



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E
NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM
GOIÁS**

LUANNA ELIS GUIMARÃES

Orientador
Prof. Dr. Fábio Venturoli

Coorientadora
Dra. Iris Roitman

Goiânia, GO - Brasil

Novembro – 2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

[] Dissertação [x] Tese

2. Nome completo do autor

Luanna Elis Guimarães

3. Título do trabalho

BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM GOIÁS

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.

Termo de Ciência e de Autorização (TECA) EA 1717315 SEI 23070.051741/2020-82 / pg. 1



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Venturoli, Professor do Magistério Superior**, em 21/01/2021, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUANNA ELIS GUIMARÃES, Discente**, em 25/01/2021, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1717315** e o código CRC **7EBA0456**.

LUANNA ELIS GUIMARÃES

**BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E
NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E
SAVÂNICA EM GOIÁS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia. Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador:

Prof. Dr. Fábio Venturoli

Coorientadora:

Dra. Iris Roitman

Goiânia, GO – Brasil

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Guimarães, Luanna Elis
BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E
NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM
GOIÁS [manuscrito] / Luanna Elis Guimarães. - 2020.
CXV, 115 f.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Venturoli; co-orientadora Dra. Iris
Roitman.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2020.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. savana brasileira. 2. mudanças climáticas. 3. fitomassa. 4.
carbono. 5. cienciometria. I. Venturoli, Fábio , orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº 215/2020 da sessão de Defesa de Tese de **Luanna Eli Guimarães** que confere o título de Doutora em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal.

Aos vinte e cinco dias do mês de novembro do ano de dois mil e vinte, a partir das nove horas, por videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNCA EM GOIÁS". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador e Presidente da Banca Examinadora, **Prof. Fábio Venturoli** (EA/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Prof. Iris Reisman** (UnB), Coorientadora; **Prof. Roberto Velloso de Freitas** (UFAM), membro titular externo; **Profa. Sabrina do Couto de Miranda** (UEG), membro titular externo; **Dra. Julia Zanin Shimbo** (IPAM), membro titular externo; **Prof. Tamiel Khan Balocchi Jacobson** (UnB), membro titular externo. Durante a arguição, os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata **APROVADA** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora, **Prof. Fábio Venturoli**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e cinco dias do mês de novembro do ano de dois mil e vinte.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Julia Zanin Shimbo**, Usuário Externo, em 26/01/2021, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **SABRINA DO COUTO DE MIRANDA**, Usuário Externo, em 29/01/2021, às 19:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Iris Reisman**, Usuário Externo, em 01/02/2021, às 10:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Velloso de Freitas**, Usuário Externo, em 01/02/2021, às 21:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Venturoli**, Professor do Magistério Superior, em 04/02/2021, às 14:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://su1.ufg.br/portal/externo/cob23apagapostamento_confirmita/organizacao_externos/ informando o código verificador **1834225** e o código CRC **646E6001**.

Referência: Processo nº 23070.051741.2020-82

SEI nº 1834225

DEDICO

À minha mãe Lúcia Maria da Silva Guimarães,
ao meu pai “*in memoriam*” Mário Roberto Guimarães
e aos meus irmãos Flavinha e Dudu.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A Deus pela honra da vida, e, principalmente por toda experiência de vida que me proporcionou nesse período de doutoramento;

A minha família, pela referência em tudo que fiz na vida, sempre me apoiando e incentivando, com exemplos de esforço e dedicação, em especial a minha mãe *Lúcia Maria da Silva Guimarães* que nunca poupou esforços para que eu pudesse me dedicar aos estudos;

Ao meu companheiro Emmanuel Gonçalves que foi meu “coach”, “psicólogo”, ombro pra chorar e pra incentivar;

À empresa Votorantim Metais do grupo CBA Alumínio por ceder área particular (Reserva Particular de Desenvolvimento Sustentável - Legado Verdes do Cerrado, Niquelândia, Goiás) em sua propriedade para realização da pesquisa, além do apoio logístico nas idas à campo, em especial ao colaborador “Carlão” que com muita paciência e alegria nata nos auxiliou;

Ao Serviço Florestal Brasileiro (SFB) em nome do professor Dr. Joberto Veloso Freitas pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho e apoio na busca dos financiadores do projeto;

Ao Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e Global Environmental Facility (GEF) pelo financiamento do projeto de pesquisa ao qual esta tese está vinculada (GCP/BRA/079/GFF);

À Universidade Federal de Goiás – UFG e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela boa qualidade de ensino e a oportunidade de me aperfeiçoar;

Ao Programa Saudavelmente vinculado a Pró-reitoria de assuntos estudantis – UFG, que me deu todo o apoio psiquiátrico e psicológico durante certo período do doutoramento. Agradeço imensamente às profissionais Dra. Luiza Ninon de S. Melo e a Psicóloga Viviane Ferro da Silva, que não mediram esforços e nem mesmo me omitiram atendimento em horários esdrúxulos, só posso ter gratidão nessa jornada por todo comprometimento tão humanizado de vocês;

À minha coorientadora Dra. Iris Roitman que com muita dedicação me auxiliou no decorrer desse tempo a superar minhas dificuldades e vencer os obstáculos, inclusive nas muitas horas de ligação no *Skype*, por me acalmar, sempre me incentivando, e claro, pela amizade consolidada. E ao meu orientador professor Dr. Fábio Venturoli pelas oportunidades de crescimento profissional e a confiança;

Aos colegas Gabriel Mendes Santana e Indiara Nunes Mesquita Ferreira pela dedicação integral aos campos em Niquelândia, pela paciência, pela amizade e pelas conversas agradáveis. Ainda, agradeço aos demais colegas que puderam ir até Niquelândia e doaram um pouco de seu tempo e esforço: Fernanda Gomes, Karol Siqueira, Jovan Martins, Carolinne Fonseca, Camilla Brito, Adenaide Oliveira, Renan Krupok, Matheus e Thiago Ferreira;

Ao técnico do Laboratório de Alometria e inventário florestal da UFG, Guilherme Murilo de Oliveira, pela ajuda sem medida na realização das atividades de laboratório e pela amizade. E claro, a todos os colegas e professores membros do Grupo PROFLORESTA - UFG que em espírito de equipe trabalhamos no decorrer de quase 9 anos de forma harmoniosa e promissora. Agradeço imensamente a todos pelos trabalhos desenvolvidos, que direta ou indiretamente me auxiliaram na execução dessa pesquisa, principalmente, compartilhando os anseios da conservação do Cerrado.

Gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	13
INTRODUÇÃO GERAL	14
CAPÍTULO 1 - REVISÃO SISTEMÁTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE BIOMASSA EM FITOFISIONOMIAS DO CERRADO, BRASIL	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1. DEFINIÇÃO DAS PALAVRAS-CHAVE	23
2.2. FONTES DE BUSCA E INDEXADORES	23
2.3. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	24
2.4. SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS	24
2.5. TIPOLOGIAS DE VEGETAÇÃO DO CERRADO	25
2.6. ANÁLISE DOS DADOS DE BIOMASSA	25
3. RESULTADOS	27
3.1. CIENTOMETRIA	27
3.2. EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS	32
3.3. BIOMASSA E CARBONO ACIMA DO SOLO	36
3.4. BIOMASSA DOS ESTRATOS DE VEGETAÇÃO RASTEIRA E NECROMASSAS	37
4. DISCUSSÃO.....	40
4.1. CIENTOMETRIA	40
4.2. EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS	41
4.3. BIOMASSA E CARBONO ARBÓREO	42
4.4. BIOMASSA E CARBONO NOS COMPONENTES	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
CAPÍTULO 2 - BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM NIQUELÂNDIA, GOIÁS	48
6. INTRODUÇÃO.....	51
7. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
7.1. ÁREA DE ESTUDO.....	53
7.2. AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO.....	55
7.3. AMOSTRAGEM DE BIOMASSA DOS COMPONENTES: VEGETAÇÃO RASTEIRA, REGENERAÇÃO NATURAL, HERBÁCEAS, NECROMASSA LENHOSA E SERAPILHEIRA.....	57
7.4. DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA SECA EM LABORATÓRIO	60
7.5. ESTIMATIVA DE BIOMASSA ARBÓREA	61
7.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	62
7.7. FATOR DE EXPANSÃO DA BIOMASSA (FEB)	62
7.8. CARBONO NA ÁREA DO LEGADO VERDES DO CERRADO (LVC) ...	62
8. RESULTADOS	64
8.1. ANÁLISE DA ESTRUTURA ARBÓREA	64
8.2. BIOMASSA ARBÓREA	65

8.1.	BIOMASSA DOS COMPARTIMENTOS DOS ESTRATOS DE SUB-BOSQUE, HERBÁCEO-ARBUSTIVO E DE NECROMASSAS	67
8.2.	FATOR DE EXPANSÃO DA BIOMASSA (FEB)	69
8.1.	CARBONO ACIMA DO SOLO DA RESERVA VOTORANTIM LEGADO VERDES DO CERRADO	69
9.	DISCUSSÃO	71
9.1.	COMPARAÇÃO COM OUTROS ESTUDOS DE BIOMASSA NO BIOMA CERRADO	71
9.1.1.	BIOMASSA EM SAVANAS ARBORIZADAS (SA)	71
9.1.2.	BIOMASSA NAS SAVANAS FLORESTADAS (SD)	73
9.1.3.	BIOMASSA NA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ALUVIAL (FA)	74
9.1.4.	BIOMASSA NA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL MONTANA (CM)	75
9.2.	ECOLOGIA E VARIAÇÃO DE BIOMASSA DAS FITOFISIONOMIAS DE CERRADO	75
9.3.	BIOMASSA E IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DO CERRADO	76
9.4.	FATOR DE EXPANSÃO DE BIOMASSA (FEB) NO CERRADO	77
10.	CONCLUSÕES	80
11.	REFERÊNCIAS	81
12.	APÊNDICES	92

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fluxograma do processo de seleção das publicações que foram de interesse para a revisão sistemática da literatura do tema “Biomassa e Carbono no Cerrado”. Legenda: n= número de publicações encontradas; pt = trabalhos em língua portuguesa; en = trabalhos em língua inglesa.....27
- Figura 2.** Distribuição geográfica das localidades onde ocorreram estudos sobre biomassa acima do solo no Bioma Cerrado. Os tamanhos dos círculos vermelhos representam, de forma qualitativa, as magnitudes relativas à quantidade de estudos realizados em cada estado.....28
- Figura 3.** Quantidade de localidades amostradas por estado brasileiro de biomassa e/ou carbono no Cerrado entre as publicações selecionadas no presente estudo.29
- Figura 4.** Quantidade de publicações por ano com a temática biomassa no Cerrado.30
- Figura 5.** Periódicos e universidades que publicaram estudos com a temática biomassa no Cerrado.30
- Figura 6.** Quantidade de estudos sobre biomassa no Cerrado por tipo de documento.32
- Figura 7.** Valores referentes às biomassas médias aérea (componentes) e arbórea encontradas nos estudos por fitofisionomia.36
- Figura 8.** Boxplot dos dados de biomassa arbórea referente aos estudos encontrados. Sa = savana arborizada; Sg/Sp = savana gramíneo-lenhosa/ savana parque; Sd = savana florestada; F = floresta estacional semidecidual; C = floresta estacional decidual.38
- Figura 9.** Mapa da área e dos sítios amostrados na Fazenda Engenho – Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado, município de Niquelândia, Goiás, Brasil. Fonte: (Rios *et al.*, 2019)53
- Figura 11.** Localização das cinco parcelas distribuídas ao longo de um transecto, formando um sítio na fitofisionomia de floresta estacional decidual montana, na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado, município de Niquelândia, Goiás, Brasil. Fonte da imagem *Google Earth*.56
- Figura 12.** Gráficos de dispersão referentes às regressões e aos seus respectivos erros para estimar as alturas. A - Floresta estacional semidecidual aluvial (Fa); B - Floresta estacional decidual montana (Cm).57
- Figura 13.** Subparcelas alocadas na parcela de 100m² para a coleta de biomassa nos compartimentos: herbáceas, regeneração natural, vegetação rasteira, necromassa e serapilheira. **A** - Croqui com os tamanhos da parcela e das subparcelas; **B** – Subparcela em campo de 01 x 01 metros.....58
- Figura 14.** Amostras dos compartimentos de sub-bosque sendo pesadas em campo. **A** - Balança de precisão utilizada da marca Bel Engineering. **B** - Pesagem de grande volume de biomassa utilizando o dinamômetro modelo PR5-CL marca Precision.58
- Figura 15.** Subparcelas para amostragem da biomassa vegetal dos componentes. **A** - Vegetação de regeneração natural sendo processada para a pesagem do peso fresco. **B** – Amostragem da vegetação rasteira (1 x 1 m). **C** – Necromassa lenhosa (1 x 1 m). **D** - Coleta

de serapilheira a ser pesada *in loco*. **E** - Gabarito (0,4 x 0,6 m) da subparcela para as herbáceas.60

Figura 16. Estufa de circulação e renovação de ar com as amostras dos componentes do estrato herbáceo-arbustivo e necromassa coletados para avaliação de biomassa seca.61

Figura 10. Histograma de frequência de altura (h) em metros da vegetação estudada na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás. **A** - Classes de alturas na savana arborizada (Sa); **B** - Classes de alturas na savana florestada (Sd); **C** - Classes de alturas na floresta estacional decidual montana (Cm); **D** - Classes de alturas na floresta estacional semidecidual aluvial (Fa).64

Figura 17. Biomassa (Mg) e do número total de árvores por classe diamétrica em cada fitofisionomia (tamanho da área amostrada por fitofisionomia = 0,2 ha). **A** = Savana arborizada; **B** = Savana florestada; **C** = Floresta estacional semidecidual aluvial; **D** = Floresta estacional decidual montana.67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Correspondência entre a classificação das fitofisionomias de Cerrado oficial brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a classificação regional de Ribeiro & Walter.....	25
Tabela 2. Distribuição das publicações analisadas de cada fitofisionomia e por região do estudo.	28
Tabela 3. Distribuição das publicações analisadas por fitofisionomia, base de dados, tipos de documentos e ano de publicação.....	31
Tabela 4. Equações alométricas encontradas nos estudos com a finalidade de estimar biomassa no Cerrado.....	33
Tabela 5. Densidade de carbono (Mg ha^{-1}) da vegetação acima do solo, número de publicações encontradas e tipo de obtenção do carbono dos estudos em cada fitofisionomia de Cerrado.	36
Tabela 6. Densidade de biomassa (Mg ha^{-1}) dos compartimentos (regeneração natural, herbáceas, vegetação rasteira, serapilheira e necromassa lenhosa) encontrados nos estudos no Bioma Cerrado.....	37
Tabela 7. Biomassa média (Mg ha^{-1}), mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação (%) das arbórea acima do solo e de outros compartimentos (regeneração natural, herbáceas, vegetação rasteira, serapilheira e necromassa lenhosa) encontrados nos estudos no Bioma Cerrado.....	38
Tabela 8. Equações alométricas para estimar a biomassa arbórea acima do solo utilizadas para as fitofisionomias amostradas no presente estudo.....	61
Tabela 9. Densidade (ind./ha), área basal (m^2/ha), carbono e biomassa arbórea acima do solo (Mg ha^{-1}) nas quatro fitofisionomias amostradas no presente estudo.....	65
Tabela 10. Estoque de biomassa e carbono (Mg ha^{-1} e $\pm\text{IC}$) dos componentes de serapilheira, necromassa lenhosa, regeneração natural, vegetação rasteira e herbáceas nas fitofisionomias de Cerrado na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.	68
Tabela 11. Fatores de expansão de biomassa, em percentagem, para diferentes compartimentos de necromassa e do estrato herbáceo-arbustivo e seus respectivos intervalos de confiança para as quatro fitofisionomias amostradas na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.....	69
Tabela 12. Biomassa e carbono acima do solo em diferentes compartimentos da vegetação em quatro fitofisionomias e em áreas de pastagem e agricultura na Reserva Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.....	70

