediocristão’

Aleatoriedade frenética do tipo II	Aleatoriedade regular do tipo I
Vulnerável ao Cisne Negro	Impenetrável pelo Cisne Negro
<i>The winner takes all!</i>	<i>F*ck the winner!</i>
Tirania do maior	Tirania do coletivo

“No Ambiente *Extremistão*, a Distribuição Normal é uma grande fraude intelectual.”

(*Nassim N. Taleb*)

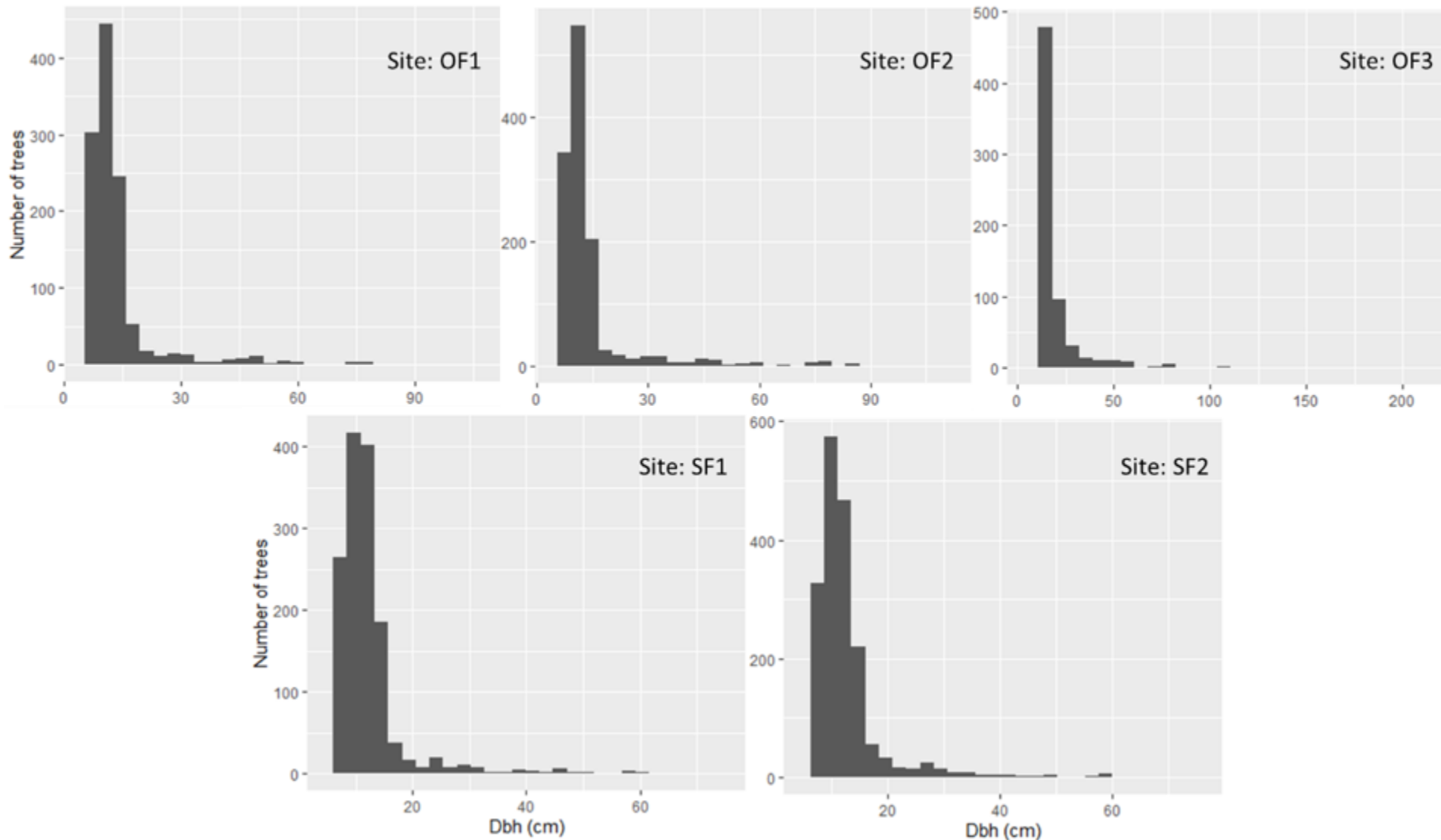
Adaptado de:
A Lógica do Cisne Negro
(*Nassim N. Taleb*)

2. Objetivo da apresentação

- Mostrar como e por que Florestas Tropicais Úmidas (FTUs) podem ser um Ambiente *Extremistão* ao quantificar C
- Revelar como converter uma floresta *Extremistão* em uma floresta *Mediocristão*



3. FTUs como Ambiente *Extremistão*



3. FTUs como Ambiente *Extremistão*

Professor:
Hassan C. David

	Heaviest x% trees	Number of trees	% of the population biomass	Tree diameter (cm)	
				Minimum	Maximum
Site: OF1 – Ombrophilous Forest 1					
x =	0.1	1	6.6	117.2	117.2
	0.5	5	18.6	74.8	117.2
	1.0	11	28.6	58.0	117.2
	2.0	24	42.6	38.7	117.2
	5.0	57	63.8	26.0	117.2
	10.0	116	74.2	14.9	117.2
	50.0	579	92.8	6.9	117.2
	100.0	1,158	100.0	5.1	117.2
Site: OF2 – Ombrophilous Forest 2					
x =	0.1	1	4.8	113.5	113.5
	0.5	6	19.3	66.0	113.5
	1.0	12	30.8	66.0	113.5
	2.0	25	49.2	58.9	113.5
	5.0	63	73.2	37.0	113.5
	10.0	128	82.3	16.0	113.5
	50.0	633	95.0	6.9	113.5
	100.0	1,264	100.0	5.1	113.5
Site: OF3 – Ombrophilous Forest 3					
x =	0.1	1	13.9	212	212.0
	0.5	5	29.4	66.0	212.0
	1.0	11	40.0	57.3	212.0
	2.0	22	52.1	44.0	212.0
	5.0	57	67.8	28.0	212.0
	10.0	114	76.8	17.8	212.0
	50.0	567	94.1	7.3	212.0
	100.0	1,135	100.0	5.1	212.0

