



Sustentabilidade de Recursos Florestais

André Luiz Oliveira de Francisco
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

André Luiz Oliveira de Francisco
(Organizador)

Sustentabilidade de Recursos Florestais

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S964 Sustentabilidade de recursos florestais [recurso eletrônico] /
Organizador André Luiz Oliveira de Francisco. – Ponta Grossa
(PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-044-5

DOI 10.22533/at.ed.445191601

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Gestão ambiental. 3. Meio ambiente. I. Francisco, André Luiz Oliveira de.

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O leitor na obra Sustentabilidade de Recursos Florestais terá a oportunidade de conhecer 10 trabalhos científicos com diferentes temáticas florestais nos quais teremos inserções de assuntos econômicos, conservação do ambiente, logística, produção e desenvolvimento florestal, dentre outros.

A obra apresenta todos os trabalhos com viés aplicado do componente florestal, abordando-o desde em áreas naturais, com levantamento arbóreo e estudos do comportamento de áreas naturais, passando por estudos ambientais na exploração florestal comercial e análise de processos da cadeia produtiva da madeira, como logística e mecanização dos sistemas de produção. Contudo temáticas diferenciadas de aplicação do componente florestal também são abordadas, com aplicações dele fora do ciclo da madeira, demonstrando ao leitor oportunidades de uso e aplicações dele em dias a dias fora do recorrente uso madeireiro.

A abrangência dos temas presentes nesta obra e suas qualidades diferenciadas chamam a atenção, com questões ambientais atuais em foco ligadas a preservação do ambiente natural e suas implicações para qualidade do sistema. Soma-se a isso as análises econômicas em pauta aqui com o sistema de produção da florestal em foco, proporcionando ao leitor incremento de conhecimento sobre os tema e informações que vão implicar em ganhos econômicos ao mesmo e experiências a serem replicadas.

Neste sentido ressaltamos a importância desta leitura de forma a incrementar o conhecimento da área florestal em diferentes âmbitos ao leitor, muitos ainda pouco retratadas tornando sua leitura uma abertura de fronteiras para sua mente e oportunidades reais de planos e ideias. Boa leitura!

André Luiz Oliveira de Francisco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 8

AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA DE ESPÉCIES AGROFLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa
Fabio Favarato Nogueira
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Maria da Penha Padovan

DOI 10.22533/at.ed.4451916011

CAPÍTULO 2 16

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS NA COMPOSIÇÃO DE QUEBRA-VENTOS EM PÁTIOS DE ESTOCAGEM DE CARVÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO

Aureliano Nogueira da Costa
Fabio Favarato Nogueira
Pedro Luís Pereira Teixeira de Carvalho
Bernardo Enne Corrêa da Silva
Maria da Penha Padovan

DOI 10.22533/at.ed.4451916012

CAPÍTULO 3 25

DESENVOLVIMENTO E MULTIPLICAÇÃO DA JOANINHA *CRYPTOLAEMUS MONTROUZIERI* NO CONTROLE BIOLÓGICO DA COCHONILHA ROSADA

Leonardo Leite Fialho Júnior
Lucas Alves do Nascimento Silva
Isabel Carolina de Lima Santos
Alexandre dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.4451916013

CAPÍTULO 4 40

DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA EM UMA UNIDADE DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA CENTRAL

Raildo de Souza Torquato
Tiago Nunes da Silva
Ítala Lorena de Lima Ferreira
Lennon Simões Azevedo
Vanesse do Socorro Martins de Matos
Veraldo Liesenberg

DOI 10.22533/at.ed.4451916014

CAPÍTULO 5 56

FATORES ABIÓTICOS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BIOMASSA AÉREA EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE BRASILEIRO

Ramon de Sousa Leite
Marlete Moreira Mendes Ivanov
Paulo Costa de Oliveira Filho
Márcio Assis Cordeiro
Misael Freitas dos Santos
Daniele Lima da Costa
Luciano Farinha Watzlawick
Kauana Engel
Jonas Wilson Parente Vieira

DOI 10.22533/at.ed.4451916015

CAPÍTULO 6 71

NFLUÊNCIA DO VOLUME MÉDIO POR ÁRVORE NA PRODUTIVIDADE E NOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DO FELLER BUNCHER

Luis Carlos de Freitas
Francisco de Assis Costa Ferreira
Elton da Silva Leite
Ana Paula da Silva Barros
Danusia Silva Luz
Aline Pereira das Virgens

DOI 10.22533/at.ed.4451916016

CAPÍTULO 7 81

MAPEAMENTO DE FOCOS DE CALOR EM ÁREA DE INVASÃO BIOLÓGICA NO DOMÍNIO MATA ATLÂNTICA EM MINAS GERAIS

Eduarda Soares Menezes
Danielle Piuzana Mucida
Luciano Cavalcante de Jesus França
Aline Ramalho dos Santos
Marcos Vinicius Miranda Aguilhar
Eduardo Alves Araújo
Fernanda Silveira Lima
Amanda Cristina dos Santos
Israel Marinho Pereira

DOI 10.22533/at.ed.4451916017

CAPÍTULO 8 96

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COZIMENTO CONTÍNUO EM LABORATÓRIO PARA MADEIRAS DE *EUCALYPTUS SPP.*

Fabiano Rodrigues Pereira
Thaís Chaves Almeida
Eliênildo Martins Alves
Rodrigo Ribeiro de Almeida
Gilmar Correia Silva

DOI 10.22533/at.ed.4451916018

CAPÍTULO 9 104

SERAPILHEIRA EM POVOAMENTO DE EUCALIPTOS: FONTE OU DRENO DE CARBONO?