LISTA DE SIGLAS

°C – graus celsius

AP – Amapá

BUR (Biennial Update Reports) – Relatório Bienal de Atualização

C - Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia)

Cm - Floresta Montana (4° latitude Norte a 16° latitude Sul, de 600 m até em torno de 2 000 m; de 16° latitude Sul a 24° latitude Sul, de 500 m até em torno de 1 500 m; de 24° latitude Sul a 32° latitude Sul, de 400 até 1000 m de altitude)

CN – Comunicação Nacional

CO₂ – dióxido de carbono

COP (Conference of the Parties) – Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

DF – Distrito Federal

ENREDD+ – Estratégia Nacional para REDD+

F - Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia)

Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (ao longo dos flúvios)

FAO - (Food and Agriculture Organisation) – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FEB – Fator de Expansão de Biomassa

FRA - Avaliação Global dos Recursos Florestais (Global Forest Resources Assessment)

FREL – Nível de Referência de Emissões Florestais

GEE – Gases de Efeito Estufa

GO – Goiás

Ha - hectare

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - (Intergovernmental Panel on Climate Change) – Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima

Kw - Kruskal-Wallis (teste estatístico)

LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) – Uso da terra, mudança do uso da terra e florestas

MA - Maranhão

MG – Minas Gerais

Mg - megagramas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Mato Grosso do Sul

MT – Mato Grosso

ONU – Organização das Nações Unidas

PA – Pará

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

PPCerrado – Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado

PR – Paraná

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

REDD+ - (Reduction of Emission from Degradation and Deforestation, Conservation of forest carbon stocks, Sustainable management of forests, Enhancement of forest carbon stocks) – Redução de Emissões de Degradação e Desmatamento, Conservação dos estoques de carbono florestal, Manejo sustentável de florestas e Aumento dos Estoques de Carbono florestal

RR – Roraima

S - Savana (Cerrado)

Sa – savana arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso)

Saf – savana com floresta-de-galeria

Sas – savana sem floresta-de-galeria

Sd – savana florestada (Cerradão)

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

Sg – savana gramíneo-lenhosa (Campo-Limpo-de-Cerrado)

Sp – savana parque (Campo-Sujo-de-Cerrado, Cerrado-de-Pantanal, Campo-de-Murundus ou Covoal, Campo-Rupestre)

SP – São Paulo

TO – Tocantins

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (em inglês, United Nations Framework Convention on Climate Change)

RESUMO

GUIMARÃES, L. E. **Biomassa da vegetação arbórea, rasteira e necromassa em formações florestais e savânica em Goiás.** 2020. 115p. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.¹

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil. Possui importante papel no balanço de carbono e já perdeu metade de sua vegetação original. Contudo, as incertezas acerca dos estoques de biomassa da vegetação ainda são grandes. O presente estudo pretende contribuir para diminuir tais incertezas acerca da distribuição de biomassa arbórea e de diferentes compartimentos da vegetação no bioma. Os objetivos foram a) realizar revisão sistemática sobre as estimativas de biomassa da vegetação acima do solo no Cerrado e em enclaves de vegetação savânica fora do bioma; b) estimar a biomassa arbórea acima do solo, pelo método indireto, em quatro fitofisionomias em Niquelândia, Goiás: savana arborizada (Sa), savana florestada (Sd), floresta estacional semidecidual (Fa) e floresta estacional decidual montana (Cm); c) estimar a biomassa seca, pelo método direto, e desenvolver fatores de expansão de biomassa para os seguintes compartimentos: vegetação rasteira, regeneração natural, herbáceas, necromassa lenhosa e serapilheira. Esperava-se que a distribuição da biomassa entre compartimentos fosse diferente em Sa comparado às demais formações, com maior proporção de vegetação rasteira e herbácea. O estudo foi realizado na Reserva Legados Verdes do Cerrado, em Niquelândia Goiás. Foram observados sinais de perturbação em Sa, Sd e Fa. A amostragem arbórea consistiu em 20 parcelas de 100 m² em cada fitofisionomia e incluiu árvores com diâmetro de base (tomado a 0,30 cm do solo) ≥ 5 cm para Sa e diâmetro a altura do peito (DAP) > 5 cm para as demais formações. A biomassa arbórea foi estimada com equações alométricas pré-selecionadas aplicadas a dados de altura e diâmetro. Em cada parcela foram coletadas amostras de biomassa dos seguintes compartimentos em cinco subparcelas de 1 m²: regeneração natural, vegetação rasteira, necromassa lenhosa e serapilheira. Para as herbáceas foram coletadas amostras em uma subparcela com dimensões 0,4 x 0,6 m. O material foi pesado em campo (peso fresco) e uma amostra representativa foi levada para determinação de seu peso seco em laboratório. A diferença na distribuição da biomassa entre as fitofisionomias foi testada por meio do Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$). Na revisão, foram encontradas 65 publicações, em 415 localidades, a maioria delas em Tocantins e Minas Gerais, para a fitofisionomia Sa e sobre o componente arbóreo. As maiores lacunas de estudos concentram-se na porção norte, nordeste e sudoeste do bioma e nas formações de Sd e florestas estacionais deciduais. A densidade da biomassa total acima do solo (Mg ha⁻¹) seguiu a ordem decrescente de 118,84 (Cm), 81,52 (Fa), 40,48 (Sd) e 19,09 (Sa). Embora em Sa a quantidade e proporção de biomassa dos compartimentos sub-arbustivos (herbáceas e vegetação rasteira) tenha sido numericamente maior que nas formações florestais, o teste Kolmogorov-Smirnov não apontou diferença significativa ($p > 0,05$) nas distribuições de biomassa entre as fitofisionomias. Em geral, os fatores de expansão produzidos nesse estudo são menores que aqueles encontrados na literatura. Recomendamos a utilização dos fatores de expansão de

¹ Orientador: Prof. Dr. Fábio Venturoli. EA-UFG.
Coorientadora: Dr^a. Iris Roitman

biomassa produzidos nesse estudo para vegetações com condições fisiográficas e ambientais, estrutura arbórea e regime de perturbação semelhantes.

Palavras-chave: savana brasileira, mudanças climáticas, fitomassa, carbono, cienciometria.

ABSTRACT

GUIMARÃES, L. E. **Biomass of tree, undergrowth and necromass in forest and savanna formations in Goiás.** 2020. 115p. Thesis (PhD. in Agronomy: Crop Production) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.²

The Cerrado is the second largest biome in Brazil. It plays an important role in carbon balance and has already lost half of its original vegetation. However, uncertainties about its vegetation-biomass stocks are high. The present study aims to contribute to reduce such uncertainties regarding the distribution of tree biomass and different vegetation compartments in the biome. The objectives were to a) perform systematic review on the aboveground biomass estimates in the Cerrado and in savanna-vegetation strips outside the biome; b) estimate tree aboveground biomass, by the indirect method, in four phytophysionomies in Niquelândia, Goiás: wooded savanna (Sa), forested savanna (Sd), semideciduous seasonal forest (Fa) and montane deciduous forest (Cm); c) estimate the dry biomass, by the direct method, and develop biomass expansion factors for the following compartments: undergrowth, natural regeneration, herbaceous, woody necromass, and litter. It was expected that the distribution of biomass between compartments would be different in Sa compared to other formations, with a higher proportion of undergrowth and herbaceous compartments. The study was carried out at the Legados Verdes do Cerrado Reserve in Niquelândia, Goiás. Signs of disturbance were observed in Sa, Sd and Fa. Tree sampling consisted of 20 plots of 100 m² in each phytophysionomy and included trees with a base diameter (taken at 0.30 cm from the ground) ≥ 5 cm for Sa and diameter at breast height > 5 cm for the other formations. Tree biomass was estimated with pre-selected allometric equations applied to height and diameter data. In each plot, biomass samples were collected from the following compartments in five sub-plots of 1 m²: natural regeneration, undergrowth, woody necromass and litter. For herbaceous samples were collected in a subplot with dimensions 0.4 x 0.6 m. Fresh biomass recorded in the field and a representative sample was taken to determine its dry mass in the laboratory. The difference in biomass distribution between phytophysionomies was tested using the Kolmogorov-Smirnov ($p < 0.05$). In the review, 65 publications were found, in 415 locations, most of them in Tocantins and Minas Gerais, for the Sa phytophysionomy and covered the tree component. The largest study gaps are concentrated in the north, northeast and southwest of the biome and in Sd formations and seasonal deciduous forests. Total aboveground biomass density (Mg ha⁻¹) followed the decreasing order of 118.84 (Cm), 81.52 (Fa), 40.48 (Sd), and 19.09 (Sa). Although in Sa the amount and proportion of biomass in the sub-shrub compartment (herbaceous and undergrowth) was numerically greater than in forest formations, the Kolmogorov-Smirnov test showed no significant difference ($p > 0.05$) in biomass distributions between phytophysionomies. In general, the expansion factors produced in this study are lower than the ones found in the literature. We recommend the use of the biomass expansion factors produced in this study for vegetations with similar physiographic and environmental conditions, tree structure and disturbance regime.

Key words: brazilian savanna, climate change, phytomass, carbon, scientometrics.

² Advisor: Prof. Dr. Fábio Venturoli. EA-UFG.
Co-advisor: Dr^a Iris Roitman

1. INTRODUÇÃO GERAL

A agenda climática e setor de mudança no uso da terra

A temática de mudanças climáticas vem sendo discutida em eventos mundiais sobre meio ambiente desde a década de 80 (Protocolo de Montreal – 1987). Estudos realizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) apresentaram fortes evidências de que a emissão de gases de efeito estufa (GEE), a partir da queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, são importantes vetores do aquecimento global. Considerando um cenário otimista, modelos apontam para o aumento de temperatura média global de 0,3° C a 1,7° C até o final deste século. Em um cenário pessimista, esse aumento deverá variar de 2,6° C a 4,8° C (Eckstein *et al.*, 2019; IPCC, 2014). Em relatório mais recente, o IPCC previu que a temperatura média do planeta deverá aumentar de 1,5° C a 2° C até a metade do século, entre 2030 e 2052. Esses estudos indicam a necessidade de conter o aumento na temperatura global abaixo de 2°C (IPCC, 2018). Caso o aquecimento global atinja esse valor, haverá forte impacto sobre a biodiversidade, com a extinção de 16% de plantas, 8% de vertebrados e 18% de insetos. Outros impactos previstos incluem calor extremo, degelo do ártico, aumento do nível do mar e redução da produção agrícola até 2050 (Assad *et al.*, 2019).

Com o notório aumento das emissões de carbono na atmosfera, protocolos internacionais foram criados para incentivar os países a diminuírem suas taxas de emissões. O setor de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (LULUCF) contribui bastante para o balanço global de carbono. A expansão de áreas destinadas à Agricultura e Silvicultura, assim como o combustível fóssil, tem levado ao aumento das emissões líquidas de GEE, além da perda de ecossistemas naturais e biodiversidade (IPCC, 2019).

Em 1997, surgiu o Protocolo de Kyoto que estabeleceu metas até 2020 a seus signatários (Stella *et al.*, 1998). O acordo previa que os países deveriam fornecer informações transparentes, consistentes e atualizadas periodicamente em comunicações internacionais e submissões técnicas à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre

Mudança do Clima (UNFCCC). Diante disso, os países signatários precisaram criar estratégias para construir níveis de referências florestais e de suas emissões (FREL). A mitigação dos impactos das mudanças climáticas foi tema central da 15ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de Copenhague (COP 15) em 2009, e mais recentemente, o Acordo Climático de Paris de 2015 estabeleceu a meta de conter o aquecimento global abaixo de 2° C e remover de 100–1000 Gt CO₂ da atmosfera no século XXI (IPCC, 2018).

Uma iniciativa importante nessa direção é o programa de Redução das Emissões Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal (REDD+). Seu objetivo é a criação de incentivos para reduzir a pressão sobre as florestas em países em desenvolvimento. É um mecanismo de reconhecimento e suporte aos responsáveis pela conservação das florestas remanescentes, que serão recompensados com recursos financeiros e tecnológicos provenientes de países desenvolvidos (Parker *et al.*, 2009; Smith P. *et al.*, 2014).

Desde o ano de 2010, a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) foi regulamentada no Brasil pelo Decreto 7.390 de 2010, com a intenção de estabelecer uma meta para reduzir as emissões entre 36,1% e 38,9% projetado para o ano de 2020. Mas segundo as projeções realizadas pelo observatório do clima qualquer crescimento de emissões em 2020 levará ao descumprimento da meta do PNMC, pois em 2019 as emissões brutas chegaram a 2,060 GtCO₂e, bem próximo ao limite menos ambicioso da PNMC de 2,068 GtCO₂e. (Albuquerque *et al.*, 2020).

Setor de mudança no uso da terra no Brasil

Entre 2010 e 2015, o setor LULUCF contribuiu com 42% do total das emissões brasileiras, segundo o III Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa. Desse total, o Cerrado contribuiu com 8% das emissões, com um incremento anual médio de 1,72 tC ha⁻¹ ano⁻¹ (BRASIL, 2015; MMA, 2017). Medidas para a redução significativa de emissões nacionais oriundas de desmatamento das florestas tropicais são essenciais para limitar o aquecimento global. Contudo, dados recentes apresentam números alarmantes acerca do aumento do desmatamento nos dois maiores biomas do Brasil. O desmatamento na Amazônia até 2017 foi de 19,55% (780.967 km²) (INPE, 2020). O cenário no Cerrado é ainda pior, apesar de toda sua importância para conservação da biodiversidade e de outros

serviços ecossistêmicos (Strassburg *et al.*, 2017). Até 2017, houve a perda de 24,7 M ha de sua área original nativa, restando apenas 55% da vegetação original (Alencar *et al.*, 2020), com apenas 19,8% de área nativa não alterada (Strassburg *et al.*, 2017).