3. FTUs como Ambiente *Extremistão*

Professor:
Hassan C. David

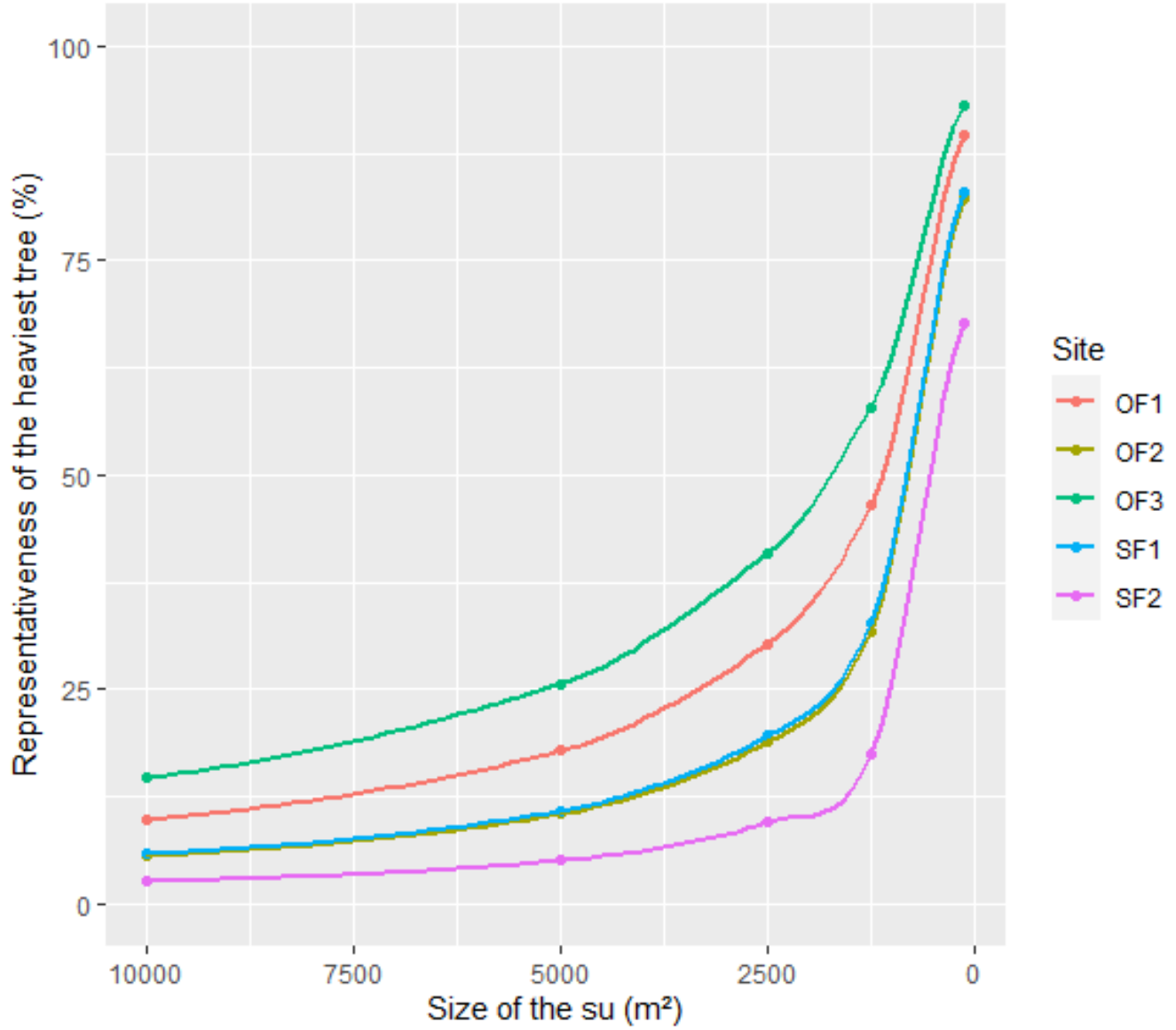
	Heaviest x% trees	Number of trees	% of the population biomass	Tree diameter (cm)	
				Minimum	Maximum
Site: SF1 – Seasonal Forest 1					
x =	0.1	1	3.9	76.1	76.1
	0.5	7	17.3	46.5	76.1
	1.0	14	26.3	37.0	76.1
	2.0	29	38.1	26.0	76.1
	5.0	72	51.2	15.9	76.1
	10.0	147	59.3	13.7	76.1
	50.0	730	87.9	6.9	76.1
	100.0	1,459	100.0	5.1	76.1
Site: SF2 – Seasonal Forest 2					
x =	0.1	1	2.3	59.7	59.7
	0.5	10	14.7	46.5	76.0
	1.0	19	23.0	38.7	76.0
	2.0	38	36.0	36.0	76.0
	5.0	95	54.2	21.8	76.0
	10.0	191	63.4	13.7	76.0
	50.0	954	89.7	6.9	76.0
	100.0	1,897	100.0	5.1	76.0