Dione Richer Momolli
Mauro Valdir Schumacher
Elias Frank Araújo

DOI 10.22533/at.ed.4451916019

CAPÍTULO 10 113

VIABILIDADE ECONÔMICA, ANÁLISE DE RISCO E DE SENSIBILIDADE NO TRANSPORTE FLORESTAL RODOVIÁRIO

Aline Pereira das Virgens
Luís Carlos de Freitas
Márcio Lopes da Silva
Danusia Silva Luz
Ana Paula da Silva Barros
Francisco de Assis Costa Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.44519160110

SOBRE O ORGANIZADOR..... 126

FATORES ABIÓTICOS DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BIOMASSA AÉREA EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE BRASILEIRO

Ramon de Sousa Leite

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI

Paulo Costa de Oliveira Filho

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Márcio Assis Cordeiro

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Misael Freitas dos Santos

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Daniele Lima da Costa

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Luciano Farinha Watzlawick

Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Guarapuava-PR

Kauana Engel

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR

Jonas Wilson Parente Vieira

Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI

RESUMO: Estudos que investigam a relação solo-planta são especialmente importantes para subsidiar práticas de restauração em áreas semiáridas. O presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de atributos físicos e químicos do solo na variabilidade espacial da biomassa aérea da vegetação em áreas semiáridas. Tratando da seguinte hipótese: os estoques de biomassa aérea vegetal em regiões

semiáridas são espacialmente dependentes de propriedades físicas e químicas do solo. Para isso, selecionou-se três áreas de Caatinga situadas no município de Bom Jesus, região sul do estado do Piauí, assim denominadas: Caatinga Arbórea – CAr, Caatinga Arbustiva – CArb e Caatinga Arbóreo-Arbustiva CAr-Arb. As propriedades do solo consideradas para o estudo foram: textura, pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Cu, Fe, Mn e Zn. A biomassa aérea foi estimada mediante a utilização de equações disponíveis na literatura. Para análise dos dados utilizou-se as seguintes estatísticas: testes de Kruskal-wallis (KW), análise de componentes principais (ACP) e coeficiente de correlação de Spearman. O solo da CAr, CArb e CAr-Arb foram caracterizados por baixa, média e alta fertilidade natural, respectivamente. A biomassa aérea média variou de 15,44±9,24 Mg ha⁻¹ na CArb a 121,92±84,41 Mg ha⁻¹ na CAr. A ACP e a análise de correlação apontam que os aumentos nos estoques de biomassa seguiram aumentos nos teores de nutrientes do solo, silte e argila e decréscimo nos teores de alumínio e areia. Diante dos resultados, observa-se que o estoque de biomassa é dependente de características do solo, em especial dos teores de ferro, areia, silte e cobre.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido, Caatinga, fitomassa, nutrientes minerais, textura do solo.

ABSTRACT: Studies investigating the soil-plant relationship are especially important to support restoration practices in semi-arid areas. The objective of this study was to evaluate the effect of soil physical and chemical attributes on the spatial variability of above ground biomass of vegetation in semi - arid areas. Treating the following hypothesis: the stocks of above ground biomass in semi-arid regions are spatially dependent on the physical and chemical properties of the soil. For this purpose, three *Caatinga* areas located in the municipality of Bom Jesus, in the southern region of the state of Piauí, were selected: Arboreal *Caatinga* (AC), Shrubby *Caatinga* – (SC), and Arboreal-Shrubby *Caatinga* (ASC). The soil properties considered for the study were: texture (sand, clay and silt), pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Cu, Fe, Mn and Zn. Above ground biomass was estimated using equations available in the literature. To analyze the data were used the statistics: Kruskal-wallis (KW) tests, Principal Component Analysis (PCA) and Spearman's correlation coefficient. The soil of AC, SC and ASC were characterized by low, medium and high natural fertility, respectively. The average above ground biomass ranged from 15.44 ± 9.24 Mg ha⁻¹ in SC to 121.92 ± 84.41 Mg ha⁻¹ in AC. PCA and correlation analysis indicate that increases in biomass stocks followed increases in nutrient content of soil, silt and clay and decrease in aluminum and sand contents. In view of the results, it is observed that the biomass stock depends on soil characteristics, especially iron, sand, silt and copper contents.

KEYWORDS: semiarid, *Caatinga*, phytomass, mineral nutrients, soil texture.

1 | INTRODUÇÃO

Há um crescente interesse nos últimos anos pelas estimativas da biomassa estocada nas diferentes tipologias florestais, instigado principalmente pela preocupação com relação à evolução futura do clima global, bem como o seu impacto nos ecossistemas terrestres. A biomassa estocada da vegetação é expressa por unidade de área em um ponto definido no tempo. Geralmente é medida em massa seca por unidade de área (por exemplo, Mg ha⁻¹) (EISFELDER et al., 2017). Essa engloba toda a parte vegetal das plantas e se divide nos seguintes componentes: biomassa viva acima do solo, biomassa morta acima do solo (composta pela serapilheira e madeira morta) e biomassa abaixo do solo (composta pelas raízes) (MARTINELLI et al. 1994). Sendo a primeira porção a mais pesquisada, principalmente em decorrência da facilidade de obtenção.

A biomassa vegetal é um indicador sensível das condições do meio ambiente e fornece informações importantes para a compreensão das mudanças climáticas e sobre os níveis de carbono estocados nos ecossistemas (SESSA e DOLMAN, 2008; LE TOAN et al., 2011). É especialmente importante para identificação e monitoramento de áreas sob alto risco de degradação e desertificação em regiões áridas e semiarid regions, which are particularly susceptible to environmental áridas, uma vez que essas são particularmente mais susceptíveis (OLDEMAN et al., 1991).

Extensas áreas semiáridas são encontradas no Nordeste do Brasil (IBGE, 2004)

e o mapeamento da distribuição dos estoques de biomassa dessa região é essencial e necessário para identificar áreas mais vulneráveis às mudanças no clima e que, portanto, carece de uma gestão sustentável quanto a seus recursos naturais. Os estoques de biomassa na vegetação do Nordeste do Brasil variam muito no espaço, com estoque médio de 40 Mg ha⁻¹ (SAMPAIO e COSTA, 2012). No entanto, pouco se sabe sobre os fatores bióticos e abióticos que influenciam a distribuição espacial de biomassa nessas áreas.