Entre 1985 a 2017, a vegetação nativa do bioma Cerrado diminuiu a uma taxa média de 0,5% ao ano ($748.687 \text{ ha ano}^{-1}$) (Alencar *et al.*, 2020; Strassburg *et al.*, 2017). Tal situação fica ainda mais complicada pela história subvalorização do bioma Cerrado por políticas públicas, com áreas pequenas destinadas à Reserva Legal e poucas Unidades de Conservação (Overbeck *et al.*, 2015, 2018; Strassburg *et al.*, 2016). Na COP 15, o governo brasileiro firmou compromissos voluntários de redução das emissões de GEE até 2020. A meta consiste na redução entre 36% a 38,9% das emissões de GEE, da qual pelo menos 40% derivada da diminuição do desmatamento no Cerrado (BRASIL, 2011).

Otimização de estimativas de biomassa e fatores de expansão

Informações precisas e consistentes sobre os estoques de biomassa de vegetação são de suma importância, considerando sobretudo, as comunicações nacionais de emissões às UNFCCC e a consolidação do REDD+ e do mercado de crédito de carbono (Engel *et al.*, 2008; Parker *et al.*, 2009). As incertezas sobre os estoques de carbono presente na vegetação do Cerrado ainda são altas (Albuquerque *et al.*, 2020; Tschiedel *et al.*, 2020). Assim, pesquisas para melhorar a estimativa de biomassa de diferentes ecossistemas e seus compartimentos são essenciais.

Estimar a biomassa arbórea acima do solo pelo método direto (coleta e pesagem da biomassa) é oneroso e implica na morte das árvores. Exige grande quantidade de recursos financeiros, tempo de coleta, mão de obra especializada e o licenciamento ambiental para a supressão vegetal. Por isso, a biomassa arbórea acima do solo geralmente é estimada por meio do método indireto, que consiste na aplicação de modelos matemáticos a dados de inventário florestal, como diâmetro, altura e volume (Gibbs *et al.*, 2007).

A maioria dos estudos de biomassa de vegetação estima apenas o componente arbóreo acima do solo. É importante também quantificar a biomassa de outros compartimentos acima do solo (como vegetação rasteira, herbáceas, regeneração natural, necromassa lenhosa e serapilheira) e abaixo do solo (sistema radicular). Estimar a biomassa de outros compartimentos acima do solo pelo método direto é bem mais simples que do componente arbóreo, mas ainda assim é laborioso. Por isso, a fim de se evitar o método

direto, são aplicados fatores de expansão de biomassa (FEBs) a dados de biomassa arbórea. O FEB representa a razão entre a biomassa de determinado compartimento e a biomassa de referência (geralmente a biomassa arbórea acima do solo).

No Guia de Boas Práticas do IPCC, recomenda-se que, quando possível, sejam utilizados FEBs desenvolvidos especificamente para cada fitofisionomia a partir de estudos locais ou regionais. Na ausência deles, recomenda-se a utilização dos fatores de expansão padrão (*default*) publicados no Guia do IPCC (IPCC, 2006; Kauppi *et al.*, 1992). Assim, estudos locais ou regionais para quantificar a biomassa de outros compartimentos são importantes. No Cerrado, já foram realizados estudos para as formações savânicas (Barbosa e Fearnside, 2005; Castro e Kauffman, 1998; Oliveira *et al.*, 2019a; Ottmar *et al.*, 2001), e florestais (Miranda, 2015; Morais *et al.*, 2017; Moreira-Burger e Delitti, 1999; Nascimento *et al.*, 2004). Contudo, eles não contemplam toda a variedade de fitofisionomias e condições ambientais no bioma.

Estudos como este permitirão melhorar a precisão das estimativas de biomassa de diferentes compartimentos no Cerrado, e poderão colaborar na unificação de dados, a fim de contribuir na formulação de políticas públicas e projetos de redução de emissões por desmatamentos e de uso e conservação dos recursos florestais, assim como, nos relatórios de Inventário Florestal Nacional (IFN).

Inventário Florestal Nacional

À vista disso, o Brasil investiu na coleta e sistematização de dados de recursos florestais para contribuir com políticas de ambientais e de desenvolvimento florestal. O Inventário Florestal Nacional (IFN) já finalizou 78% das unidades amostrais previstas para o bioma Cerrado, com informações detalhadas sobre aspectos como a estrutura, composição e vitalidade das florestas, além dos estoques de madeira, biomassa e carbono. Esses resultados atenderão à crescente demanda de informações das organizações e de governos em acordos internacionais sobre florestas, instituições de pesquisa, organizações sociais ambientais, entre outros (SFB, 2019a, 2020b).

O presente estudo faz parte do Projeto de Cooperação Técnica GCP/BRA/079/GFF “Fortalecimento da Política Nacional de Apoio à Gestão Sustentável dos Recursos Florestais Brasileiros”, que foi firmado entre a Universidade Federal de Goiás (UFG) e Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e Serviço

Florestal Brasileiro (SFB), financiado pelo *Global Environmental Facility* (GEF). Esse projeto visa a realização de pesquisas para o desenvolvimento de equações de volume, biomassa e carbono, que irão subsidiar o processamento e a análise dos dados do Inventário Florestal Nacional (IFN) no bioma Cerrado. No âmbito desse projeto também foi firmada a parceria entre a Universidade Federal de Goiás e a empresa Votorantim Metais do grupo CBA Alumínio, a fim de se estimar a biomassa do componente arbóreo e de outros compartimentos da vegetação na Reserva Particular de Desenvolvimento Sustentável - Legado Verdes do Cerrado (RPDS) no município de Niquelândia, Goiás.

Objetivo

O objetivo geral desse estudo foi estimar a biomassa acima do solo da vegetação de quatro fitofisionomias – savana arborizada (Sa), savana florestada (Sd), floresta estacional semidecidual (Fa) e floresta estacional decidual montana (Cm) – em Niquelândia, Goiás, a fim de contribuir para o conhecimento da distribuição de biomassa arbórea e de diferentes compartimentos da vegetação no Cerrado.

Os objetivos específicos são:

- a) Estimar a biomassa arbórea acima do solo, a partir da aplicação de equações alométricas a dados de inventário florestal nas quatro fitofisionomias.
- b) Estimar a biomassa seca, pelo método direto, e desenvolver fatores de expansão de biomassa para os seguintes compartimentos: vegetação rasteira (DAP < 5 cm e altura (h) \geq 1,5 m), regeneração natural (árvores e arbustos com h < 1,5 m), herbáceas, necromassa lenhosa (< 2,5 cm) e serapilheira.
- c) Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre as estimativas de biomassa da vegetação acima do solo no bioma Cerrado.

Os resultados do presente estudo poderão integrar a base de dados existente de dados do SFB para a estimar de biomassa no bioma a partir de dados do IFN. Espera-se contribuir para o conhecimento acerca da variação de biomassa e precisão das estimativas de carbono em diferentes compartimentos da vegetação no Cerrado para políticas públicas e projetos de redução de emissões por perda da cobertura de vegetação nativa e de uso e conservação dos recursos naturais.

Esta tese está organizada da seguinte maneira:

1º Capítulo – **Distribuição de biomassa em fitofisionomias do bioma Cerrado, Brasil.** Nesse capítulo foi apresentada a revisão da literatura sobre o tema “biomassa no Cerrado”, com enfoque na variação de biomassa e carbono no bioma Cerrado e aspectos cientométricos sobre o tema.

2º Capítulo – **Biomassa da vegetação arbórea, rasteira e necromassa em formações florestais e savânica em Niquelândia, Goiás.** Nesse capítulo, avaliamos a biomassa acima do solo, a partir de estimativas realizadas em quatro diferentes fitofisionomias (Sa, Sd, Fa, Cm). Apresentamos as estimativas de biomassa arbórea acima do solo e de diferentes compartimentos do estrato herbáceo-arbustivo e da necromassa, bem como seus respectivos fatores de expansão.

CAPÍTULO 1

REVISÃO SISTEMÁTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE BIOMASSA EM FITOFISIONOMIAS DO CERRADO, BRASIL

Luanna Elis Guimarães¹

¹ Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia - PPGA, Goiânia, Goiás, Brasil.

REVISÃO SISTEMÁTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE BIOMASSA EM FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO, BRASIL

Luanna Elis Guimarães^{1*}

^{1*}Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Goiás, Brasil – luanna.meioambiente@gmail.com

Resumo

Conhecer a distribuição de biomassa acima do solo nas diferentes fitofisionomias do Cerrado é crucial para otimizar as estimativas nacionais de emissões de gases de efeito estufa oriundos do desmatamento e consolidar os projetos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) no Brasil. Nesse estudo foi realizado o levantamento sistemático da bibliografia sobre biomassa no bioma Cerrado e em seus encraves no Brasil, a fim de verificar o panorama cientométrico e a distribuição da biomassa arbórea e de outros compartimentos acima do solo. A pesquisa seguiu as seguintes etapas: definição do tema; seleção de palavras-chaves específicas e das fontes de busca; triagem dos resultados. Foram selecionados 65 estudos publicados, distribuídos em 415 localidades. A maior parte delas em savana arborizada (64%), seguida de floresta estacional semidecidual (16%), savana gramíneo-lenhosa e savana parque (10%), savana florestada (7%) e floresta estacional decidual (3%). A maioria dos estudos foram desenvolvidos em Tocantins e Minas Gerais e sobre o componente arbóreo. As maiores lacunas de estudos concentram-se na porção norte, nordeste e sudoeste do bioma e nas formações de Sd e florestas estacionais deciduais.

Palavras-chave: savana, fitomassa, carbono, mudanças climáticas, bibliometria.

Abstract

The knowledge over aboveground biomass distribution in the different vegetation formations in the Cerrado is crucial to optimize national estimates of greenhouse gas emissions from deforestation and consolidate the projects for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+) in Brazil. In this study, we performed systematic literature review in biomass in the Cerrado biome and its savanna strips outside the biome in Brazil. The objective was to present the scientometric overview on the subject and the distribution of tree aboveground biomass of trees and other aboveground compartments. The research followed the following steps: definition of the theme; selection of specific keywords and search engines; selection of results. We selected 65 published studies, distributed in 415 locations. Most of them in wooded savanna (64%), followed by seasonal semi-deciduous forest (16%), grassy-woody savanna and park savanna (10%), forested savanna (7%), and seasonal deciduous forest (3%). Most studies were carried out in Tocantins and Minas Gerais and covered the tree compartment. The largest study gaps are concentrated in the north, northeast and southwest of the biome and in the Sd formations and seasonal deciduous forests.

Keywords: savanna, phytomass, carbon, climate changes e bibliometry.

2. INTRODUÇÃO

Poucos trabalhos mais detalhados de biomassa são realizados no Bioma Cerrado, e quando ocorrem em sua maioria se concentra especificamente na fitofisionomia de cerrado *sensu stricto* como os trabalhos de Castro-Neves, 2007; Castro & Kauffman, 1998; Oliveira *et al.*, 2019a; Ottmar *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2011. Portanto, são necessários levantamentos bibliográficos que identifiquem os estoques de biomassa nas demais formações fisionômicas do Cerrado brasileiro, e, não só generalizadamente no cerrado *sensu lato* (bioma). Essa problemática continua quando se investiga os trabalhos e descobre que a maioria utilizou dados para estimar a biomassa apenas da vegetação arbórea, excluindo a biomassa dos demais estratos da vegetação, como a necromassa, vegetação de regeneração e herbáceo-arbustiva.

Pesquisas que consideram outros componentes dos estratos vegetais do ecossistema são essenciais para avaliar o potencial máximo desses ecossistemas em sequestrar carbono. Assim, é imprescindível estabelecer metodologias que propiciem quantificar esses componentes (Silveira *et al.*, 2008). As estimativas de biomassa acima do solo são consideradas importantes indicadores de balanço global de carbono, além de servirem de base para previsões e diagnósticos futuros sobre mudanças climáticas (Dixon *et al.*, 1994; Ketterings *et al.*, 2001).

A condução de uma revisão sistemática da literatura serve para identificar de forma objetiva e metódica um conjunto de trabalhos já publicados que abordam um tema específico de interesse, afim de encontrar os estudos relevantes e apresentar características e resultados dos trabalhos elegidos (Gil, 2008; Hulley *et al.*, 2015). Utilizando essa ferramenta é possível acessar o entendimento e a evolução acerca do tema na literatura.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo foi apresentar o estado da arte acerca da biomassa acima do solo no bioma Cerrado e em seus enclaves em outros biomas, a fim de se caracterizar a variação existente nos estoques de biomassa e carbono em diferentes compartimentos da vegetação (arbóreo, necromassa e estrato herbáceo-arbustivo), bem como o panorama cientométrico sobre o tema. Verificamos, portanto, duas hipóteses: 1 - Existem poucas equações regionalizadas para fitofisionomias do Cerrado; 2 - Há maior concentração de estudos de biomassa e carbono no Cerrado na região central do bioma Cerrado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a revisão sistemática acerca do estoque de biomassa e carbono acima do solo em fitofisionomias de Cerrado. O mapeamento sistemático da literatura consiste na pesquisa e análise quantitativas para delinear o volume, evolução, visibilidade e estrutura das publicações científicas dentro de determinada temática (Tápanes & Alfonso, 2013). Essa forma de revisão estabelece de antemão e torna explícitos os critérios empregados na busca e na seleção de publicações, resultando num abrangente e rigoroso levantamento do tópico pesquisado, que evita enviesamentos e aumenta a confiabilidade da discussão (Gil, 2008).

Foi adotada a metodologia de pesquisa descritiva, proposta por Gil (2008), cujo objetivo é caracterizar determinado fenômeno ou população com o estabelecimento de relações entre variáveis e sua natureza. A pesquisa seguiu as seguintes etapas: definição do tema; seleção de palavras-chaves específicas referentes ao tema; definição das fontes de busca; triagem dos resultados.

3.1. Definição das palavras-chave

O tema central escolhido foi *biomassa da vegetação acima do solo no Cerrado*. Foram utilizadas palavras-chave e operadores booleanos: *biomassa (OR) necromassa; (AND) Cerrado (OR) savana; (AND) carbono; (AND) equações alométricas*. Também foram pesquisadas as mesmas palavras em língua inglesa: *biomass (OR) necromass; (AND) cerrado (OR) savanna; (AND) carbono; (AND) allometric equations*.

3.2. Fontes de busca e indexadores

Foi realizada a busca nas seguintes plataformas: *Google Acadêmico; SciELO, ResearchGate, Redalyc, ScienceDirect/Elsevier e Periódicos Capes*. Também foram realizadas buscas em plataformas de repositórios das universidades disponíveis online que apresentaram pelo menos uma tese ou dissertação nas buscas das plataformas escolhidas com as palavras-chave: Universidade de Brasília, Universidade Federal de Goiás,

Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Roraima, Universidade Federal do Tocantins e Universidade de São Paulo. Além disso, foi realizada a busca nas referências bibliográficas contidas nas publicações encontradas, a partir da análise dos títulos.² Referências secundárias citadas nestes estudos foram incluídas na triagem e submetidas aos mesmos critérios.