3. FTUs como Ambiente *Extremistão*

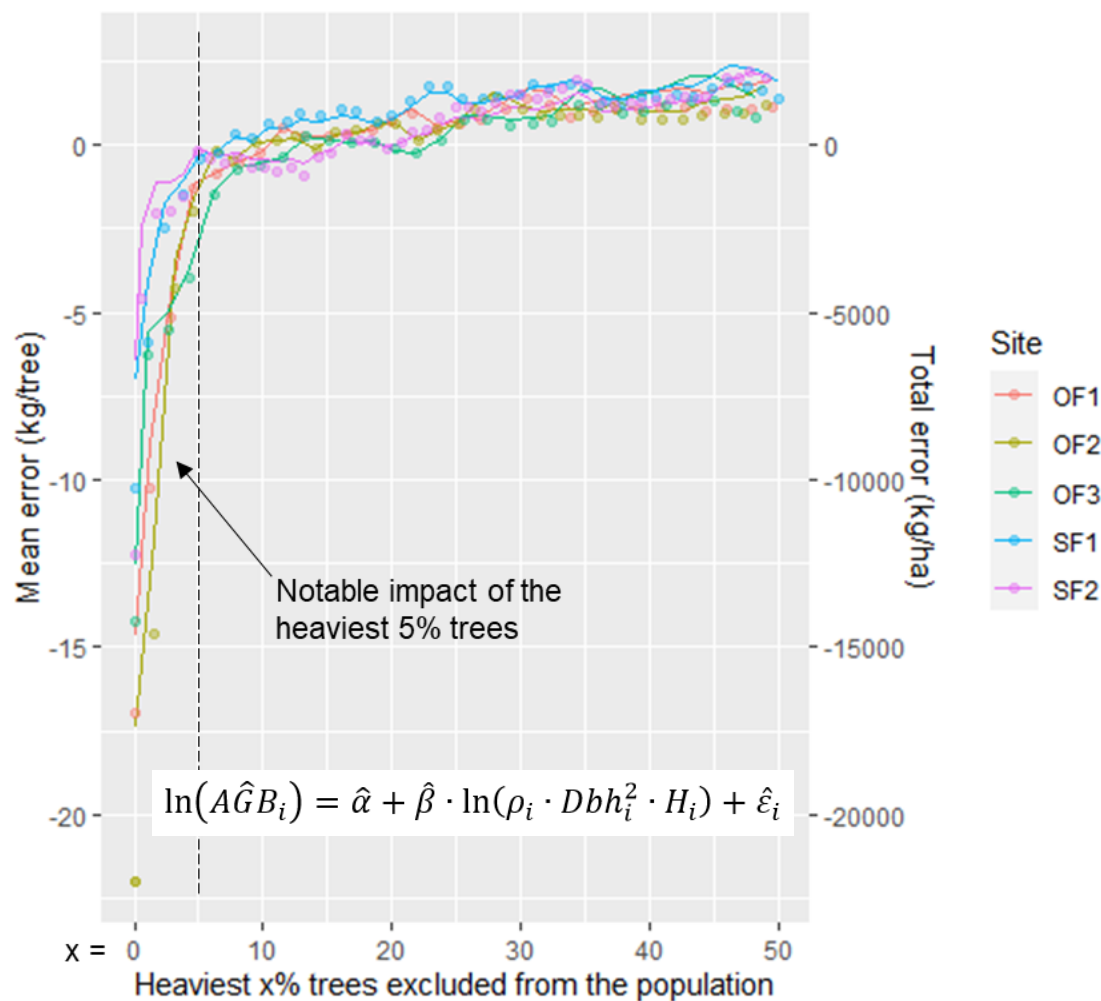
A figura mostra a representatividade (impacto) da **árvore mais pesada** em parcelas (*su*) com diferentes tamanhos.

Tamanhos testados:

- 10.000 m²
- 5.000 m²
- 2.500 m²
- 1.250 m²
- 125 m²



Modelo Pantropical de Biomassa, Chave et al. (2015)



Modelo Pantropical de Biomassa, Chave et al. (2015)

$$\ln(\widehat{AGB}_i) = \hat{\alpha} + \hat{\beta} \cdot \ln(\rho_i \cdot Dbh_i^2 \cdot H_i) + \hat{\varepsilon}_i \quad \text{Eq. (1)}$$



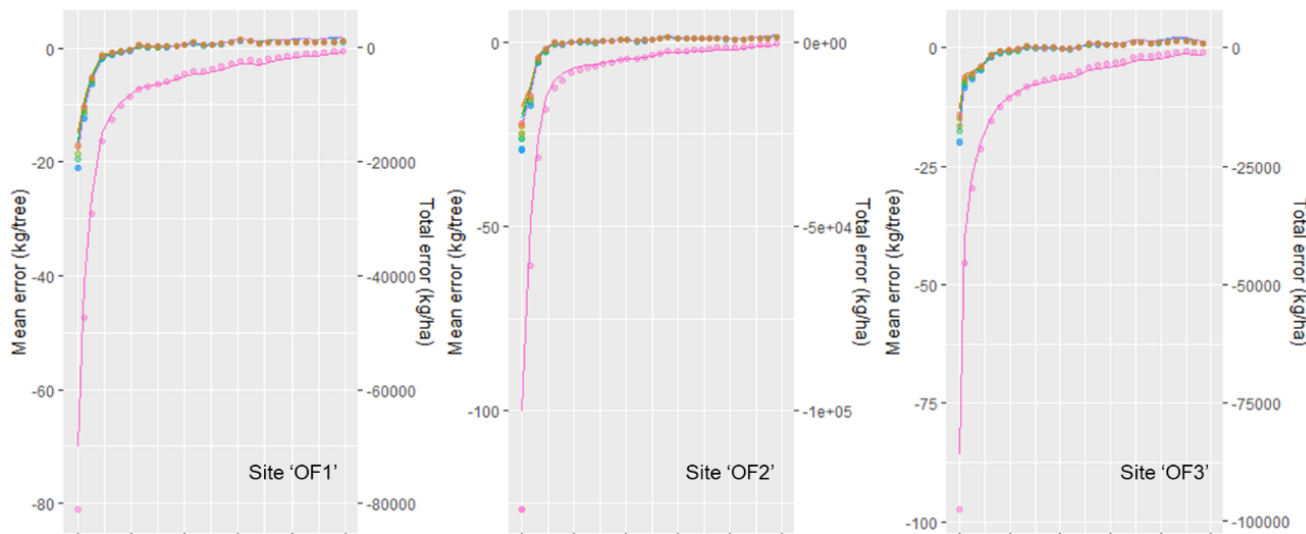
Eq. (1) foi ajustada com a base de dados de biomassa pantropical.
A base foi “fatiada” excluindo as x% árvores mais pesadas.



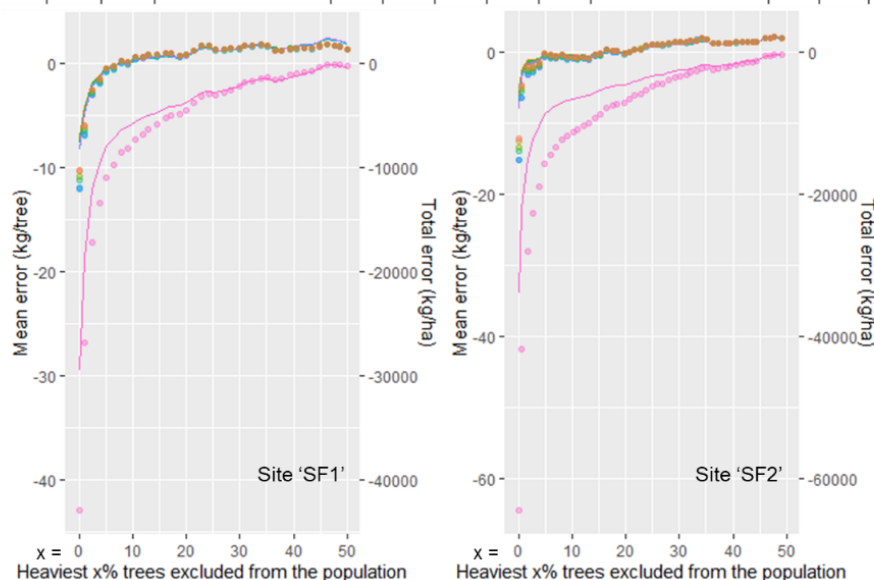
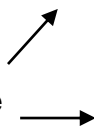
	Heaviest x% trees excluded	Number of trees	ME (kg)	RMSE (kg)	ME ₁₀ (kg)	RMSE ₁₀ (kg)
			For the heaviest x% trees		For the ten heaviest trees	
	50.0	2,002	-1	14	-30,024	38,142
	10.0	3,602	-5	157	-15,783	21,718
	5.0	3,804	3	346	-15,871	21,812
x =	2.0	3,924	7	555	-15,815	21,753
	1.0	3,964	-11	701	-15,310	21,219
	0.5	3,984	-25	807	-15,048	20,944
	0.1	4,000	-55	1,046	-14,645	20,525
	0.0	4,004	-74	1,273	-14,521	20,397