Beltrão (2014), estudando a influência de atributos químicos e físicos do solo no estoque de biomassa aérea em três áreas de Caatinga na Paraíba, não verificou relação significativa de nenhum atributo do solo com os estoques de biomassa. Todavia, isso pode estar associado à pouca heterogeneidade entre as áreas estudadas pelo autor.

Diante disso, testou-se no presente estudo a seguinte hipótese: os estoques de biomassa aérea vegetal em regiões semiáridas é espacialmente dependente de propriedades físicas e químicas do solo. Os objetivos são: i) caracterizar a variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo em três fragmentos de Caatinga; ii) caracterizar o estoque espacial de biomassa aérea da vegetação nas três áreas; e iii) selecionar as propriedades do solo que melhor explicam a variação espacial dos estoques de biomassa.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de Estudo

O presente estudo foi realizado em uma propriedade particular no município de Bom Jesus (09°04'28" sul e 44°21'31" oeste, estando a uma altitude de 277 metros), região sul do estado do Piauí (Figura 1). A propriedade abrange uma área de 480 ha com diferentes fitofisionomias que vão desde a mata ciliar até áreas mais altas e secas com Caatinga arbórea. A classe de solo predominante na região é o Latossolo Amarelo (CAMPOS, 2014). Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Aw, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013). A pluviosidade média anual é de 935,9 mm e temperaturas médias mínima de 20,1°C e máxima de 33,3°C (média histórica de 24 anos). Os maiores índices pluviométricos concentram-se entre os meses de janeiro e abril e outubro a dezembro. As temperaturas máximas e mínimas apresentam picos de elevação nos meses de agosto a outubro (INMET, 2015).

Os três fragmentos de Caatinga foram selecionados com base no porte da vegetação, flora, altitude e em função do distanciamento do leito do Rio Gurguéia: i) área de Caatinga localizada a 100 metros do rio (Caatinga Arbórea - CAr), com 260 m de altitude; predominância das espécies *Bauhinia unguolata* L. e *Lonchocarpus sericeus* (Poir.) DC.; ii) área plana, com dominância de arbustos, distante 220 metros do rio (Caatinga Arbustiva - CArb), com 270 m de altitude, onde predominam as espécies:

Mimosa verrucosa Benth. e *Piptadenia moniliformis* Benth.; e iii) área dominada por espécies de porte médio, distante 1.000 metros do rio, com 280 m de altitude, onde predominam as espécies: *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H. Raine e *Piptadenia moniliformis* Benth. (Caatinga Arbóreo-Arbustiva CAr-Arb).

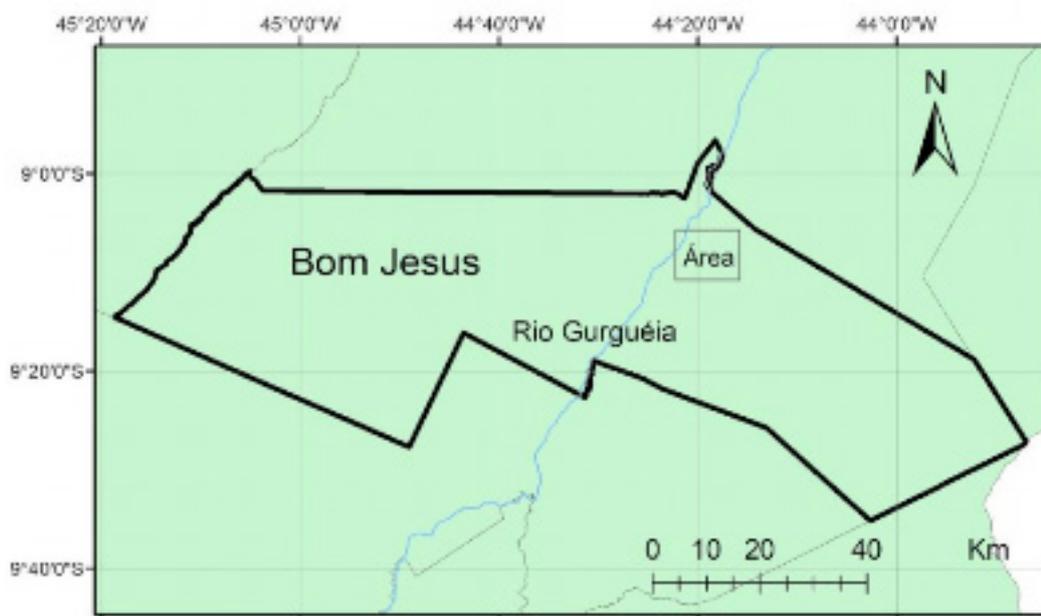


Figura 1. Localização das áreas de estudo, Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Atributos do Solo

Em cada área foram delimitadas três subáreas (quadrantes) para a obtenção das amostras de solo. As amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0-10 cm. Em cada área foram separadas quatro subamostras compostas por quadrante (Q1, Q2 e Q3), obtidas a partir de 16 amostras simples coletadas ao acaso (com ± 500 g de solo), totalizando 12 amostras de solo por fragmento, totalizando 36. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas a o Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí (CPCE/UFPI), onde foram secas ao ar livre, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar – TFSA.

As propriedades físicas e químicas do solo consideradas para o estudo foram: textura (areia, argila e silte), pH, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu, Fe, Mn e Zn. A textura foi avaliada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). A acidez do solo (pH – H₂O) foi medida por meio de eletrodo combinado, imerso em uma suspensão solo/água na proporção de 1:2,5. P disponível, foi extraído com a solução de Mehlich-1 e determinado por colorimetria; K^+ disponível, extraído com a solução de Mehlich-1 e determinado por fotometria de chama; Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis foram extraídos com solução de KCL mol L⁻¹ e determinado por complexometria; e Al^{3+} extraído com solução de KCL mol L⁻¹ e determinado por titulação. Os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foram

determinados utilizando Mehlich-1 como extrator, na proporção de 1:5 (solo: extrator), e determinação dos teores por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA et al., 1998).