3.3. Critérios de elegibilidade

O levantamento consistiu em artigos científicos, relatórios técnicos e trabalhos de conclusão de pós-graduação (dissertação e teses), em português e inglês. Para identificar as duplicidades de estudos encontrados nas diferentes bases, as referências encontradas originalmente foram ordenadas pelo sobrenome do primeiro autor e pelo título, sendo excluídas as que apareciam mais de uma vez.

As publicações resultantes foram posteriormente avaliadas a partir dos seguintes critérios de inclusão: (i) realizado em vegetação do bioma Cerrado, ou, em áreas de enclave de ecossistema savânico de Cerrado no Brasil; (ii) apresentaram análise em fitofisionomia do Cerrado, excluindo plantios (recomposição ou sistema agroflorestal); (iii) apresentaram dados empíricos primários, ou seja, excluindo revisões bibliográficas; (iv) estimativa de biomassa acima do solo a partir do método direto ou indireto com variáveis de campo; e (v) apresentavam dados de biomassa e/ou carbono em pelo menos um componente acima do solo (ex. estrato arbóreo, necromassa, estrato herbáceo-arbustivo, etc).

3.4. Sistematização dos dados

Dentre os estudos incluídos foram coletadas informações sobre:

- (1) a base de dado (revista e indexador);
- (2) tipo de documento (artigo, dissertação ou tese);
- (3) Fitofisionomia do Cerrado segundo a classificação do IBGE;
- (4) Área do estudo (município e estado);
- (5) Inclusão de indivíduos de porte arbóreo (diâmetro do fuste em centímetros);
- (6) Área amostrada total (hectares);

² Foram avaliadas apenas as publicações disponíveis na internet, dessa forma, foram excluídos os estudos que só possuem publicações impressas.

- (7) Biomassa arbórea (Mg ha⁻¹);
- (8) Biomassa total (Mg ha⁻¹);
- (9) Carbono Total (Mg ha⁻¹);
- (10) Biomassa na serapilheira (Mg ha⁻¹);
- (11) Biomassa na necromassa (Mg ha⁻¹);
- (12) Biomassa da vegetação herbácea (Mg ha⁻¹);
- (13) Biomassa da vegetação de arbustos ou arvoretas (Mg ha⁻¹);
- (14) Biomassa da vegetação de regeneração natural (Mg ha⁻¹);
- (15) Equação alométrica utilizada;
- (16) Método de amostragem (direto ou indireto);
- (17) ano de publicação.

3.5. Tipologias de vegetação do Cerrado

Na análise de dados empregamos a nomenclatura específica de classificação das fitofisionomias do Cerrado de acordo com Manual Técnico da Vegetação Brasileira. A fim de elucidar e melhor definir as fitofisionomias estudadas neste trabalho correlacionamos as definições oficiais brasileiras (IBGE, 2012), com as definições mais utilizadas regionalmente (Ribeiro & Walter, 2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Correspondência entre a classificação das fitofisionomias de Cerrado oficial brasileira do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a classificação regional de Ribeiro & Walter.

Fitofisionomia IBGE	Sigla IBGE	Ribeiro & Walter, 2008
savana arborizada	(Sa)	cerrado <i>sensu stricto</i> (sentido restrito) - subtipos: denso, típico, ralo e rupestre.
savana florestada	(Sd)	cerradão
savana gramíneo-lenhosa	(Sg)	campo limpo, campo sujo e campo rupestre
savana parque	(Sp)	parque de cerrado
floresta estacional semidecidual/ aluvial	(F) / (Fa)	mata seca semidecidual / mata ciliar
floresta estacional decidual	(C)	mata seca decidual

3.6. Análise dos dados de biomassa

Os valores de biomassa arbórea das diferentes fitofisionomias foram testados quanto à normalidade, por meio do teste Shapiro-Wilk, com o programa BioEstat (Ayres *et*

al., 2007) e representados em gráfico do tipo boxplot programa estatístico PAST. Foi realizada análise estatística descritiva e, em função da existência de conjuntos sem distribuição normal, os valores foram comparados por meio do teste de Kruskal-Wallis (Kw) com programa estatístico PAST (Hammer *et al.*, 2001). Esse é um teste não paramétrico utilizado para comparar várias populações independentes, e não possui restrições quanto à normalidade.

3. RESULTADOS

3.1. Cientometria

De um universo de 149 trabalhos encontrados das diversas bases, após a triagem e remoção de estudos que não atenderam aos critérios de elegibilidade, foram selecionados 65 trabalhos (Figura 1). Também, foram encontradas apenas 20 publicações, do universo de 65, que avaliaram o carbono da biomassa acima do solo (Tabela 5).

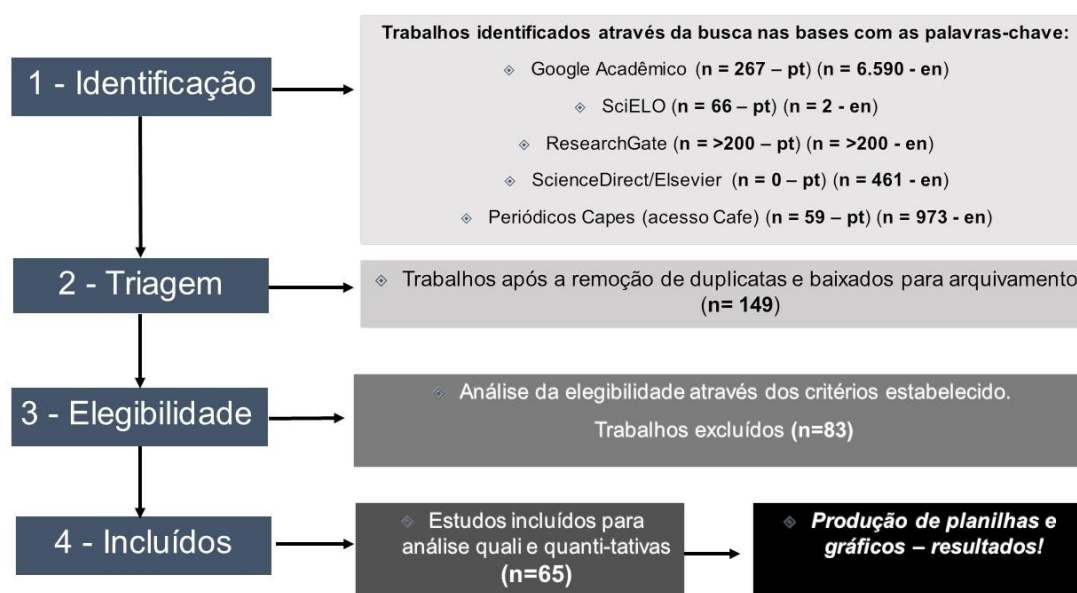


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção das publicações que foram de interesse para a revisão sistemática da literatura do tema “Biomassa e Carbono no Cerrado”. Legenda: n= número de publicações encontradas; pt = trabalhos em língua portuguesa; en = trabalhos em língua inglesa.

A maioria dos estudos encontrados ocorreu em formações savânicas (64%), seguidas das florestais (26%) e campestres (10%). Dentre as fitofisionomias, a maior parte foi em savana arborizada (64%), seguida de floresta estacional semidecidual (16%), savana gramíneo-lenhosa e savana parque (10%), savana florestada (7%) e floresta estacional decidual (3%). Os estudos foram realizados em 415 locais, distribuídos em todos os estados que possuem em seu território vegetação do bioma Cerrado, e, em encaves de formações savânicas dentro do bioma Amazônia (Figura 2 e Tabela 2).

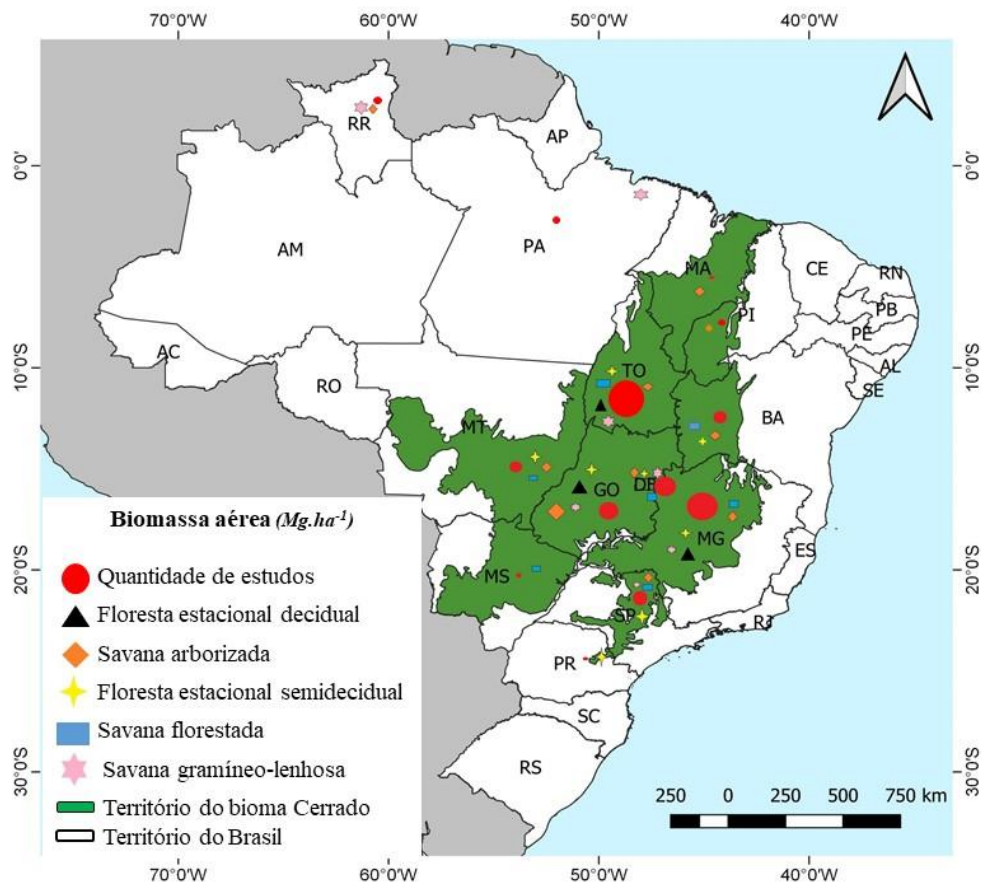


Figura 2. Distribuição geográfica das localidades onde ocorreram estudos sobre biomassa acima do solo no bioma Cerrado. Os tamanhos dos círculos vermelhos representam, de forma qualitativa, as magnitudes relativas à quantidade de estudos realizados em cada estado.³

Tabela 2. Distribuição das publicações analisadas de cada fitofisionomia e por região do estado.

Fitofisionomia	Áreas amostradas	Estados brasileiros	Publicações
<i>floresta estacional decidual</i>	12	GO, MG e TO	4
<i>floresta estacional semidecidual</i>	66	BA, GO, MG, TO, SP, MT, DF e PR	17
<i>savana florestada</i>	29	BA, TO, DF, MS, MT, MG e SP	15
<i>savana arborizada</i>	267	BA, DF, GO, MG, MT, MA, PI, RR, TO e SP	45
<i>savanas gramíneo-lenhosa e parque</i>	41	AP, DF, GO, MG, PA, RR, TO e SP	17

³ O mapa construído com os resultados somente ilustra a localização aproximada referente ao Estado que foram obtidos os dados, e não possui exatidão da localidade real referente ao município amostrado.

Nos estados da área *core* do Cerrado (DF, GO e TO) foram encontrados 36 trabalhos. Nos estados mais próximos à borda do bioma foram encontrados 32 estudos. Já nas “ilhas” de savana na região norte do Brasil existem poucos trabalhos, apenas quatro, nos estados de AM, AP, PA e RR (Apêndices B, C, D e E).

Os estados com maior número de trabalhos com amostragens de biomassa e carbono no Cerrado foram, respectivamente, Tocantins (28%), Minas Gerais (27%) e Distrito Federal (17%). Os demais estados variaram entre aproximadamente 0,5% a 11% (Figura 3). Os estados de Tocantins e Minas Gerais juntos representam 55% dos locais amostrados. A maior parte dessa amostragem foi realizada nos inventários florestais de Minas Gerais e Tocantins (Haidar *et al.*, 2013; Scolforo *et al.*, 2008).

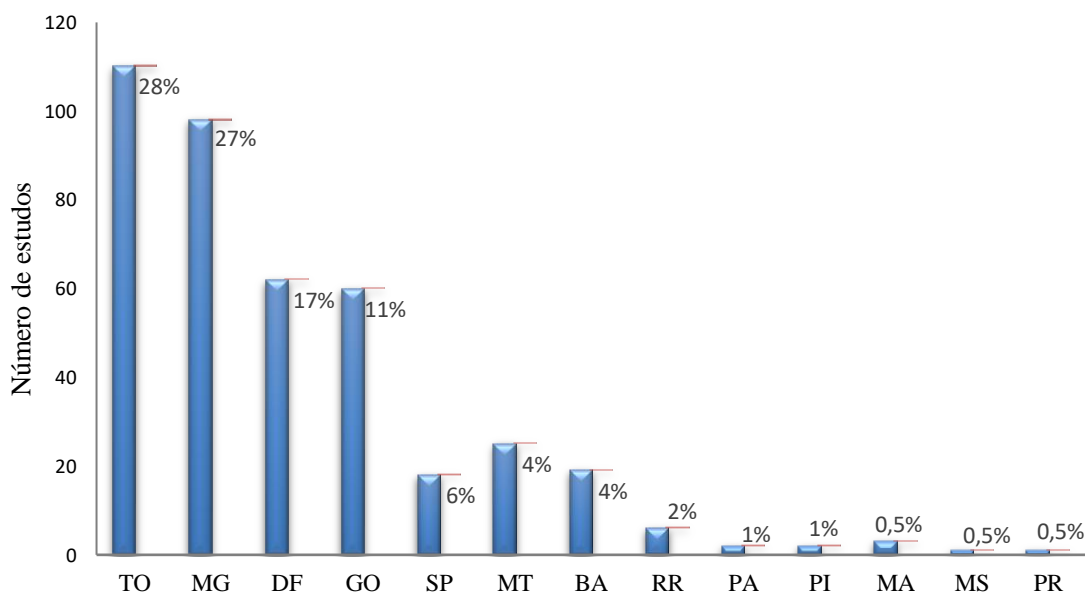


Figura 3. Quantidade de localidades amostradas por estado brasileiro de biomassa e/ou carbono no Cerrado entre as publicações selecionadas no presente estudo.

O levantamento do número de publicações por ano é um importante indicativo sobre a expansão do tema. Foram encontrados estudos publicados desde a década de 80, mas somente nos anos 2000 a temática obteve maior interesse (Figura 4).