3. FTUs como Ambiente *Extremistão*

Modelo Pantropical de Biomassa, Chave et al. (2015)



Notable impact of the heaviest 5% trees

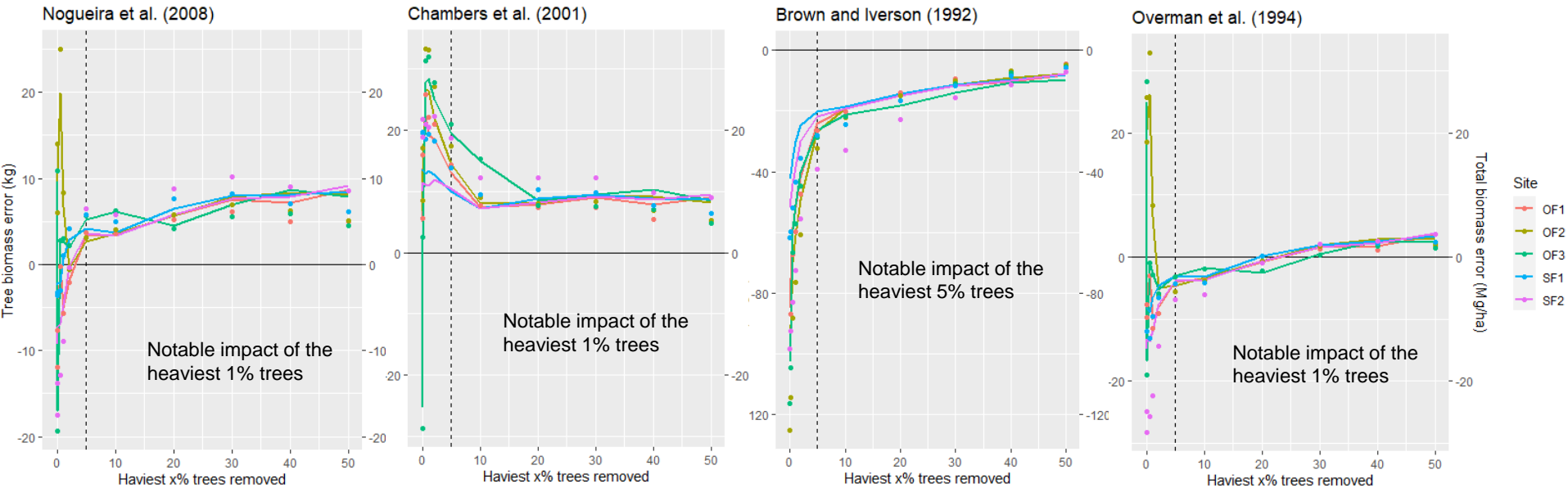


Calibration dataset

- Heaviest 0% excluded
- Heaviest 0.1% excluded
- Heaviest 0.5% excluded
- Heaviest 1% excluded
- Heaviest 10% excluded
- Heaviest 2% excluded
- Heaviest 5% excluded
- Heaviest 50% excluded

3. FTUs como Ambiente *Extremistão*

Outras equações ajustadas com bases de dados menores



Do Extremistão ao Mediocristão

(ou como escapar dos Cisnes da floresta)

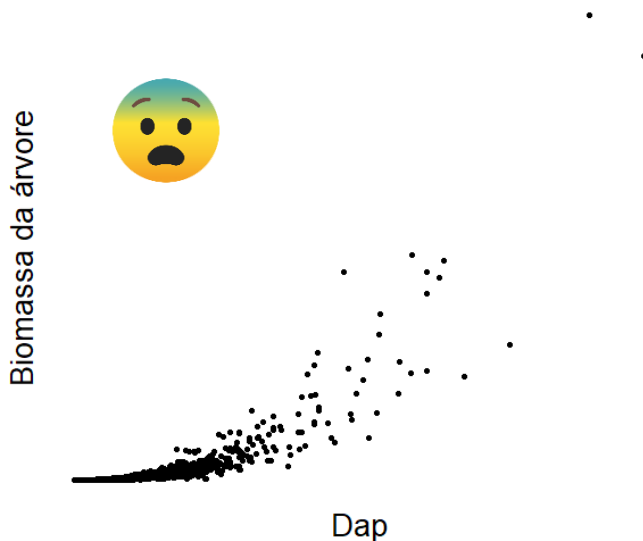


Tudo é uma questão de abordagem...

Ambiente 'Extremistão'

troque isso... ↩

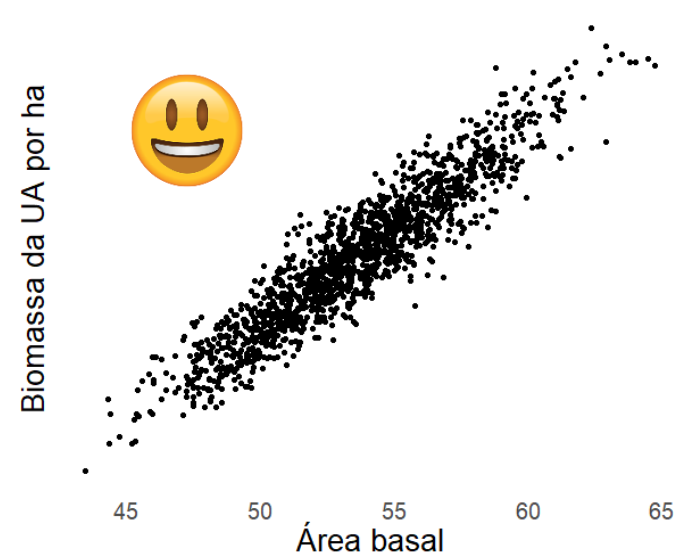
Modelar biomassa a nível de árvore



Ambiente 'Mediocristão'