Estoque de Biomassa

Em cada fragmento foram alocadas 10 parcelas de 10x20 m (200 m²), sendo que o número de parcelas por quadrante variou de 2 (dois) a 4 (quatro). Todas as plantas das parcelas com circunferência à altura do peito (a 1,30 m do solo) (CAP) ≥ 6,0 cm e altura total ≥ 1,5m foram incluídas no levantamento. A altura foi medida com uma vara e o CAP com uma fita métrica. Os valores de CAP de árvores com bifurcação abaixo ou igual a 1,30 m foram fundidos em apenas um CAP, utilizando a metodologia proposta por Scolforo e Melo (1997) (Equação 1). Os CAP's foram convertidos em diâmetro à altura do peito (DAP) e foi calculada a área seccional à altura do peito (g) para as plantas com diâmetro > 30 cm. A biomassa aérea dos indivíduos foi estimada mediante a utilização de equações desenvolvidas por Sampaio e Silva (2005). Para a biomassa dos indivíduos com DAP de até 30 cm utilizou-se a Equação 2 e, para a biomassa dos indivíduos com DAP maior que 30 cm, a Equação 3. A densidade da madeira das espécies com indivíduos com DAP > 30 cm foi obtida através da literatura (CARNEIRO et al., 2013; COSTA et al., 2014; OLIVEIRA, 2014; ALMEIDA et al., 2015).

$$CAP = \sqrt{CAP1^2 + CAP2^2 + \dots + CAPPn^2} \quad (1)$$

$$Biomassa (Kg) = 0.173 * DAP^{2.2950} \quad (2)$$

$$Biomassa (Kg) = 0.1648 * (g * h * d)^{0.9023} \quad (3)$$

Onde: g, área da seção transversal (cm²); h, altura total (m); d, densidade da madeira (g cm⁻³).

A coleta de solo e as medições das parcelas ocorreu entre os anos de 2014 a 2016.

Análise dos Dados

Para avaliar a significância da diferença nos atributos do solo e da biomassa entre as três áreas de estudo utilizou-se o teste de Kruskal-wallis (KW), com intervalo de confiança de confiança de 95%, uma vez que os dados foram não paramétricos pelo teste de Kolmogorov Smirnov. O teste de KW é um teste não paramétrico empregado na comparação de três ou mais amostras independentes. A aplicação do teste utiliza os dados transformados em postos sem considerar a amostra à qual os valores pertencem. Sendo a comparação dos grupos efetivada por meio da média dos postos (posto médio) (KRUSKAL e WALLIS, 1952).

Uma análise de componentes principais (ACP) foi utilizada como uma técnica de visualização do agrupamento das características analisadas nos quadrantes. Apenas componentes principais com autovalores maiores que 1 (um) foram apresentados,

pois, componentes com um autovalor menor que 1 (um) geram componentes com informações não relevantes (HAIR et al., 2009).

O efeito dos atributos do solo sobre o estoque de biomassa foi avaliado por meio do coeficiente de correlação de Spearman. O coeficiente é uma medida não paramétrica para avaliação do grau de associação linear ou correlação entre duas variáveis aleatórias ranqueadas (GAUTHIER, 2001).

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico R (R CORE TEAM, 2015) e o software Genes (CRUZ, 2013).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos do Solo

As estatísticas obtidas para os atributos do solo das três áreas de Caatinga estão apresentadas na Tabela 1. As propriedades do solo apresentaram diferenças estatísticas significativas (considerando o posto médio de Kruskal-Wallis - médias do posto não apresentadas) ($p < 0,00$). O solo da Caatinga Arbórea foi caracterizado como moderadamente ácido, com altos teores de fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco; teores médios de potássio e cobre; e baixos teores de alumínio. O solo da área de Caatinga Arbustiva foi caracterizado como fortemente ácido, com altos teores de cálcio, ferro, manganês e alumínio; teores médios de fósforo e zinco; e com baixas concentrações de potássio, magnésio e cobre. O solo da Caatinga Arbóreo-Arbustiva foi caracterizado como fortemente ácido, com baixa fertilidade natural e saturação por alumínio muito alta. Quanto à classe textural, no solo da CAr é franco-arenosa, na CArb é arenosa e na CAr-Arb é areia franca.

Atributos		CAr		CArb		CAr-Arb		p-valor
		μ	Dp	μ	Dp	μ	Dp	
pH	(H ₂ O)	5,88a	0,28	4,76b	0,15	4,41c	0,12	0,00
Fósforo	(mg dm ⁻³)	72,25a	64,65	7,55b	0,99	3,82c	0,33	0,00
Potássio		0,27a	0,11	0,13b	0,08	0,06b	0,05	0,00
Alumínio	(cmol _c dm ⁻³)	0,05b	0,12	0,26b	0,09	0,35a	0,11	0,00
Cálcio		9,11a	5,42	0,88b	0,35	0,03c	0,04	0,00
Magnésio		2,41a	1,55	0,17b	0,06	0,03c	0,02	0,00
Cobre		0,21a	0,21	0,00b	0,00	0,00b	0,00	0,00
Ferro	(mg dm ⁻³)	196,85a	161,03	46,07b	6,04	80,19a	9,50	0,00
Manganês		144,92a	25,00	17,51b	8,72	4,42c	1,36	0,00
Zinco		1,93a	0,71	0,61b	0,19	0,19c	0,06	0,00
Areia		538,49b	392,51	957,53a	5,05	883,63b	18,50	0,00
Argila	(g kg ⁻¹)	128,92a	90,45	36,81b	4,83	109,18 ^a	16,45	0,00
Silte		332,6a	330,02	5,66b	3,46	7,19b	4,20	0,00

Tabela 1- Estatísticas gerais das propriedades do solo em três fragmentos de Caatinga no município Bom Jesus, Piauí, Brasil.