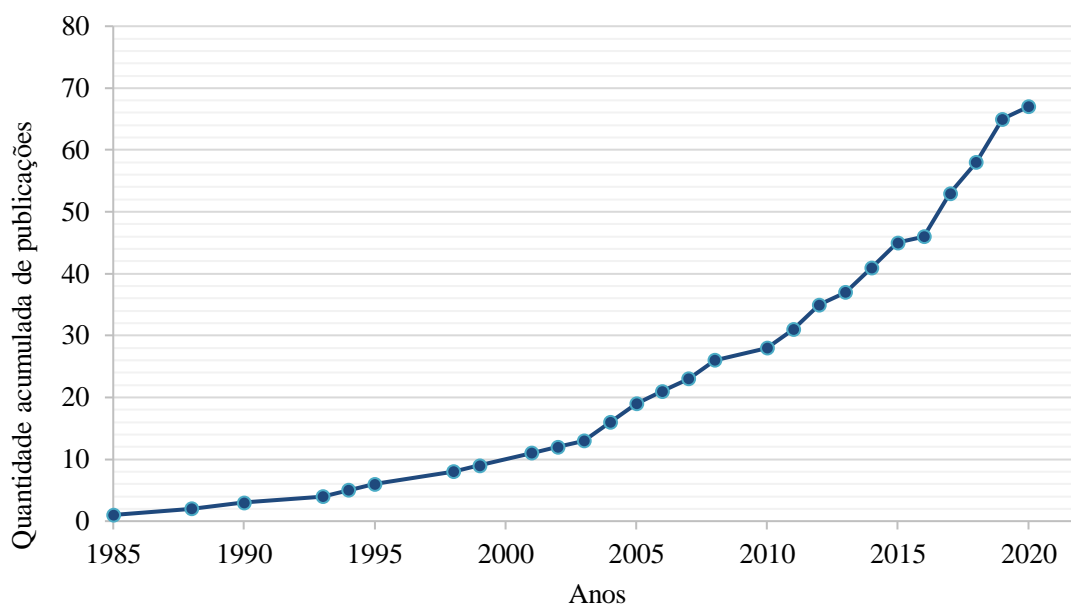


Figura 4. Quantidade de publicações por ano com a temática biomassa no Cerrado.

Dentre os periódicos que publicaram sobre o tema, dois se destacaram: Forest Ecology and Management e a Revista Árvore. A universidade que mais publicou trabalhos de conclusão (dissertações e teses) com a temática foi a Universidade de Brasília (UnB) (Figura 5).

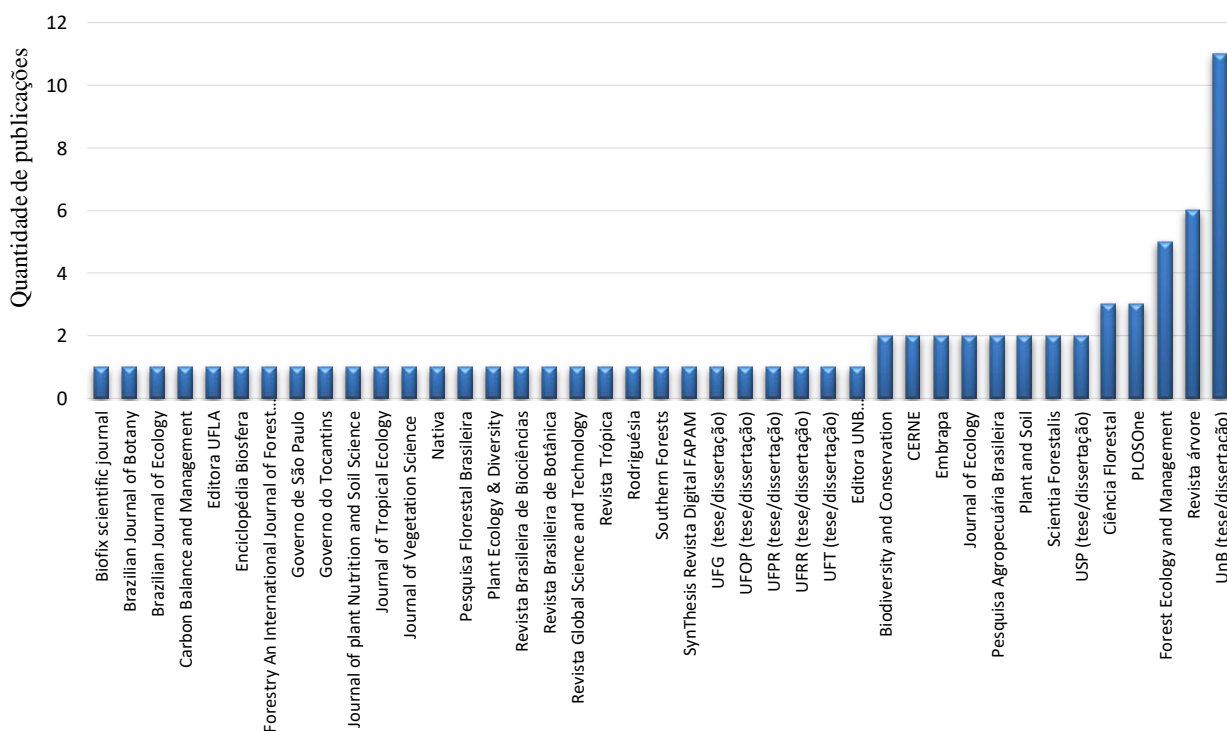


Figura 5. Periódicos e universidades que publicaram estudos com a temática biomassa no Cerrado.

Os estudos levantados foram encontrados em 15 tipos de bases indexadoras diferentes, distribuídas em 30 revistas e 10 instituições públicas de ensino e governamentais. Os tipos de documentos foram principalmente em formato de artigo científico (Tabela 3, Figura 6), embora a maior parte das localidades foram amostradas em inventários florestais dos estados de Minas Gerais e Tocantins, que se referem à documentos técnicos.

Tabela 3. Distribuição das publicações analisadas por fitofisionomia, base de dados, tipos de documentos e ano de publicação.

Fitofisionomia de Cerrado	Base de dados	Tipos de documentos	Ano de publicação
Floresta Estacional Decidual	Governo do Estado de Tocantins; Repositório UnB	Relatório técnico; Dissertação	2011; 2012; 2015; 2019
Floresta Estacional Semidecidual (matas ciliares e de galeria)	Elsevier; Scielo; ResearchGate; Repositório USP; Governo de São Paulo; Governo de Tocantins.	Artigo; Tese; Relatório técnico.	1990; 1993; 1995; 1999; 2004; 2005; 2010; 2012; 2013; 2015; 2016; 2018; 2019; 2020.
Savana florestada	Scielo, Elsevier; Redalyc; ResearchGate; Embrapa; Repositório USP; Repositório UnB; Repositório UFOP; Editora UFLA; Governo de São Paulo; Governo do Tocantins.	Artigo; Tese; Livro; Relatório técnico.	2004; 2008; 2010; 2012; 2013; 2014; 2015; 2017; 2018; 2019.
Savana Parque e Gramíneo-Lenhosa	Repositório UFG; Repositório UnB; Repositório UFRR; ResearchGate; Scielo; Editora UFLA; Editora UnB.	Artigo; Dissertação; Tese; Livro; Relatório técnico.	1994; 1998; 1999; 2001; 2004; 2005; 2006; 2008; 2010; 2012; 2013; 2017; 2019.
Savana arborizada	Scielo, Elsevier; Redalyc; ResearchGate; Capes; Google Acadêmico; Repositório USP; Repositório UnB; Repositório UFOP; Repositório UFPR; Editora UFLA; Editora UnB; Governo de São Paulo; Governo do Tocantins.	Artigo; Dissertação; Tese; Livro; Relatório técnico.	1985; 1988; 1998; 1999; 2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2017; 2018; 2019; 2020.

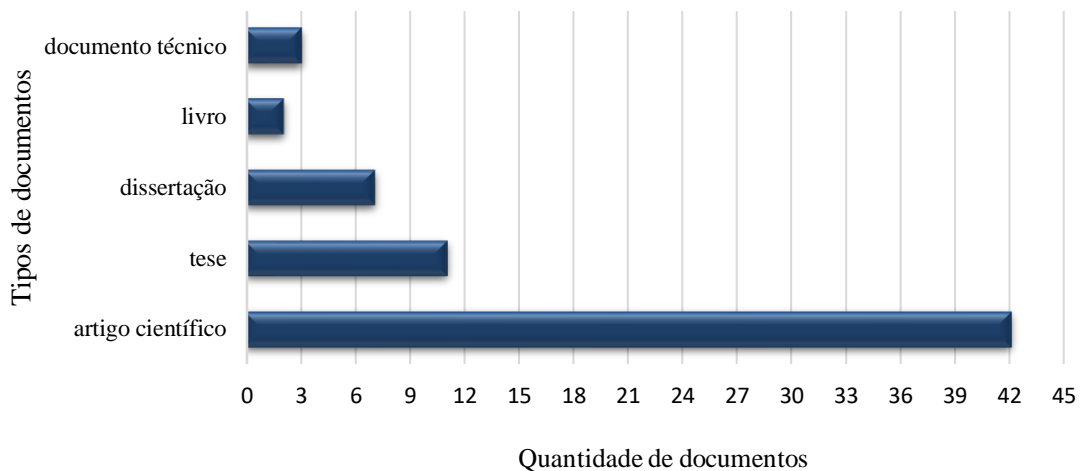


Figura 6. Quantidade de estudos sobre biomassa no Cerrado por tipo de documento.

3.2. Equações alométricas

Os estudos que usaram o método indireto para quantificar a biomassa e o carbono utilizaram 27 equações alométricas diferentes de 17 referências bibliográficas. E em cada uma das fitofisionomias foram utilizadas equações específicas, dentre essas foram sete equações para Sd, dez utilizadas em Sa, seis em Sg, uma específica para Sp, sete para a fitofisionomia F, e três em áreas de C (Tabela 4).

A savana arborizada (Sa) foi a fitofisionomia com mais opções de equações alométricas específicas. E a fitofisionomia de savana parque (Sp) possui somente uma opção de equação, e para a floresta estacional decidual não foram encontrados nenhum estudo que utilizou equação específica para a fitofisionomia.

Tabela 4. Equações alométricas encontradas nos estudos com a finalidade de estimar biomassa no Cerrado.

Fitofisionomia onde a equação foi aplicada	Equação Alométrica	Referência	Tipo de vegetação para qual a equação foi elaborada
Sd	$B = \exp\{-3,1141 + 0,9719 \cdot \ln(D^2H)\}$	Brown et al., (1989)	Floresta tropical úmida
	$\text{Log}(y) = 0,9967 \log(v) + 2,587$	Abdala et al., (1998)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$B = [e^{-2 + 2,42 \cdot \ln(DAS)}]$	Chave et al., (2001)	Floresta neotropical úmida
	$BA = [0,077 + 0,492 \cdot DAP^2 \cdot Ht] \cdot 0,6$	Higuchi et al., (1998)	Floresta tropical úmida de terra-firme (Amazônia)
	$B = -0,49129 + 0,02912 \cdot Db^2 \cdot Ht$	Rezende et al., (2006)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$\ln(\hat{y}) = -2,8573 + 0,9556 \cdot \ln(dg^2 \cdot h)$	Melo et al. (não publicado) em Pinheiro, (2008)	Cerradão
	$\ln B = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_7 \ln DM$	Ribeiro et al., (2011)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
Sa	$B_{total} = 0,0123307 \times DAP^{1,79593} \times Ht^{1,54701}$	Miguel, (2014)	Cerradão
	$B = \exp[-3,1441 + 0,9719 \cdot \ln(DAP^2 \cdot Ht)]$	Brown et al., (1989)	Floresta tropical úmida
	$\text{Log}(y) = 0,9967 \log(x) + 2,587$	Abdala et al., (1998)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$B = [e^{-2 + 2,42 \cdot \ln(DAS)}]$	Chave et al., (2001)	Floresta neotropical úmida
	$BA = 28,77 \cdot Db^2 \cdot Ht$	Delitti et al., (2006)	Campo cerrado
	$\ln(\hat{y}) = -1,6515 + 0,7643 \ln(dg^2 \cdot h)$	Melo et al. (não publicado) em Pinheiro, (2008)	Cerradão
	$B = -0,49129 + 0,02912 \cdot Db^2 \cdot Ht$	Rezende et al., (2006)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$\ln B = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_7 \ln DM$	Ribeiro et al., (2011)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$y = [(409,0469739 \times v^{0,97545}) \times 1,17] / 10^6$	Roitman et al., (2018)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
$\ln(b) = -4,4389 + 2,4199 \ln(d) + 0,8650 \ln(ht)$	Schumacher & Hall, (1933)	Volume de madeira geral	

Sa	$\begin{aligned} \ln(PS) &= -10,6778434551 + 2,4312156091 * \ln(Dap) + 0,6690995709 * \ln(H) \\ \ln(PS) &= -10,0494414912 + 2,3529732141 * \ln(Dap) + 0,4522175499 * \ln(H) \\ \ln(PS) &= -10,3446328162 + 2,4830156359 * \ln(Dap) + 0,4337627498 * \ln(H) \\ \ln(PS) &= -10,2250784897 + 2,0204541469 * \ln(Dap) + 0,9297685811 * \ln(H) \\ \ln(PS) &= -10,2276863236 + 2,4684541946 * \ln(Dap) + 0,4000186998 * \ln(H) \\ \ln(PS) &= -10,1024202605 + 2,4038079403 * \ln(Dap) + 0,479410187 * \ln(H) \end{aligned}$	Scolforo et al., (2008)	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Campo Cerrado
Sp	$\begin{aligned} \ln(PS)/\sigma_i = - \\ 20,4654 * \ln(1/\sigma_i) + 1,36418 * \ln(DAP)/\sigma_i + 0,9345 * \ln(\ln(H))/ \\ \sigma_i - 2,941 * \ln(DBm)/\sigma_i \end{aligned}$	Venturoli & Sanquetta, (2019)	Savana parque
Sg	$\log(y) = 0,9967 \log(v) + 2,587$	Abdala et al., (1998)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$B = \exp\{-3,1141 + 0,9719 * \ln(D^2H)\}$	Brown et al., (1989)	Floresta tropical úmida
	$\ln(Bd) = a + b \ln(Ht) + c. \ln(Db) + d \ln(Dc)$	Barbora & Fearnside, (2005)	Ecossistemas de savana na Amazônia
	$B = -0,49129 + 0,02912 * Db^2 * Ht$	Rezende et al., (2006)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	*mesmas equações de Sa.	Scolforo et al., (2008)	Cerrado <i>sensu stricto</i> e Campo Cerrado
	$B_{total} = \sum_{i=1}^n w_i x \left(\frac{BA}{\sum_{i=1}^n ba_i} \right)$	Satoo, (1970)	Floresta de pinheiros
F	$F = \sum_{j=1}^4 \cdot \sum_{i=1}^{12} t_i A_{ij} f_{ij}$	Chambers et al., (2001)	Floresta amazônica central
	$B = \rho i / 0,58 \cdot \exp(2,42[\ln D] - 2)$	Chave et al., (2001)	Floresta neotropical úmida
	$B = (0,0673 * (DM * DAP^2 * H)^{0,976})$	Chave et al., (2014)	Vegetação tropical
	$BA = [0,077 + 0,492 \cdot DAP^2 \cdot Ht] \cdot 0,6$	Higuchi et al., (1998)	Floresta tropical úmida de terra-firme (Amazônia)

	$\ln B = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_7 \ln DM$	Ribeiro et al., (2011)	Cerrado <i>sensu stricto</i>
	$\ln(B) = -10,439791707 + 2,1182873001 \times \ln(DAP) + 0,8339834928 \times \ln(h)$	Scolforo et al., (2008)	Floresta Estacional Semidecidual
C	$\log(y) = 0,9967 \log(v) + 2,587$	Abdala et al., (1998)	Cerrado <i>sensu lato</i>
	$BA = [0,077 + 0,492 \cdot DAP^2 \cdot Ht] \cdot 0,6$	Higuchi et al., (1998)	Floresta tropical úmida de terra-firme (Amazônia)
	$\ln(b) = -4,4389 + 2,4199 \ln(d) + 0,8650 \ln(ht)$	Schumacher & Hall, (1933)	Volume de madeira geral

Legenda: D = diâmetro (cm); Db = diâmetro da base (cm); DAP = diâmetro à altura do peito; H, Ht, h = altura (m); PS, B, BA, y = biomassa aérea; dg = DAP equivalente; DM = densidade da madeira; v = volume cilíndrico (dm³). C = Floresta Estacional Decidual; F = Floresta Estacional Semidecidual; Sd = Savana Florestada; Sa = Savana Arborizada; Sd = Savana gramíneo-lenhosa; Sp = Savana parque.