...por isso ↩

Modelar biomassa a nível de povoamento



4. Do *Extremistão* ao *Mediocristão*

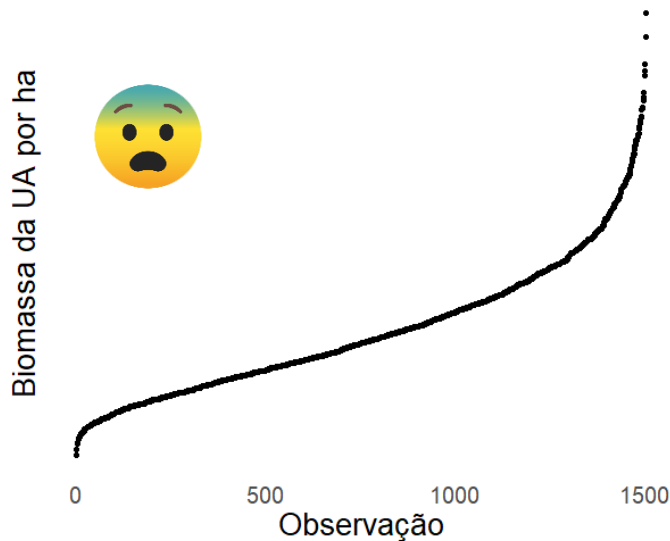
Professor:
Hassan C. David

Tudo é uma questão de abordagem...

Ambiente 'Extremistão'

troque isso... ↩

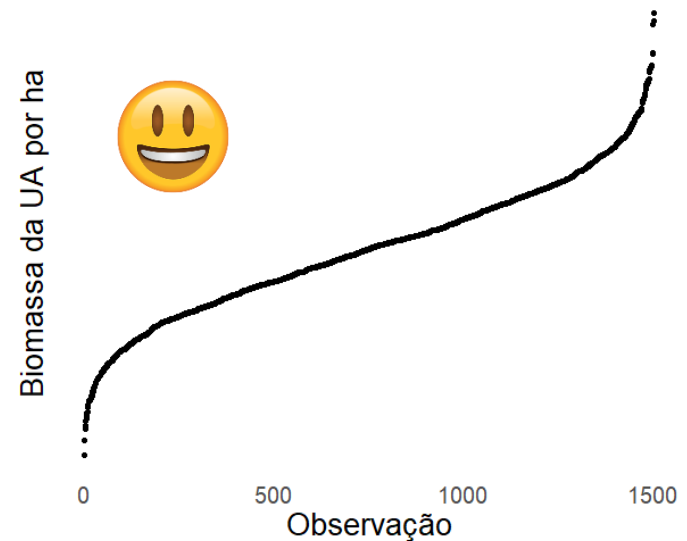
Unidade amostral $\leq 1.000 \text{ m}^2$



Ambiente 'Mediocristão'

...por isso ↩

Unidade amostral $\geq 4.000 \text{ m}^2$



4. Do *Extremistão* ao *Mediocristão*

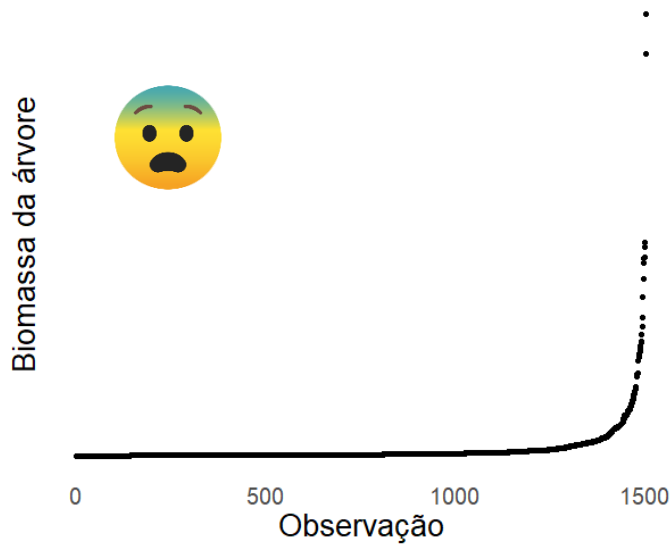
Professor:
Hassan C. David

Tudo é uma questão de abordagem...

Ambiente 'Extremistão'

troque isso... ↩

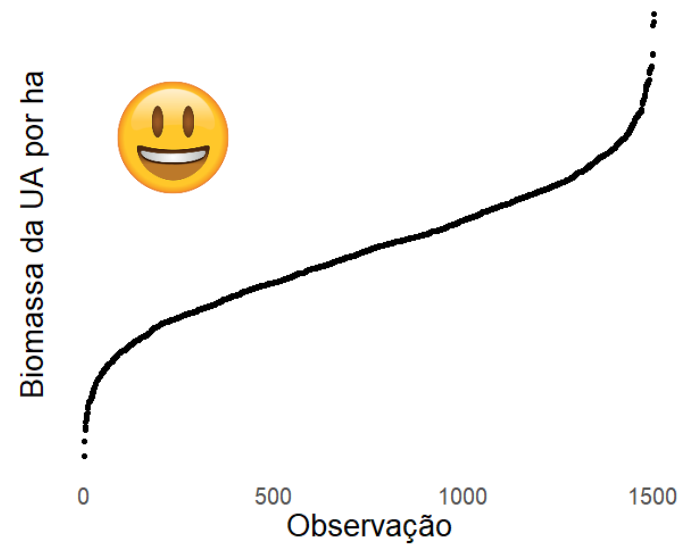
Estimar biomassa a nível de árvore



Ambiente 'Mediocristão'

...por isso ↩

Estimar biomassa a nível de povoamento

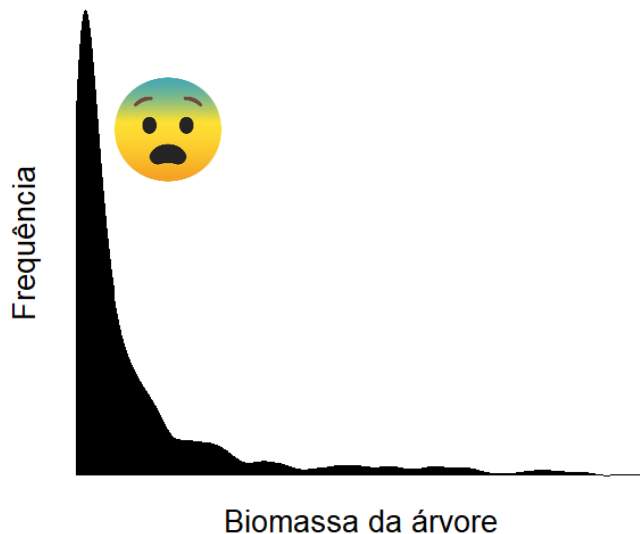


Tudo é uma questão de abordagem...