μ - média; Dp - desvio padrão. O p-valor foi obtido por meio do Teste de Kruskal-Wallis.

Embora estejam relativamente próximas, foi verificado uma alta variabilidade nas propriedades físicas e químicas do solo entre as três áreas de estudo, evidenciando uma heterogeneidade espacial dos recursos, o que influencia diretamente a produtividade de uma área e indiretamente a diversidade e riqueza em espécies (BEGON et al., 2007; XU et al., 2008; MAESTRE et al., 2003).

O solo da CAR apresentou características adequadas para o desenvolvimento das plantas, com teores de Al^{3+} baixos, o que corrobora com valores altos de fósforo, cálcio e magnésio. De acordo com Raij et al. (1997), teores superiores a 16 mg dm^{-3} de P e 0,7 e 0,8 $cmolc\ dm^{-3}$ de Ca e Mg são considerados muito alto e altos, respectivamente. O potássio apresentou concentração média, segundo a classificação dos mesmos autores e, quanto aos micronutrientes, as concentrações de ferro, manganês e zinco foram altas e o cobre teve concentração média.

A CARb, área mais próxima da CAR, apresentou teores aquém de nutrientes, quando comparadas. A saturação por alumínio nessa área foi de 22%, sendo essa considerada alta e prejudicial de acordo com a classificação OsaKi (1991). O aumento na concentração de alumínio no solo dessa área resultou em um decréscimo nas bases trocáveis K e Mg. Segundo Raij et al. (1997), valores inferiores a 0,15 e 0,4 $cmolc\ dm^{-3}$ para o potássio e magnésio, são considerados baixos, respectivamente. Além disso, uma redução nos teores de fósforo foi verificada, bem como, nos teores de micronutrientes, com expressiva redução do cobre (com zero concentração).

A CAR-Arb apresentou baixa fertilidade natural, com concentrações baixa e muito baixa das bases trocáveis, além de baixos teores de cobre e zinco, assim como classificado por Raij et al. (1997). A saturação por alumínio nessa área foi de 291,67%, sendo essa considerada muito alta e altamente prejudicial de acordo com a classificação de OsaKi (1991). Esse aumento na saturação por alumínio culminou numa redução expressiva nos teores de fósforo no solo, isso porque o excesso de alumínio no solo faz o fósforo precipitar na forma de fosfatos de alumínio, que, por serem insolúveis no solo e nos tecidos da raiz, geram déficit de fósforo na planta (SUTCLIFF e BAKER, 1989).

O pH em água indica que os solos das áreas de estudo apresentam acidez classificada como moderada na CAR e fortemente ácido na CARb e CAR-Arb (EMBRAPA, 2006). O pH exerce influência em boa parte dos demais atributos químicos do solo. Quando o pH do solo se encontra abaixo de 5,0, ocorre um acréscimo nas concentrações de alumínio em sua forma trivalente (Al^{3+}) na solução do solo (DELHAIZE e RYAN, 1995), conseqüentemente, o aumento na concentração de Al, provoca um decréscimo na disponibilidade de bases trocáveis (Mg, Ca e K), sendo essas, essenciais para as plantas.

O solo das áreas de Caatinga arbustiva e Caatinga Arbóreo-Arbustiva apresentaram textura mais grosseira, de acordo com a classificação das classes de textura do Sistema Americano ou o triângulo americano. Tal característica implica diretamente na disponibilidade de água no solo. Solos com textura mais fina retêm uma maior quantidade de água (MAESTRE et al., 2003; HE et al., 2004; XU et al., 2008). Solos que retêm maior umidade possibilitam um aumento na riqueza de espécie e, por conseguinte um acréscimo nos estoques de biomassa, assim como relatado por Mathur e Sundaramoorthy (2015).

A relação silte/argila indica que o solo dessas duas áreas (Caatinga arbustiva e Caatinga Arbóreo-Arbustiva) são muito intemperizados. Wanbeke (1962) propôs utilizar a relação silte/argila como o índice do grau de intemperismo. Segundo o mesmo autor, quando a relação silte/argila for menor que 0,15 o solo é muito intemperizado. Solos assim contribuem para uma forte lixiviação e baixa fertilidade química (CAMPOS, 2014), o que dificulta a coexistência de algumas espécies (MATHUR e SUNDARAMOORTHY, 2015).

Estoque de Biomassa

Foi verificada diferença significativa no estoque de biomassa entre as áreas estudadas (considerando o posto médio de Kruskal-Wallis - médias do posto não apresentadas) ($p < 0,00$). A biomassa aérea média variou de $15,44 \pm 9,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ na CArb a $121,92 \pm 84,41 \text{ Mg ha}^{-1}$ na CAr (Figura 2). A CArb e CAr-Arb foram caracterizadas com baixo estoque de biomassa. Possivelmente os menores estoques de biomassa nessas áreas estão associados aos baixos teores de nutrientes e baixa umidade do solo, uma vez que, esses atributos sofrem influência dos teores de areia no solo (característica marcante dessas áreas). Teores altos de areia contribuem com um aumento na lixiviação de nutrientes da superfície do solo e redução na umidade do solo, que afeta muitos outros processos biológicos e químicos, causando assim, impacto na vegetação (NDAGURWA et al., 2018).