3.3. Biomassa e Carbono acima do solo

O total de biomassa referente às arbóreas nos estudos ficaram entre aproximadamente 8 a 180 mil megagramas (Mg) por hectare (ha). A biomassa aérea de outros compartimentos (vegetação rasteira, regeneração natural, herbáceas, necromassa lenhosa e serapilheira) ficaram em torno de 3 a 60 Mg ha⁻¹ (Figura 7).

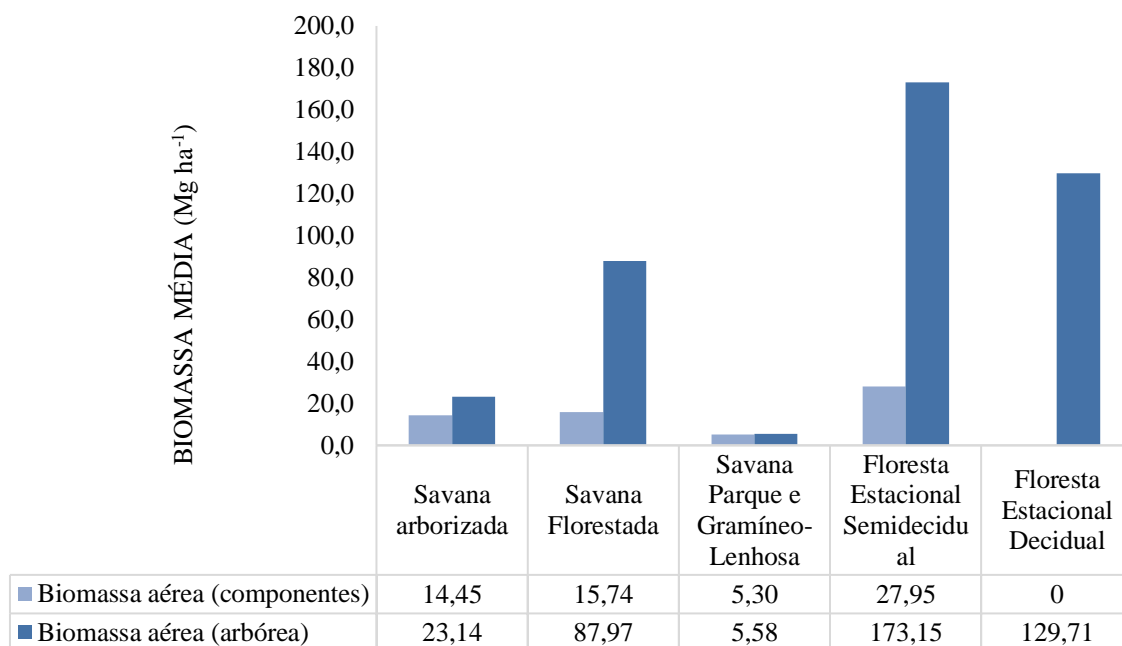


Figura 7. Valores referentes às biomassas médias aérea (componentes) e arbórea encontradas nos estudos por fitofisionomia.

Os valores de carbono médio nos trabalhos variaram de 0,8 a 50 (Mg ha⁻¹). O método indireto de quantificação de carbono foi o mais utilizado (Tabela 5). Percebemos que poucos estudos mensuram o carbono de outros compartimentos (herbáceo-arbustivo e necromassas).

Tabela 5. Densidade de carbono (Mg ha⁻¹) da vegetação acima do solo, número de publicações encontradas e tipo de obtenção do carbono dos estudos em cada fitofisionomia de Cerrado.

	Sa	Sd	Sg/Sp	C	F
Carbono médio (C Mg ha⁻¹)	22,46	25,79	4,37	29,47	16,32
Nº de publicações	14	4	3	1	5
Obtenção direta em laboratório	4	-	2	-	2
Obtenção por fator de conversão	10	4	1	1	3

Legenda: C Mg ha⁻¹ = carbono em megagramas por hectare; Sa= savana arborizada; Sd= savana florestada; Sg = savana gramíneo-lenhosa e Sp= savana parque; C= floresta estacional decidual; F; floresta estacional semidecidual.

3.4. Biomassa dos estratos de vegetação rasteira e necromassas

Os componentes do estrato herbáceo-arbustivo e necromassas apresentaram valores variados de biomassa. Em geral, os maiores valores encontrados foram no compartimento de necromassa, representada pela madeira morta e a serapilheira. Poucos estudos avaliaram a biomassa do componente de regeneração natural. Na fitofisionomia de floresta estacional decidual não foram encontrados nenhum trabalho com quantificação de biomassa dos componentes de sub-bosque e necromassa (Tabela 6).

Os valores médios da biomassa arbórea apresentaram variação entre as fitofisionomias de 5,58 Mg ha⁻¹ a 173,15 Mg ha⁻¹, já nos componentes dos estratos herbáceos-arbustivos variaram de 5,30 Mg ha⁻¹ a 27,95 Mg ha⁻¹. O menor valor de mediana do conjunto de valores de biomassa arbórea foi na savana parque e gramíneo-lenhosa de 3,09 Mg ha⁻¹ e o maior foi de 164,62 Mg ha⁻¹ na floresta semidecidual (Tabela 7). O boxplot além de ajudar a comparar visualmente os conjuntos de dados entre as fitofisionomias estudadas, mostra o intervalo de confiança e como ocorre a dispersão dos dados (Figura 8).

Tabela 6. Densidade de biomassa (Mg ha⁻¹) dos compartimentos (regeneração natural, herbáceas, vegetação rasteira, serapilheira e necromassa lenhosa) encontrados nos estudos no bioma Cerrado.

		<i>Sa</i>	<i>Sd</i>	<i>Sg/Sp</i>	<i>F</i>	<i>C</i>
Biomassa Serapilheira (Mg ha ⁻¹)	média	3,33	-	1,38	17,12	-
	total	103,26	11,67	31,79	34,24	-
Biomassa Necromassa lenhosa (Mg ha ⁻¹)	média	2,66	-	0,70	-	-
	total	111,64	4,07	20,18	-	-
Biomassa Regeneração Natural (Mg ha ⁻¹)	média	-	-	-	-	-
	total	2,47	-	4,30	-	-
Biomassa vegetação rasteira (Mg ha ⁻¹)	média	3,94	-	1,45	-	-
	total	19,71	-	8,68	3,54	-
Biomassa Herbácea (Mg ha ⁻¹)	média	1,45	-	1,77	-	-
	total	43,62	-	42,51	0,30	-

Legenda: Sa = savana arborizada; Sd = savana florestada; Sg/Sp = savana gramíneo-lenhosa/ savana parque; F = floresta estacional semidecidual; C = floresta estacional decidual.

Tabela 7. Biomassa média (Mg ha^{-1}), mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação (%) das arbórea acima do solo e de outros compartimentos (regeneração natural, herbáceas, vegetação rasteira, serapilheira e necromassa lenhosa) encontrados nos estudos no bioma Cerrado.

	savana arborizada	savana florestada	savana parque e gramíneo-lenhosa	floresta estacional semidecidual	floresta estacional decidual
BA \bar{x}	23,14	87,97	5,58	173,15	129,71
N	169	27	37	62	12
BA mediana	21,35*	72,60	3,90	164,62*	145,38
BA (S)	12,99	45,91**	6,94**	59,72	51,75**
BA CV%	0,56	0,52	1,24	0,34	0,40
BC \bar{x}	14,45	15,74	5,30	27,95	0
N	95	4	73	7	0
BC (S)	2,72	32,77	1,76	14,39	0,00
BC CV%	0,12	0,38	0,32	0,08	0,00
FEB (%)	62,45	17,89	94,98	16,14	-

Legenda: BA = biomassa arbórea; BC = biomassa de compartimentos de sub-bosque e/ou estrato de regeneração natural, herbáceo-arbustivo e necromassa; N = Número de indivíduos encontrados; \bar{X} = Média; S = Desvio Padrão; CV% = Coeficiente de variação percentual; FEB = fator de expansão de biomassa. * = valor de mediana, pois o conjunto de dados não possui distribuição normal; ** = média, pois o conjunto de dados possui distribuição normal.

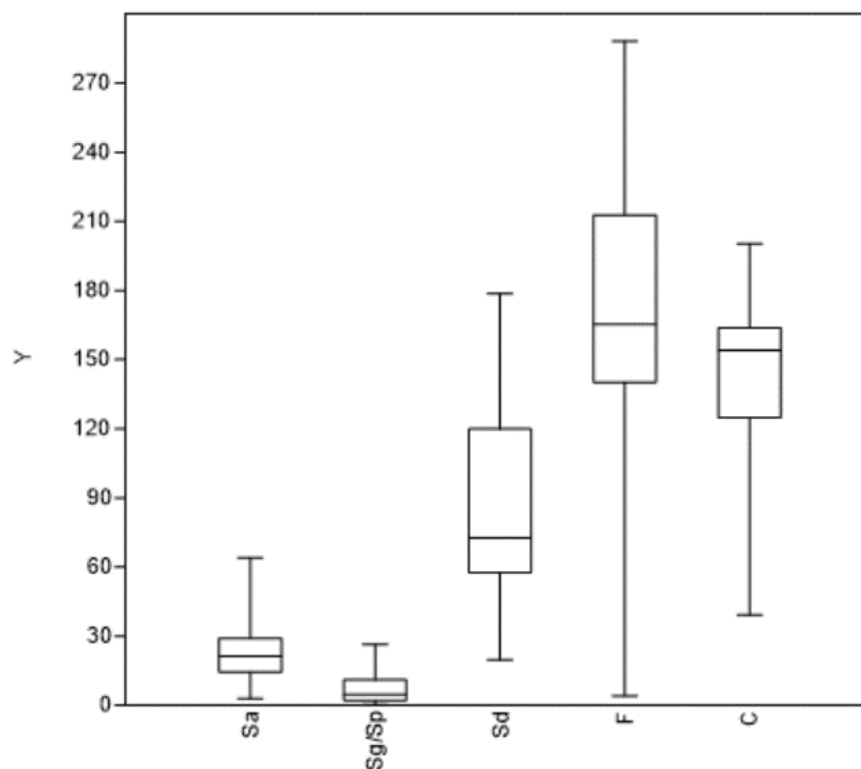


Figura 8. Boxplot dos dados de biomassa arbórea referente aos estudos encontrados. Sa = savana arborizada; Sg/Sp = savana gramíneo-lenhosa/ savana parque; Sd = savana florestada; F = floresta estacional semidecidual; C = floresta estacional decidual.

No boxplot aqui apresentado estão as médias de biomassa arbórea encontradas nos estudos. A caixa de amplitude interquartílica (retângulo) representa a metade, ou seja, 50% dos dados analisados. Na fitofisionomia Sa, observamos uma mediana (tendência central) com distribuição simétrica e com baixa variabilidade de dados. Apresenta limite superior de mais ou menos 70 Mg ha⁻¹. Na fitofisionomia Sg/Sp a mediana também possui uma distribuição com baixa dispersão de dados, não sendo superior a 30 Mg ha⁻¹. Já na Sd a mediana está próxima a 70 Mg ha⁻¹, o limite superior é de 150 Mg ha⁻¹ e o inferior próximo a 30 Mg ha⁻¹. Em Sd os dados são positivamente assimétricos, ou seja, com a maioria dos valores de biomassa acima da mediana (Figura 8).

No boxplot os dados de biomassa média da fitofisionomia F apresentam a mediana mais próxima ao primeiro quartil do boxplot, apresentando dados positivamente assimétricos, ou seja, a maioria dos valores de biomassa está acima da sua mediana 162,33 Mg ha⁻¹ (Tabela 7). O limite superior chega próximo a biomassa de 300 Mg ha⁻¹, apresentando alta dispersão dos dados pela grande amplitude dos limites. Esta fitofisionomia é a que possui a maior variabilidade de biomassa dentre todas estudadas (Figura 8).

Os dados de biomassa da C têm mediana em torno de 150 Mg ha⁻¹ e os dados são classificados como negativamente assimétricos, ou seja, a maioria dos dados observados estão no lado inferior da caixa interquartílica, com valores menores do que a mediana. O limite inferior está próximo a 50 Mg ha⁻¹ e o superior chegando a 200 Mg ha⁻¹. Assim, esse tipo fisionômico sempre apresenta altos valores de biomassa (Figura 8).

As análises estatísticas do teste KW mostraram que ocorrem diferenças significativas entre as medianas das populações (fitofisionomias). Destacam-se diferenças, por exemplo, entre os valores de biomassa nas fitofisionomias de floresta estacional semidecidual e de savana arborizada ($p < 0,05$). Já a biomassa das formações florestais (F, C e Sd) não tiveram diferenças significativas ($p > 0,05$).