Ambiente 'Extremistão'

troque isso... ↩

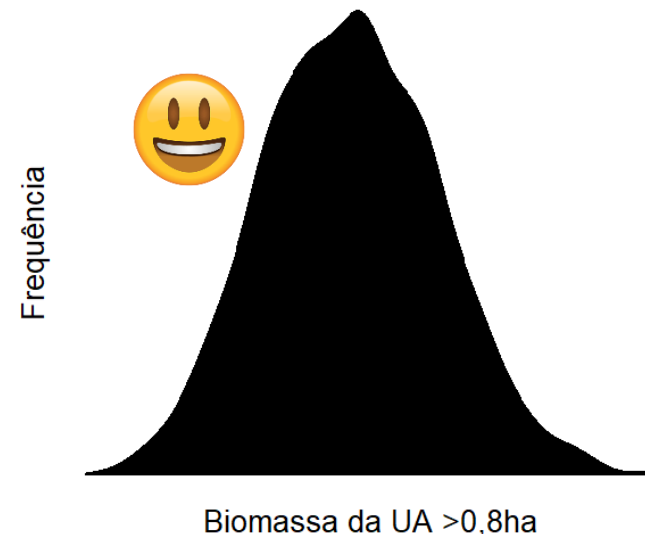
Árvore como fonte de variação



Ambiente 'Mediocristão'

...por isso ↩

Unidade amostral como fonte de variação

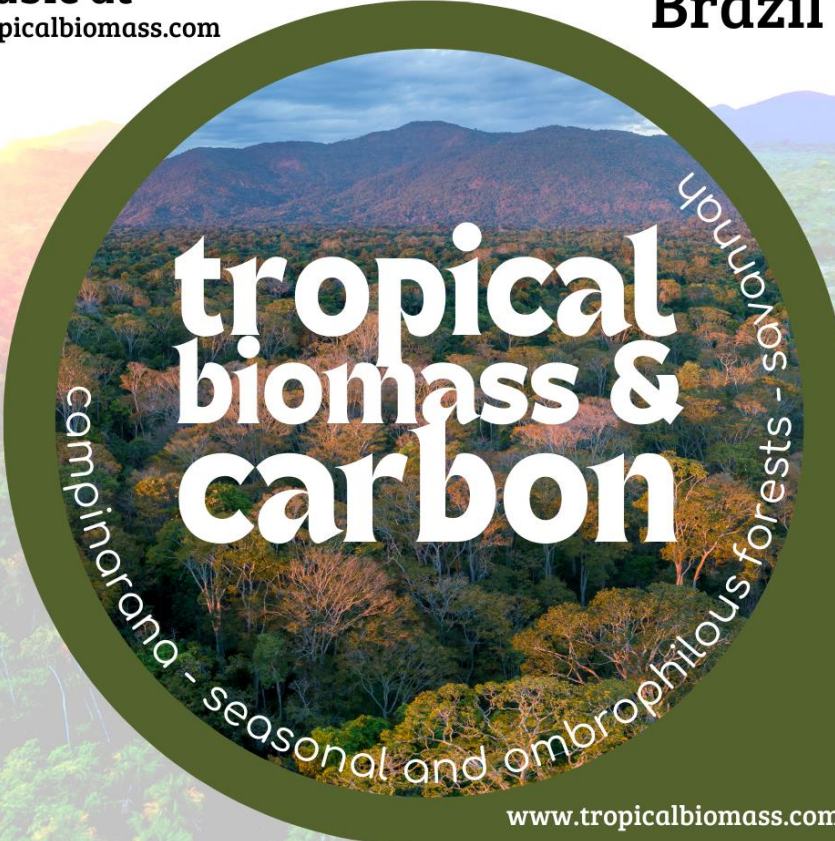


5. Projeto *Tropical Biomass & Carbon*

Professor:
Hassan C. David

TB&C App
available at
www.tropicalbiomass.com

estimator of B&C
in forests of
Brazil



**tropical
biomass &
carbon**

campinarana - seasonal and ombrophilous forests - savannah

www.tropicalbiomass.com



@tropicalbiomass

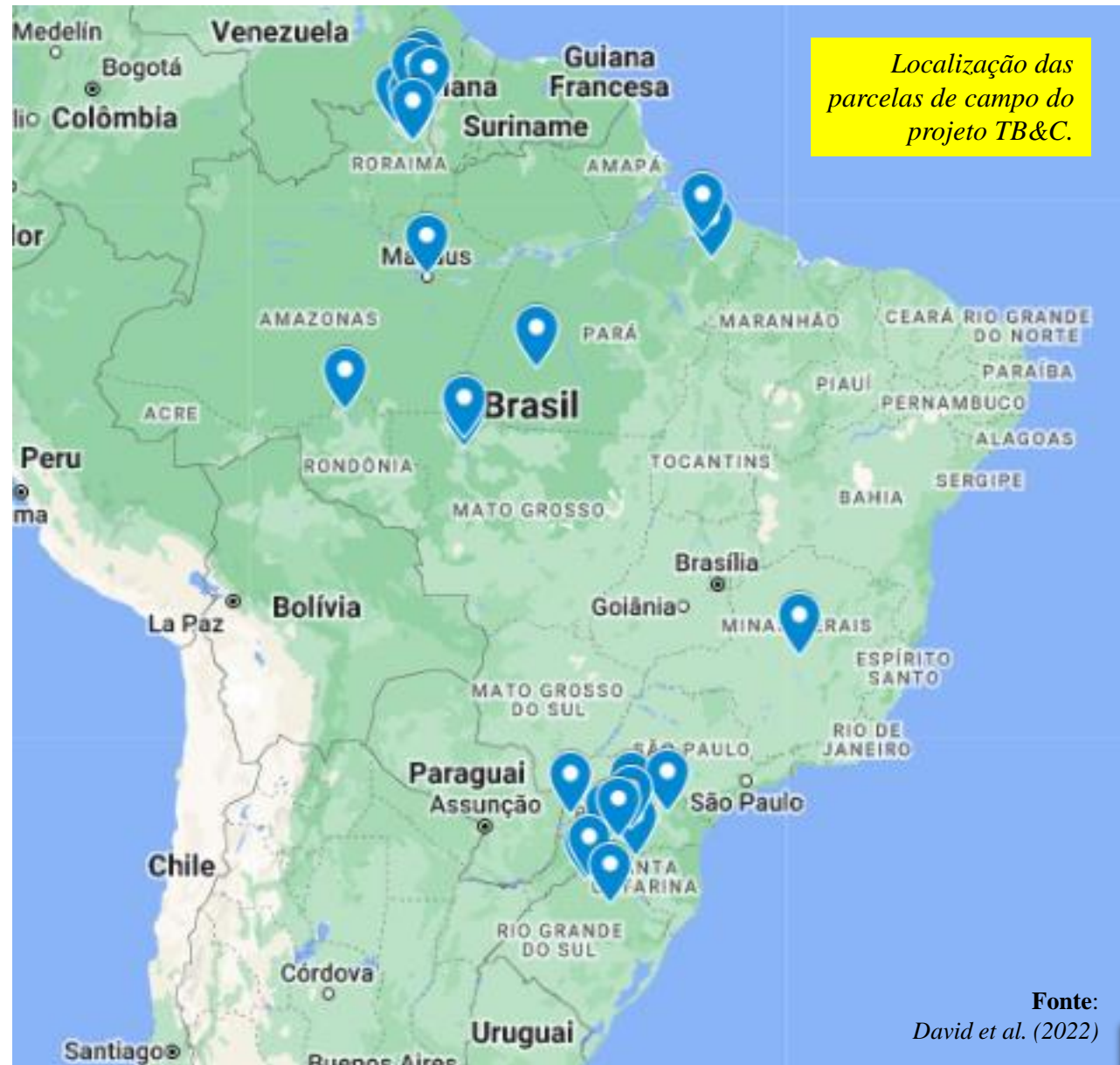
Para mais informações:
David et al. (2022)