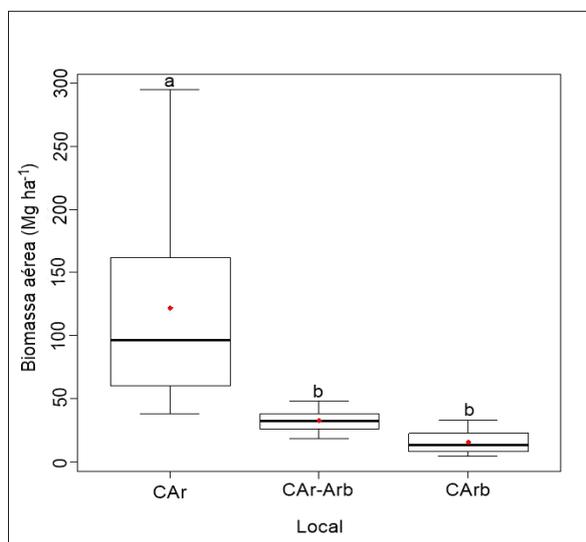


Figura 2 – Biomassa aérea em três fragmentos de Caatinga no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Assim como os atributos do solo, os estoques de biomassa aérea variaram muito no espaço (entre as áreas), apesar de relativamente próximas. A CArb e CAr-Arb apresentaram estoque de biomassa inferior à média para o bioma Caatinga (40 Mg ha^{-1} , de acordo com SAMPAIO e SILVA, 2012), enquanto que a CAr foi três vezes maior que média. Segundo os mesmos autores, os estoques de biomassa aérea desse bioma variam de menos 10 Mg ha^{-1} a 160 Mg ha^{-1} , com valores mais frequentes na faixa de 40 a 60 Mg ha^{-1} . Notadamente, regiões semiáridas apresentam menor produtividade primária líquida em função das constantes secas (JHA e SRIVASTAVA, 2018). Nesse sentido, se for comparada a Caatinga com regiões mais chuvosas, evidentemente se observará menor produtividade na Caatinga. Já entre áreas de Caatinga contíguas, que, aparentemente recebem a mesma intensidade de chuvas, outros dois fatores podem estar ligados à explicação: o tipo de solo e a umidade do mesmo (ou o acesso à água pelas raízes em profundidade).

Agrupamentos dos Quadrantes: Biomassa e Atributos Do Solo

A proporção acumulada nos componentes principais CP1 e CP2 foi de 94,65%. A CP1 e CP2 apresentaram respectivamente 80,77% e 13,88% da variância total dos dados (Figura 3) e autovalores superiores a um (Tabela 2). Os demais autovalores associados aos demais componentes principais foram menores que um. Portanto, somente os dois CPs (CP1 e CP2) serão apresentados. Analisando o conjunto de autovetores e cargas fatoriais associadas, os atributos que mais discriminam e mais se correlacionam a cada componente principal são: Mn, silte, Ca, Mg e areia, respectivamente, para CP1, e, argila, Fe, Al, Cu e biomassa, para a CP2 (Tabela 2).

Analisando a relação dos quadrantes em cada componente, por meio de seus escores, é possível observar uma maior contribuição dos quadrantes da CAr nas CPs (Tabela 2). Na Figura 3 é possível visualizar os atributos que estão relacionados a cada área e quadrante. Os solos da CAr-Arb e CArb são caracterizados pela presença marcante de altas concentrações de alumínio, areia e baixa fertilidade natural. O contrário é observado nos quadrantes da CAr. Os maiores estoques de biomassa estão em Q2 e Q3. Na Figura 3 é possível observar que os maiores estoques de biomassa se concentram nos locais onde há maior concentração dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas: K, Ca, Mg e P, bem como, maiores teores nas frações finas do solo (silte e argila). Além disso, é possível observar uma homogeneidade dos atributos do solo dentro de cada área, evidenciando que a amostragem do solo foi representativa e suficiente.

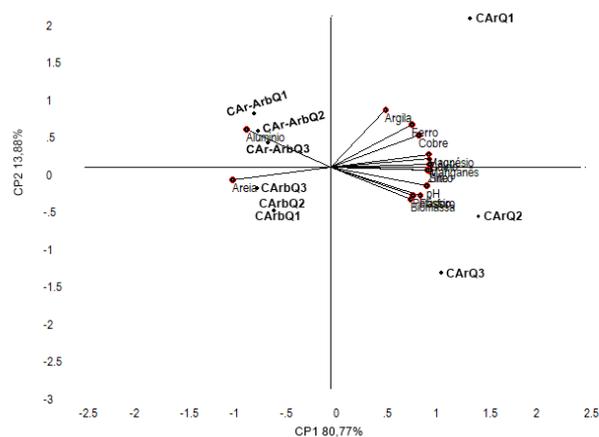


Figura 3 - Biplot baseado na Análise de Componentes Principais (primeiros dois eixos explicando 94,65% da variação total), ilustrando as relações entre as propriedades físicas e químicas do solo e a biomassa aérea em áreas de Caatinga: CAr (Caatinga Arbórea), CArb (Caatinga Arbustiva) e CAr-Arb (Caatinga Arbóreo-Arbustiva) em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

A análise de componentes principais permitiu uma melhor visualização do agrupamento dos quadrantes. Uma das vantagens de se considerar esse tipo de análise em estudos ambientais é que a mesma leva em consideração possíveis ligações entre as variáveis independentes, levando em conta os links existentes entre variáveis do mesmo grupo e entre dois grupos de variáveis (XU et al., 2008). Fato esse não observado em uma análise de correlação simples, uma vez que essa pode levar a redundâncias, dificultando a determinação do efeito exato de cada fator nas características da vegetação.

Minsheng et al. (2005) usou análise de componentes principais para avaliar a relação da biomassa terrestre de diferentes arbustos com os fatores ambientais, umidade do solo, nutrientes do solo e atributos topográficos em ambientes semiáridos da China. A análise de componentes principais mostrou que o pH do solo, P disponível, N total, matéria orgânica do solo e o declive tiveram efeitos na biomassa terrestre de arbustos no primeiro componente principal. O segundo componente principal incluiu principalmente umidade e altitude do solo. O terceiro e quarto componente principal consistiam principalmente de potássio disponível e gradiente de inclinação, respectivamente.