4. DISCUSSÃO

4.1. Cientometria

A maior parte da cobertura vegetal original do Cerrado era composta de savana arborizada (48,7%) (BRASIL, 2020). A maioria de trabalhos encontrados também foram realizados nessa fitofisionomia (56%). De acordo com as análises dos estudos verificamos que regiões do sudoeste, do extremo oeste e do norte do bioma ainda são pouco estudadas. No país essas mesmas regiões são conhecidas pela ocorrência de pressões sobre a rápida expansão da agropecuária, que conseqüentemente impacta os recursos naturais. A região conhecida por MATOPIBA, ao norte do bioma, é um exemplo fundamental da rapidez com que o setor produtivo latifundiário expandiu na região sobre a vegetação natural do bioma Cerrado (Silva *et al.*, 2018).

Remanescentes de vegetação nativa do Cerrado se encontram principalmente nos estados do Mato Grosso (19%), Tocantins (18%), Maranhão (15%), Minas Gerais (18%) e Goiás (12%) (Alencar *et al.*, 2020). Em alguns desses estados, encontramos menos estudos de estoque de biomassa e carbono da vegetação nativa, como no Maranhão (0,5%), Mato Grosso (4%) e em Goiás (11%) (Figura 3).

Observamos que a temática biomassa no Cerrado apesar de já ter publicações há quatro décadas, só recebeu maior atenção em meados dos anos 2000, apresentando, assim, expansão após a primeira década do século 21. A análise da distribuição dos documentos publicados pelos anos é uma forma de possibilitar a representação da conhecimento (Vargas *et al.*, 2015).

Apesar do Brasil ter um grande número de periódicos na área das ciências agrárias, a concentração dos estudos na área florestal está em poucas revistas. Em um estudo recente sobre a distribuição da publicação científica em periódicos da área Agrárias I (onde as Ciências Florestais se inserem), a publicação brasileira se concentra em 29 periódicos nacionais e seis internacionais. E o periódico mais escolhido para divulgação da produção científica nessa área é a PLoS ONE (Public Library of Science), que possui Qualis A1 da

CAPES (Irizaga, 2019). Embora a revista PLoS ONE não seja a mais destacada na temática biomassa no Cerrado, verificamos ainda três artigos publicados na mesma.

Já a Revista *Árvore* foi a que apresentou maior número de publicações com o tema investigado (Figura 6). Ela possui em seu registro fator de impacto 0,382 e Qualis B1 para ciências agrárias I e A2 para ciências ambientais pela Capes, sendo editada pela Sociedade de Investigações Florestais, que a publica desde 1977. Já a *Forest Ecology and Management* foi o segundo periódico em destaque, possuindo edição pela Elsevier e registra Qualis A1 da CAPES nas áreas de Ciências Agrárias I, em Biodiversidade e em Ciências Ambientais.

Sobre as publicações de trabalhos de conclusão de pós-graduação com a temática, se destacaram as teses realizadas na Universidade de Brasília – UnB. Consideramos que esse perfil é mais comum na UnB pela universidade estar situada na região central do bioma, além, de possuir linhas de pesquisas na área temática deste trabalho há mais tempo que outras instituições. Ocorreu também uma importante concentração de trabalhos em livros e relatórios técnicos, demonstrando a importância dos inventários florestais que já foram realizados em extensos territórios de estados brasileiros, como Minas Gerais e Tocantins, apresentando assim seus dados de forma completa para a comunidade.

4.2. Equações Alométricas

Muitos trabalhos ainda utilizam equações generalizadas para florestas tropicais, ou seja, que não são específicas para o Cerrado, ou para uma fitofisionomia do bioma. As equações que foram elaboradas especificamente para vegetação no bioma Cerrado foram a dos seguintes autores: Abdala *et al.* (1998); Delitti *et al.* (2006); Rezende *et al.* (2006); Melo *et al.*, (dados não publicados, ver Pinheiro 2008); Ribeiro *et al.* (2011); Miguel (2014) Roitman *et al.* (2018), Scolforo *et al.* (2008), Venturoli & Sanquetta (2019).

As medidas de diâmetro e altura foram as principais variáveis independentes utilizadas nessas equações encontradas. O uso de densidade da madeira e volume como variáveis independentes nas equações também são utilizadas, mas são mais incomuns. Foram observadas estas variáveis nas equações das publicações de Chave *et al.* (2014), Ribeiro *et al.* (2011), Roitman *et al.* (2018) e Venturoli & Sanquetta (2019).

4.3. Biomassa e Carbono arbóreo

A grande maioria dos estudos de biomassa e carbono se concentra em áreas de Sa. No levantamento bibliográfico realizado foram identificados ao todo 40 trabalhos contendo estimativas de biomassa aérea (Apêndice A). Em relação à distribuição das fitofisionomias no bioma Cerrado 48,7% são áreas de Sa (BRASIL, 2020), facilitando assim, as oportunidades de mais áreas de estudo nessa fitofisionomia.

Nos estudos levantados em área de Sa, os valores de biomassa aérea lenhosa variaram de 2,90 Mg ha⁻¹ na região da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, Goiás (Guarino & Medeiros, 2005), a 64,10 Mg ha⁻¹ no município de Papagaios, MG (Scolforo *et al.*, 2008a). A baixa densidade arbórea nessa fitofisionomia é uma característica própria do ecossistema savânico, pesquisas apontam que o fogo, junto com a sazonalidade das chuvas e os acidez, fertilidade e profundidade dos solos, é um dos determinantes da forma da vegetação do cerrado (Miranda *et al.*, 2009; Miranda *et al.*, 2014). Estudos comprovam que áreas que tiveram perturbações, como a presença de fogo não natural por longos períodos podem reduzir a densidade das espécies no local, e que períodos de exclusão e proteção do fogo nessas áreas possibilitam a entrada de novas espécies, e consequentemente, o aumento de diversidade e de área basal (Libano & Felfili, 2006; Miranda *et al.*, 2009; Roitman *et al.*, 2008).

Nas fitofisionomias de savana parque e gramíneo-lenhosa (Sp/Sg) foram 37 estudos sobre estimativa de biomassa aérea (Apêndice E). O estoque de biomassa arbórea variou de 0,36 Mg ha⁻¹ em um campo limpo no Estado de Roraima (Barbosa & Fearnside, 2005) a 26,52 Mg ha⁻¹ em uma área de savana parque em Nova Crixás, GO (Baccarin, 2019). Como resolvemos abranger duas fitofisionomias, a amplitude de valores de biomassa ficou grande, devido principalmente, a diversificação dos ecossistemas. As savanas de gramíneo-lenhosas e parques são ecossistemas amplamente ensolarados, pelo fato de apresentarem baixa cobertura arbórea. Isso reflete em maiores densidade de biomassa em gramíneas, herbáceas e vegetação rasteira, em razão de boa parte dessas espécies serem classificadas como heliófitas (Barbosa & Fearnside, 2005).

Foram 14 estudos encontrados que quantificaram biomassa aérea em savana florestada (Sd). A biomassa arbórea estimada pelos estudos teve uma amplitude entre 14,56 Mg ha⁻¹ e 178,57 Mg ha⁻¹, obtidos respectivamente no Estado de Minas Gerais (Silveira *et al.*, 2019) e em Tocantins (Haidar *et al.*, 2013) (Apêndice B). Essa fitofisionomia possui

composição florística bastante variável e com intercalações com outras fitofisionomias, formando gradientes mais densos e menos densos (Felfili *et al.*, 1994; IBGE, 2012), mostrando assim, essa variabilidade de valores de biomassa observada (Figura 9).

Em inventários em Sd no estado do Tocantins observamos uma variação de biomassa arbórea de 29,56 Mg ha⁻¹ próximo à Palmas (Miguel *et al.*, 2015), a 178,57 Mg ha⁻¹ na região da bacia do Rio Coco (Haidar *et al.*, 2013). Em outro estudo realizado no estado de São Paulo com condições de antropização e áreas de transição no local de amostragem, a variação de biomassa foi de 33,4 Mg ha⁻¹ a 119,91 Mg ha⁻¹ (Kuntschik, 2004). Esses valores refletem a amplitude e diferenças na biomassa média encontrada nas áreas de Sd.

Nos trabalhos levantados na fitofisionomia de floresta estacional semidecidual (F) ocorreu uma variação de biomassa entre 4,2 Mg ha⁻¹ em Minas Gerais (Lopes & Miola, 2010) a 288,25 Mg ha⁻¹ na região da Bacia do Rio Araguaia no centro do estado do Tocantins (Haidar *et al.*, 2013) (Figura 9). Maiores valores de biomassa arbórea encontram-se em regiões de transição, como entre os biomas Cerrado e Amazônia. Por exemplo, no inventário florestal do estado do Tocantins foram encontrados valores de biomassa arbórea de 96,43 Mg ha⁻¹ a 285,97 Mg ha⁻¹ (Haidar *et al.*, 2013) (Apêndice C).

Entende-se que a cobertura arbórea nessas regiões de transição podem mesclar espécies de árvores dos dois biomas, além de modificar a estrutura das espécies, como suas alturas totais, influenciando assim nas composições gerais de biomassa acima do solo, bem como, a região possuir mais água, maior precipitação e solo mais fértil, como já visto em estudos realizados em zonas de transição de Cerrado (Marimon *et al.*, 2014; Morandi *et al.*, 2018; Scolforo *et al.*, 2015). Ao todo no levantamento foram amostradas 65 localidades na fitofisionomia do tipo F, deste total 16 foram em áreas de ecótono no estado do Tocantins, principalmente em transição com florestas ombrófilas do tipo (A) e decíduais do tipo (C).

A fitofisionomia C foi a que teve o menor número de trabalhos de florestas decíduais (4%). Em geral, observamos que os estudos de biomassa em florestas estacionais decíduais (C) são mais escassos e com informações reduzidas sobre a ocorrência dessas áreas no bioma Cerrado, foram levantados apenas 12 estudos de quatro autores diferentes (Apêndice D). A biomassa arbórea nesses estudos variou de 39,17 Mg ha⁻¹ na região nordeste de Goiás (Rocha, 2011), a 200,29 Mg ha⁻¹ referente ao inventário florestal do estado do Tocantins (Haidar *et al.*, 2013). Um dos trabalhos realizados no nordeste do estado de Goiás, no município de Campos Belos, teve como objetivo ajustar equações para estimar

biomassa e carbono através do procedimento não destrutivo chamado de Amostragem Aleatória de Ramos (AAR) testado em uma floresta (C). Esses autores estimaram em 45,01 Mg ha⁻¹ de biomassa e o carbono em 22,50 Mg ha⁻¹ (Lôbo, 2012).

4.4. Biomassa e Carbono nos componentes

Observamos que, em geral, há poucos estudos com objetivo de quantificar a biomassa nos compartimentos dos estratos de sub-bosque nas formações florestais e do estrato herbáceo-arbustivo e de necromassa nas formações savânicas (Apêndice A, B, C, D e E). Em relação aos estudos que quantificaram a densidade de biomassa do componentes de serapilheira no bioma Cerrado foram identificados 13 publicações na Sa, que variaram de 0,34 Mg ha⁻¹ em um estudo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Ottmar *et al.*, 2001) a 11,08 Mg ha⁻¹ em estudo no estado de Minas Gerais (Morais *et al.*, 2017). Nas fitofisionomias Sp/Sg foram seis estudos com variação de 0,07 Mg ha⁻¹ (Baccarin, 2019) a 5,24 Mg ha⁻¹ (Barbosa & Fearnside, 2005).

Dentre as formações florestais, apenas um estudo quantificou a biomassa da serapilheira na fitofisionomia de Sd em Limeira do Oeste, MG, com 11,67 Mg ha⁻¹ (Morais *et al.*, 2013). Foram encontrados dois trabalhos em Florestas estacionais semidecíduais (F), um em São Paulo com biomassa de 3,24 Mg ha⁻¹ (Moreira-Burger & Delitti, 1999), e outro no Paraná, com 31 Mg ha⁻¹ (Veres *et al.*, 2020). Nota-se que esse valor de serapilheira no estudo do Paraná é alto, comparado a outros encontrados para essa formação. Os autores atribuíram o alto valor à caducifolia das árvores de florestas semidecíduais. No entanto, podemos observar em outros estudos em florestas semidecíduais, também no estado do Paraná, mas que estão no bioma Mata Atlântica, valores densidade de biomassa de serapilheira de 8,21 Mg ha⁻¹ (Pimenta *et al.*, 2011) e 11,89 Mg ha⁻¹ de serapilheira (Toscan *et al.*, 2017).

Na formação de floresta estacional decidual verificamos que não há ocorrência de estudos referentes a biomassa de sub-bosque, o que representa uma lacuna de conhecimento sobre a composição de biomassa aérea desse ecossistema. Sugerimos mais estudos em florestas estacionais, sobretudo nas decíduais (C) do bioma Cerrado. Em geral, constatamos mais trabalhos voltados apenas para o componente serapilheira, os quais são associados à estimativa de estoques de nutrientes com a finalidade de entender a ciclagem

de nutrientes da vegetação (Alves *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2015; Dickow *et al.*, 2012; Godinho *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2007).

Quanto aos estudos que quantificaram a necromassa lenhosa no bioma Cerrado foram identificados 22 áreas amostradas em Sa, que variaram de 0,39 Mg ha⁻¹ no estado de Roraima (Barbosa & Fearnside, 2005) a 11,78 Mg ha⁻¹ na área da Embrapa Cerrados em Brasília, DF (Ottmar *et al.*, 2001). A necromassa lenhosa encontrada nos estudos em Sp e Sg variaram de 0,08 Mg ha⁻¹ na Reserva Ecológica do IBGE em Brasília, DF (Ottmar *et al.*, 2001), a 4,11 Mg ha⁻¹ em área da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, Goiás (Guarino & Medeiros, 2005), com um total de 19 áreas amostradas. Na fitofisionomia de Sd apenas um estudo quantificou necromassa, e obteve 4,07 Mg ha⁻¹ (Flores & Salis, 2014). Na floresta estaciona (F) foi encontrado também apenas um estudos de necromassa, com biomassa de 0,58 Mg ha⁻¹ no município de Nova Xavantina, MT (Carneiro *et al.*, 2019).

Essa entrada da necromassa lenhosa no solo dos ambientes naturais são explicadas por mortalidade ou por perturbações no dossel das árvores que a fazem perder seus ramos (Pietro-Souza *et al.*, 2012), sendo este um processo natural ou não. Projetos de qualidade ambiental de áreas nativas em processo de restauração ambiental já realizam avaliações de comparação de deposição de necromassa como indicador ambiental, através da função de produção e decomposição dessa biomassa (Arato *et al.*, 2003).

Os outros componentes que levantamos nos estudos foram herbáceas, vegetação rasteira e regeneração natural. Estes componentes, em relação aos demais avaliados, foram os que apresentaram os menores valores de biomassa e apenas nas fitofisionomias Sa e F encontramos estudos. A biomassa da vegetação rasteira na Sa variaram de 1,89 Mg ha⁻¹ no estado de Roraima (Barbosa & Fearnside, 2005) a 6,90 Mg ha⁻¹ na Reserva Ecológica do IBGE em Brasília, DF (Castro & Kauffman, 1998). Nessa mesma fitofisionomia apenas um estudo fez a quantificação da vegetação rasteira, obtendo 3,54 Mg ha⁻¹ (Veres *et al.*, 2020).