5. Projeto *Tropical Biomass & Carbon*

Professor:
Hassan C. David

Demanda por dados de biomassa arbórea em:

- Caatinga
- Cerrado
- Pampas
- Pantanal



@tropicalbiomass

Fonte:
David et al. (2022)

Coletas de biomassa arbórea no Brasil

Espacialização por bioma



Distribuição de dados com base no compêndio de equações de biomassa para florestas do Brasil (Calais; David; Miranda, 2022)

Tropical Biomass & Carbon

Créditos das fotografias do site:
Serviço Florestal Brasileiro
André Dib

www.tropicalbiomass.com

Modelos calibrados com a **maior base de dados**
de biomassa arbórea do Brasil (n=1,428)

TB&C App's models:

<i>Campinarana</i>	$\ln(\widehat{AGB})$	=	+ 2.54009	+ 1.27946 $\ln(BA)$	- 0.26904 $\ln(N)$
<i>Floresta estacional</i>	$\ln(\widehat{AGB})$	=	+ 2.35855	+ 1.18178 $\ln(BA)$	- 0.18365 $\ln(N)$
<i>Floresta ombrofila</i>	$\ln(\widehat{AGB})$	=	+ 2.48782	+ 1.18620 $\ln(BA)$	- 0.16660 $\ln(N)$
<i>Savana</i>	$\ln(\widehat{AGB})$	=	+ 3.02331	+ 1.44062 $\ln(BA)$	- 0.42550 $\ln(N)$

AGB: aboveground biomass, in Mg ha⁻¹. *BA*: basal area, in m² ha⁻¹. *N*: number of trees ha⁻¹



@tropicalbiomass

Tropical Biomass & Carbon

Créditos das fotografias do site:
Serviço Florestal Brasileiro
André Dib

TB&C App

An estimator of biomass & carbon in forests of Brazil

(https://tropicalbiomass.shinyapps.io/TBandC_App/)

Select study area
Brazil

Select vegetation class
Floresta ombrofila

Select the level of information
Stand

Type the smallest DBH (cm)
5

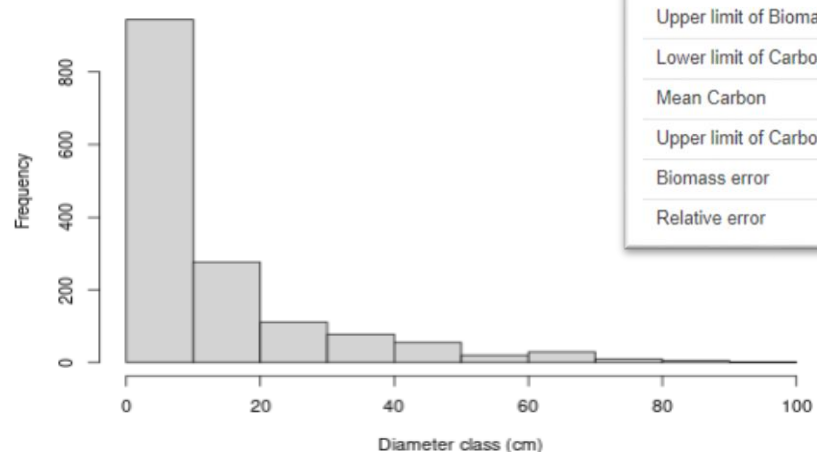
Type the largest DBH (cm)
113

Select number of trees/ha (>=5cm)
10

Stand level | Tree level

Select parameter alpha
0.3

Select parameter beta
3.2



Download

Variable	Unit	Value
Basal area	m2/ha	50.90
Density	trees/ha	1530.00
Lower limit of Biomass	Mg/ha	299.42
Mean Biomass	Mg/ha	375.52
Upper limit of Biomass	Mg/ha	451.63
Lower limit of Carbon	Mg/ha	149.71
Mean Carbon	Mg/ha	187.76
Upper limit of Carbon	Mg/ha	225.81
Biomass error	Mg/ha	76.11
Relative error	%	20.27



@tropicalbiomass

Tropical Biomass & Carbon

Créditos das fotografias do site:
Serviço Florestal Brasileiro
André Dib

TB&C App

An estimator of biomass & carbon in forests of Brazil

(https://tropicalbiomass.shinyapps.io/TB&C_App/)

Select study area

Brazil

Select vegetation class

Floresta ombrofila

Select the level of information

Stand

Type the smallest DBH (cm)

5

Type the largest DBH (cm)

113

Select number of trees/ha
(>=5cm)