Relação Biomassa e Atributos do Solo

Os coeficientes de correlação entre a variável dependente (biomassa) e as variáveis independentes (atributos do solo) estão apresentados na Tabela 2. Os coeficientes variaram de 0,37 a 0,87. As maiores correlações foram encontradas entre as variáveis independentes ferro (0,87), areia (-0,83), silte (0,77) e cobre (0,76) com a biomassa. Os coeficientes de correlação para essas variáveis foram significativos a 5% de probabilidade. A relação entre a biomassa e as demais variáveis independentes não foi significativa ($p > 0,05$). Os resultados da correlação confirmam os resultados obtidos na ACP.

A ACP e a análise de correlação apontam que os aumentos nos estoques de biomassa foram acompanhados por aumentos nos teores de ferro e cobre (Relação linear positiva). Embora existam relatos de efeitos tóxicos do ferro em algumas espécies (KUKI et al., 2009), o mesmo foi encontrado em grandes quantidades por Téo et al. (2009) na biomassa de vários compartimentos de *Mimosa scabrella* (bracatinga), no sul do Brasil. Esses autores relataram que para o conteúdo total de micronutrientes na biomassa aérea de bracatinga, a seguinte ordem foi verificada $Fe > Mn > Cu > Zn$. Evidenciando assim que esses micronutrientes podem ser requeridos em grandes quantidades, de acordo com a espécie. Dessa forma, as espécies que mais se adequam a determinadas condições e recursos do meio acabam apresentando maior dominância na área. Se tais espécies têm, por característica intrínseca, ser mais produtivas, isso será refletido na produtividade da área.

Outro fator determinante na distribuição espacial de biomassa, foi a textura do solo. Essa foi fortemente correlacionada com os estoques de biomassa, apresentando relação negativa com os teores de areia e positiva com as frações de silte e argila (não significativo). Angassa et al. (2012), estudando o efeito de atributos do solo nos estoques de biomassa em terras áridas e semiáridas do sul da Etiópia, relataram também um aumento da biomassa de gramíneas sob altos teores de silte e argila no solo. Isso indica que os estoques de biomassa em regiões semiáridas podem ser explicados, em parte, pelos atributos do solo que controlam o conteúdo de água retido no mesmo.

Portanto, os resultados desse estudo poderão subsidiar práticas de restauração em áreas semiáridas, já que a restauração e o manejo de um ecossistema devem considerar a vegetação e o solo, uma vez que a coevolução da vegetação e do solo pode levar a uma forte resiliência do ecossistema, formando um círculo de feedback, que poderia levar o ecossistema atual a um nível mais alto de sucessão (XU et al., 2008). De forma que, por um lado, a vegetação pode melhorar e proteger a qualidade do solo. E, por outro lado, o solo melhorado poderiam facilitar o recrutamento de plantas.

4 | CONCLUSÃO

A análise de componentes principais e de correlação evidenciam que a distribuição de biomassa nas áreas de estudos foi principalmente influenciada pelos elevados teores de ferro, silte e cobre e reduzidos teores de areia. Corroborando, em parte, com a hipótese levantada na pesquisa, de que os estoques de biomassa aérea em regiões semiáridas são espacialmente dependentes de propriedades físicas e químicas do solo.

	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Argila	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	pH (H ₂ O)	Fósforo mg dm ⁻³	Potássio	Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio	Alumínio	Cobre	Ferro	Manganês (mg dm ⁻³)	Zinco
CP1 (Aut. λj = 11,31)	0,238	0,164	-0,290	0,296	0,286	0,267	0,244	0,294	0,291	-0,249	0,264	0,242	0,296	0,289
CP2 (Aut. λj = 1,94)	-0,307	0,546	-0,120	-0,030	-0,179	-0,271	-0,271	0,077	0,122	0,360	0,307	0,410	0,023	-0,031
Conjunto de cargas totais associadas dos descritores														
CP1	0,800	0,551	-0,975	0,995	0,961	0,897	0,822	0,988	0,980	-0,838	0,887	0,814	0,995	0,973
CP2	-0,427	0,761	-0,168	-0,041	-0,250	-0,377	-0,377	0,108	0,170	0,501	0,428	0,571	0,032	-0,040
Escores em relação aos componentes principais														
			CArQ1	CArQ2	CArQ3	CArbQ1	CArbQ2	CArbQ3	CAr-Ar- bQ1	CAr-Ar- bQ2	CAr-Ar- bQ3			
CP1			7,992	8,271	7,014	1,406	1,421	0,833	0,739	0,881	1,219			
CP2			2,401	-1,294	-2,339	-1,188	-1,177	-0,765	0,627	0,309	0,083			

Tabela 2 – Componentes principais, CP1 e CP2: autovalores (Aut. λj), conjunto de autovetores, cargas totais e escores dos grupos de variáveis (atributos do solo e biomassa aérea) em três áreas de Caatinga: CAr (Caatinga Arbórea), CArb (Caatinga Arbustiva) e CAr-Arb (Caatinga Arbóreo-Arbustiva) em Bom Jesus, Piauí, Brasil.

Negrito, variáveis que mais discriminam (autovetores) e/ou se correlacionam (conjunto de cargas totais) com cada componente.

	Argila	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	pH (H ₂ O)	Fósforo (mg dm ⁻³)	Potássio	Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	Magnésio	Alumínio	Cobre	Ferro	Manganês (mg dm ⁻³)	Zinco
Biomassa	0,62 ^{ns}	-0,83 ^{**}	0,77 [*]	0,48 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,76 [*]	0,87 ^{**}	0,37 ^{ns}	0,43 ^{ns}

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Spearman entre os atributos do solo e a biomassa aérea (Mg ha⁻¹) em quadrantes de três fragmentos de Caatinga no município de Bom Jesus, Piauí, Brasil (n = 9).

** p-valor < 0,01; * p-valor < 0,05; ^{ns} p-valor > 0,05

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. C.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; NETO, P. N. D. M. M.; PIMENTA, A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANGASSA, A.; SHELEME, B.; OBA, G.; TREYDTE, A. C.; LINSTÄDTER, A.; SAUERBORN, J. Savanna land use and its effect on soil characteristics in southern Ethiopia. **Journal of Arid Environments**, v. 81, p. 67-76, 2012.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. 4^a ed, Porto Alegre: Artmed, 2007.