10

1,530

5,000

10 5091,008 2,008 3,004 4,002 5,000

Stand level

Tree level

Download

Tree	Diameter.cm	Unit	TreeBiomass
1	5	kg	5.4
2	5	kg	5.4
3	5	kg	5.4
4	5	kg	5.4
5	5	kg	5.4
6	5	kg	5.4
7	5	kg	5.4
8	5	kg	5.4
9	5	kg	5.4
⋮	⋮	⋮	⋮
1529	94.37	kg	7506.7
1530	97.33	kg	8097.5
Total	-	kg	375083.3

Download

Variable	Unit	Value
Basal area	m2/ha	50.90
Density	trees/ha	1530.00
Lower limit of Biomass	Mg/ha	299.42
Mean Biomass	Mg/ha	375.52
Upper limit of Biomass	Mg/ha	451.63
Lower limit of Carbon	Mg/ha	149.71
Mean Carbon	Mg/ha	187.76
Upper limit of Carbon	Mg/ha	225.81
Biomass error	Mg/ha	76.11
Relative error	%	20.27

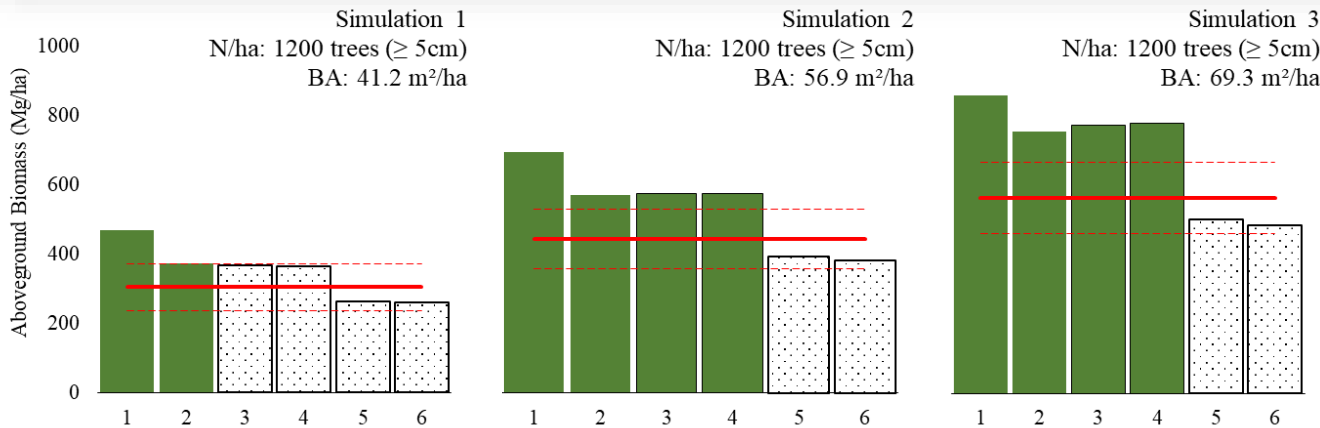


@tropicalbiomass

Tropical Biomass & Carbon

Créditos das fotografias do site:
Serviço Florestal Brasileiro
André Dib

— TB&C estimate - - - C.I.



Povoamentos simulados (1-3) são compostos por árvores amazônicas da base de *Chave et al. (2015)*

TB&C Eq. is in *David et al. (2022)*

1: Biomass eq. by *Nogueira et al. (2008)*

2: Biomass eq. by *Chambers et al. (2001)*

3: Biomass eq. by *Brown and Iverson (1992)*

4: Biomass eq. by *Brown et al. (1989)*

5: Biomass eq. by *Brown (1997)*

6: Biomass eq. by *Overman et al. (1994)*

Tropical Biomass & Carbon

Créditos das fotografias do site:

Ecological Modelling 472 (2022) 110067



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Ecological Modelling

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



The tropical biomass & carbon project—An application for forest biomass and carbon estimates



Hassan C. David^{a,*}, Reinaldo I. Barbosa^b, Alexander C. Vibrans^c, Luciano F. Watzlawick^d, Jonathan W. Trautenmuller^e, Rafaelo Balbinot^f, Sabina C. Ribeiro^g, Laércio A.G. Jacovine^h, Ana Paula D. Corteⁱ, Carlos R. Sanquettaⁱ, Alessandra Calegari da Silva^j, Joberto Veloso de Freitas^k, David W. MacFarlane^l



@tropicalbiomass

- FTUs são um Ambiente *Extremistão*
 - 1% das árvores mais pesadas retêm 23–40% de toda biomassa
 - 5% das árvores mais pesadas retêm 50–75% de toda biomassa
- A “Tirania dos 5%” pode ser fatal aos modelos a nível de árvore
- Cuidado com RMSE!!! A melhor equação pode ser a pior equação (a nível de árvore)
- Florestas *Extremistão* são causadas por práticas inadequadas. Prefira sempre:
 - UAs $\geq 4.000 \text{ m}^2$ (ideal ser 10.000 m^2)
 - modelar BAS a nível de povoamento
 - estimar BAS a nível de povoamento
- Árvores Cisnes-Cinza (top 5%) da FTU:
 - FO: árvores com Dap $> 30 \text{ cm}$
 - FE: árvores com Dap $> 20 \text{ cm}$

- Brown, S., Gillespie, A.F.R., Lugo, A.E. (1989). Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *For. Sci.* 35, 881–902.
- Brown, S., & Iverson, L.R. (1992). Biomass estimates for tropical forests. *World Resource Review*. 4, 366–384.
- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. pp 55.
- Chambers, J.Q., Santos, J., Ralfh JRibeiro, R.J., Higuchi, N. (2001). Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*. 152, 73–84.
- IBGE (2004). *Mapa de Vegetação do Brasil*. Diretoria de Geociências.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I., & Keiser, E.W.H. (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256, 1853–1867.
- Nogueira, E. M., Myanai A., Fonseca, F. R., Fearnside, P. M. Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia. *Global Change Biology* (2015) 21, 1271–1292,
- Overman, J.P.M., Witte, H.J.L., & Saldarriaga, J.G. (1994). Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. *Journal of Tropical Ecology*, 10, 207 – 218.
- Taleb, N.N. (2021). *A lógica do Cisne Negro*. Editora Objetiva. 528p.

Obrigado!

Prof. Hassan C. David
Universidade Federal do Paraná
hassancamil@gmail.com



@tropicalbiomass

Acesso em www.tropicalbiomass.com

COMPÊNDIO DE
EQUAÇÕES DE
BIOMASSA
PARA FLORESTAS DO
BRASIL

Sarah C. S. Calais
Hassan C. David
Rodrigo O. V. Miranda

Fim