BELTRÃO, M. G. **Biomassa aérea no semiárido da Paraíba, Brasil**. 2014. 85 f. Dissertação (mestrado em ecologia e conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campina Grande – PB, 2014.

CAMPOS, A. R. **Classificação pedológica de perfis de solo em transecto na bacia hidrográfica**

do Rio Gurguéia. 2014. 72 f. Dissertação (mestrado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, 2014.

CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; PIMENTA, A. S, PINTO, E. M.; ALVES, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da Região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p.1153-1163, 2013.

COSTA, T. G; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; JÚNIOR PEREIRA, A. Qualidade da Madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 37-45, 2014.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

DELHAIZE, E.; RYAN P.R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, Minneapolis, v.107, p.315-321, 1995.

EISFELDER, C.; KLEIN, I.; BEKKULIYEVA, A.; KUENZER, C.; BUCHROITHNER, M. F.; DECH, S. Above-ground biomass estimation based on NPP time-series – A novel approach for biomass estimation in semi-arid Kazakhstan. **Ecological Indicators**, v. 72, p. 13-22, 2017.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2ª ed, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos.** 2º ed. RJ, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

GAUTHEIR, T. D. Detecting Trends Using Spearman´s Rank Correlation Coefficient. **Environmental Forensics**, v. 2, n. 4, p. 359-362, 2001.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** 6ª Ed, Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HE, QIHUA.; HE, Y. H.; BAO, W. K. Dynamics of soil water contents on south-facing slope of dry valley area in the upper reaches of the Minjiang River. **Chinese Journal of Applied and Environmental Biology**, v. 10, n. 1, p. 68-74, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação.** Brasília, 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **BDMEP: Dados históricos.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 de agosto de 2017.

JHA, SHOUVIK.; SRIVASTAVA, ROHIT. Impact of drought on vegetation carbon storage in arid and semi-arid regions. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 11, p. 22-29, 2018.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

KUKI, K. N.; OLIVA, M. A.; COSTA, A. C. The simulated effects of iron dust and acidity during the early stages of establishment of two coastal plant species. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 196, n. 1-4, p. 287-295, 2009.

LE TOAN, T.; QUEGAN, S.; DAVIDSON, M. W. J.; BALZTER, H.; PAILLOU, P.; PAPATHANASSIOU, K.; ULANDER, L. The BIOMASS mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2850-2860, 2011.

- MAESTRE, F. T.; CORTINA, J. Small-scale spatial variation in soil CO₂ efflux in a Mediterranean semiarid steppe. **Applied Soil Ecology**, v. 23, n. 3, p. 199-209, 2003.
- MATHUR, MANISH.; SUNDARAMOORTHY, S. Patterns of herbaceous species richness and productivity along gradients of soil moisture and nutrients in the Indian Thar Desert. **Journal of Arid Environments**, v. 125, p. 80-87, 2016.
- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. Seminário Emissão X Sequestro de CO₂ – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, Rio De Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CURD, 1994, p. 197221.
- MINSHENG, Y.; WENBIN, G.; ZHANXIONG, B.; KEMING, M.; GUOHUA, L.; XILIN, W. Ecological gradient of plant community in the dry valley of Minjiang River. (Em chinês com resumo em inglês). **Science of Soil and Water Conservation**, v. 3, n. 2, p. 70-75, 2005.
- NDAGURWA, H. G.; MAPONGA, T. S.; DUBE, B.; NZUMA, T. M.; MUVENGWI, J. Termitaria vs. mistletoe: Effects on soil properties and plant structure in a semi-arid savanna. **Acta Oecologica**, v. 91, p. 35-42, 2018.
- OLDEMAN, L. R.; HAKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. **World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note**. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre, and Nairobi: United Nations Environment Programme, 1991.
- OLIVEIRA, G. M. V. **Densidade da madeira em Minas Gerais: amostragem, espacialização e relação com variáveis ambientais**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, G. C. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 935-943, 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; COSTA, T. L. Estoques e Fluxos de Carbono no Semiárido Nordeste: Estimativas Preliminares. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1275-1291, 2012.
- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J.M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.
- SESSA, R.; DOLMAN, H. **Terrestrial Essential Climate Variables for Climate Change Assessment, Mitigation and Adaptation**. Rome: FAO GTOS-52, 2008, 40 p.
- SILVA, F. C.; BARRETO, W. D. O.; Pérez, D. V.; Silva, C. A. Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 1998.
- SUTCLIFFE, J. F.; BAKER, D. A. **As plantas e os sais minerais**. [tradução A. Lambert e V. M. Lotto]. São Paulo: EPU. (Temas de Biologia, v. 33), 1989.
- TÉO, S. J.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; REISSMANN, C. B. Modelagem de Micronutrientes para *Mimosa scabrella* na Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná.

Pesquisa Florestal Brasileira, n. 59, p. 15-25, 2009.

WAMBEKE, A. V. Criteria for classifying tropical soils by age. **Journal of soil Science**, v. 13, n. 1, p. 124-132, 1962.

XU, X. L.; MA, K. M.; FU, B. J.; SONG, C. J.; LIU, W. Relationships between vegetation and soil and topography in a dry warm river valley, SW China. **Catena**, v. 75, n. 2, p. 138-145, 2008.

SOBRE O ORGANIZADOR

ANDRÉ LUIZ OLIVEIRA DE FRANCISCO Atualmente é Analista de Pesquisa do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) na Área de Solo (ASO) do Polo Regional de Pesquisa de Ponta Grossa e Professor do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Mestre em Energia Nuclear na Agricultura na área de concentração de Biologia e Meio Ambiente pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP) e Doutorando em Agronomia área de concentração de Uso e Manejo do Solo na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Trabalha com os temas: Qualidade de Sistemas de Produção Agrícola e Ambientais, Microbiologia do Solo, Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-044-5