Os componentes do estrato herbáceo e de regeneração natural só foram encontrados em estudos da fitofisionomia (Sa). A biomassa das herbáceas variou de 0,27 Mg ha⁻¹ no Parque Nacional das Emas (Ottmar *et al.*, 2001) a 4,5 Mg ha⁻¹ na Reserva Ecológica do IBGE (Castro-Neves, 2007). Somente um trabalho quantificou a biomassa do componente de regeneração natural, obtendo 2,47 Mg ha⁻¹ em uma área próximo a Uberlândia, MG (Lilienfein *et al.*, 2001). Isso indica escassez de estudos voltados para a biomassa dos estratos herbáceo-arbustivo e de necromassa.

As formações florestais como Sd e C ainda são pouco estudadas no bioma Cerrado. Foram encontradas apenas 35 áreas amostradas para essas tipologias, representando 8% (Sd) e 4% (C) do total de estudos levantados (Apêndices B e C). Outros estudos semelhantes a este também avaliaram a distribuição de biomassa aérea no Cerrado, e realizaram as médias dos resultados de biomassa de cada fitofisionomia. No estudo de Roquette (2018) a média de biomassa aérea para cerrado sentido restrito (Sa) foi de 25,98 Mg ha⁻¹, para Cerradão (Sd) foi de 37,92 Mg ha⁻¹ e para Campo sujo foi de 9,72 Mg ha⁻¹. Para campo limpo (Sg) e floresta de galeria (F/Saf), o autor só levantou um trabalho de cada, sendo os valores de biomassas respectivamente, 5,50 Mg ha⁻¹ (Castro & Kauffman, 1998) e 24,57 Mg ha⁻¹ (Santana *et al.*, 2013). Outro estudo com o mesmo objetivo foi o de Miranda *et al.*, (2014) em que apresentou os valores médios de biomassa aérea da vegetação lenhosa subdivididos por formações savânicas, campestre e florestais, sendo respectivamente, 24,25 Mg ha⁻¹, 1,13 Mg ha⁻¹ e 79,66 Mg ha⁻¹.

Esses tipos de estudos são de extrema importância para ajudar a entender a real distribuição de biomassa aérea nas fitofisionomias. A quantificação da biomassa acumulada nas distintas fitofisionomias do bioma Cerrado, devem ser incentivadas, principalmente pelo grau de devastação que esse ecossistema chegou (Strassburg *et al.*, 2017). Tratando-se do impacto ocasionado no aquecimento global pelo desmatamento desse imenso bioma, faz-se complexa a estimativa do CO₂ já emitido à atmosfera, principalmente pelo fator heterogeneidade das fitofisionomias do Cerrado (Roquette, 2018). Portanto, a restauração e manutenção de áreas nativas de Cerrado se tornam imperativas para manter bons níveis de sequestro de carbono pelo ecossistema.

Sabemos que o Cerrado merece atenção especial, e existe uma alerta que a vegetação nativa do Cerrado está continuamente sendo convertida indiscriminadamente e ilegalmente para outros usos, levantando preocupações no mercado internacional de *commodities* (Rajão *et al.*, 2020). Segundo o Observatório do Clima e o SEEG, só em 2019 o Cerrado representou 6% (55,5 milhões de toneladas) das emissões nacionais de CO₂ provindas de desmatamento (Albuquerque *et al.*, 2020). Portanto, esse ecossistema precisa ter dados atualizados constantemente sobre a capacidade de sequestro e estoque de carbono na biomassa vegetativa para que programas de conservação possam ser desenvolvidos de forma regionalizada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos estudos são voltados a estimativa de biomassa arbórea acima do solo, em detrimento de biomassa de sub-bosque ou de estratos herbáceo-arbustivo e necromassa. A maior parte das amostragens de biomassa se concentraram na região core do Cerrado. Existe, portanto, uma necessidade de mais estudos na porção norte, nordeste e sudoeste do bioma, visto que são áreas atualmente com grande pressão sobre mudanças no uso da terra.

Observamos baixo número de publicações referente a biomassa e carbono em fitofisionomias de floresta estacional decidual (C), sendo esta formação uma das mais interessantes em densidade de biomassa devido a sua variação sazonal. Os maiores valores de densidade de biomassa se encontram na fitofisionomia de floresta estacional semidecidual (F). Essa fitofisionomia tem como determinante a semideciduidade da folhagem relacionada à estacionalidade. São áreas com cobertura vegetal abundante e dossel contínuo e predominância de espécies de grande porte, acarretando assim em grande densidade de biomassa.

Observamos ainda a importância de extensos inventários florestais realizados nos estados, os quais permitiram mapear a distribuição de biomassa por todo seu território. No entanto, estes estudos não abordaram a biomassa presente nos demais estratos da vegetação nativa do bioma. É imperativa a necessidade de aumentar o número de estudos para determinar a biomassa aérea de florestas estacionais decíduais e savana florestada do bioma Cerrado. Estimativas de biomassa acima do solo para arbóreas possuem metodologia bem definidas e são abundantes, enquanto as estimativas da biomassa dos componentes de sub-bosque e do estrado arbustivo não lenhoso, herbáceas e necromassas são menos comuns. Dessa forma, é interessante frisar a importância da padronização de métodos para a estimativa de biomassa nos ecossistemas vegetacionais nativos do Brasil.

Com base nestas informações, destacamos a relevância de estudos futuros que abordem não só biomassa referente as arbóreas, como também a biomassa dos componentes de sub-bosque para compreender a totalidade da biomassa e o carbono no ecossistema. Este mapeamento sistemático da literatura pode contribuir para o refinamento de dados de biomassa regionalizados para o Cerrado.

CAPÍTULO 2

BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM NIQUELÂNDIA, GOIÁS ¹

Luanna Elis Guimarães²

¹ Capítulo elaborado conforme as normas do PPGA UFG

² Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia - PPGA, Goiânia, Goiás, Brasil.

BIOMASSA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA, RASTEIRA E NECROMASSA EM FORMAÇÕES FLORESTAIS E SAVÂNICA EM NIQUELÂNDIA, GOIÁS.

Luanna Elis Guimarães^{1*}

^{1*}Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Goiás, Brasil – (*luanna.meioambiente@gmail.com)

Resumo

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados da América do Sul e demanda melhorias na criação de políticas públicas de manejo e conservação. Nesse sentido, o conhecimento sobre a biomassa e carbono na vegetação podem auxiliar na tomada de decisões governamentais para políticas climáticas. No entanto, ainda existem incertezas referentes aos estoques da biomassa nos estratos da vegetação e em fitofisionomias diferentes do Cerrado. Os objetivos desse estudo foram a) estimar a biomassa arbórea acima do solo, pelo método indireto, em quatro fitofisionomias em Niquelândia, Goiás: savana arborizada (Sa), savana florestada (Sd), floresta estacional semidecidual (Fa) e floresta estacional decidual montana (Cm); b) estimar a biomassa seca, pelo método direto, e desenvolver fatores de expansão de biomassa para os seguintes compartimentos: vegetação rasteira, regeneração natural, herbáceas, necromassa lenhosa e serapilheira. Esperava-se que a distribuição da biomassa entre compartimentos fosse diferente em Sa comparado às demais formações, com maior proporção de vegetação rasteira e herbácea. O trabalho foi desenvolvido na Reserva da Votorantim - Reserva Legados Verdes do Cerrado, em Niquelândia Goiás. Foram observados sinais de perturbação em Sa, Sd e Fa. A amostragem arbórea consistiu em 20 parcelas de 100 m² em cada fitofisionomia e incluiu árvores com diâmetro de base (tomado a 0,30 cm do solo) ≥ 5 cm para Sa e diâmetro a altura do peito (DAP) > 5 cm para as demais formações. A biomassa arbórea foi estimada com equações alométricas pré-selecionadas aplicadas a dados de altura e diâmetro. Em cada parcela foram coletadas amostras de biomassa dos seguintes compartimentos em cinco subparcelas de 1 m²: regeneração natural, vegetação rasteira, necromassa lenhosa e serapilheira. Para as herbáceas foram coletadas amostras em uma subparcela com dimensões 0,4 x 0,6 m. O material foi pesado em campo (peso fresco) e uma amostra representativa foi levada para determinação de seu peso seco em laboratório. A diferença na distribuição da biomassa entre as fitofisionomias foi testada por meio do Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$). A densidade da biomassa total acima do solo (Mg ha⁻¹) seguiu a ordem decrescente de 118,84 (Cm), 81,52 (Fa), 40,48 (Sd) e 19,09 (Sa). Embora em Sa a quantidade e proporção de biomassa dos compartimentos subarborescente (herbáceas e vegetação rasteira) tenham sido numericamente maiores que nas formações florestais, o teste Kolmogorov-Smirnov não apontou diferença significativa ($p > 0,05$) nas distribuições de biomassa entre as fitofisionomias. Em geral, os fatores de expansão produzidos nesse estudo são menores que aqueles encontrados na literatura. Recomendamos a utilização dos fatores de expansão de biomassa produzidos nesse estudo para vegetações com condições fisiográficas e ambientais, estrutura arbórea e regime de perturbação semelhantes.

Palavras-chave: Cerrado, fitomassa, fitofisionomias, equações alométricas, fator de expansão.

Abstract

The Cerrado is one of the most threatened biomes in South America and requires improvements in the creation of public policies for management and conservation. In this sense, knowledge about biomass and carbon in vegetation can assist in governmental decision-making for climate policies. However, there are still uncertainties regarding biomass stocks in different vegetation strata and in different vegetation types in the Cerrado. The objectives of this study were to a) estimate tree biomass aboveground biomass, by the indirect method, in four phytophysiognomies in Niquelândia, Goiás: wooded savanna (Sa), forested savanna (Sd), semideciduous seasonal forest (Fa) and montane deciduous forest (Cm); and b) estimate dry biomass, by the direct method, and develop biomass expansion factors for the following compartments: undergrowth, natural regeneration, herbaceous, woody necromass, and litter. It was expected that the distribution of biomass between compartments would be different in Sa compared to other formations, with a higher proportion of undergrowth and herbaceous compartments. The study was performed in the Votorantim Reserve - Reserva Legados Verdes do Cerrado, in Niquelândia Goiás. Signs of disturbance were observed in Sa, Sd and Fa. Tree sampling consisted of 20 plots of 100 m² in each phytophysiognomy and included trees with base diameter (taken at 0.30 cm from the ground) ≥ 5 cm for Sa and diameter at breast height > 5 cm for the others formations. Tree biomass was estimated with pre-selected allometric

equations applied to height and diameter data. In each plot, biomass samples were collected from the following compartments in five sub-plots of 1 m²: natural regeneration, undergrowth, woody necromass, and litter. For herbaceous samples were collected in a subplot with dimensions 0.4 x 0.6 m. Fresh biomass recorded in the field and a representative sample was taken to determine its dry mass in the laboratory. The difference in biomass distribution between phytophysiognomies was tested using the Kolmogorov-Smirnov ($p < 0.05$). In the review, 65 publications were found, in 415 locations, most of them in Tocantins and Minas Gerais, for the Sa phytophysiognomy and over the tree component. Total aboveground biomass density (Mg ha⁻¹) followed the decreasing order of 118.84 (Cm), 81.52 (Fa), 40.48 (Sd), and 19.09 (Sa). Although in Sa the amount and proportion of biomass in the sub-shrub compartment (herbaceous and undergrowth) was numerically greater than in forest formations, the Kolmogorov-Smirnov test showed no significant difference ($p > 0.05$) in biomass distributions between phytophysiognomies. In general, the expansion factors produced in this study are lower than the ones found in the literature. We recommend the use of the biomass expansion factors produced in this study for vegetations with similar physiographic and environmental conditions, tree structure and disturbance regime.

Keywords: Cerrado, phytomass, phytophysiognomies, allometric equations, expansion factor.

6. INTRODUÇÃO

As estimativas de biomassa da vegetação acima do solo são consideradas importantes indicadores de balanço global de carbono, além de servirem de base para previsões e diagnósticos futuros sobre mudanças climáticas (Dixon *et al.*, 1994; Ketterings *et al.*, 2001). Estimar a biomassa de componentes da vegetação acima do solo além do arbóreo é essencial para avaliar o potencial máximo desses ecossistemas em sequestrar carbono. No Cerrado, existem trabalhos voltados para esses compartimentos nas fitofisionomias de savana arborizada (Sa) (e.g. Ottmar *et al.*, 2001; Mota, 2017; Oliveira *et al.*, 2019a, 2019b; Carneiro *et al.*, 2019); nas savanas gramíneo-lenhosa (Sg) e parques (Sp) (e.g. Baccarin, 2019; Barbosa & Fearnside, 2005; Castro & Kauffman, 1998) na savana florestada (Sd) (e.g. Morais *et al.*, 2013; Flores & Salis, 2014); e nas florestas estacionais semidecíduais (F) (e.g. Moreira-Burger & Delitti, 1999; Ferreira *et al.*, 2018). No entanto, tais estudos não contemplam toda variabilidade fisionômica e ambiental no bioma. Além disso, poucos estudos contemplam de forma abrangente os diferentes compartimentos não arbóreos nas localidades estudadas (e.g. Barbosa & Fearnside, 2005; Castro-Neves, 2007; Castro & Kauffman, 1998; Oliveira *et al.*, 2019a; Oliveira *et al.*, 2019b; Ottmar *et al.*, 2001).

Diante disso, elaboramos duas hipóteses para verificar a distribuição de biomassa nas fitofisionomias. A vegetação de savana arborizada (Sa), por ter menor cobertura e maior espaçamento arbóreo que as outras fitofisionomias florestais, terá uma distribuição de biomassa entre os compartimentos diferente das demais (hipótese 1), com maior proporção do componente herbáceo-arbustivo (vegetação rasteira e herbáceas) (hipótese 2).

Com o propósito de diminuir incertezas sobre as estimativas de biomassa e estoque de carbono da vegetação e de diferentes compartimentos no Cerrado, o presente estudo, teve como objetivo estimar a biomassa de diferentes compartimentos acima do solo em quatro fitofisionomias (Sa, Sd, Fa e Cm) do Cerrado no município de Niquelândia, Goiás. Os objetivos específicos foram:

- a) Estimar a biomassa arbórea acima do solo, a partir da aplicação de equações alométricas a dados de inventário florestal nas quatro fitofisionomias.

- b) Estimar a biomassa seca, pelo método direto, e desenvolver fatores de expansão de biomassa para os seguintes compartimentos: vegetação rasteira (DAP < 5 cm e altura (h) \geq 1,5 m), regeneração natural (árvores e arbustos com h < 1,5 m), herbáceas, necromassa lenhosa (> 2,5 cm) e serapilheira.

Essas estimativas irão compor a base de dados de biomassa do Serviço Florestal Brasileiro e os fatores de expansão poderão ser aplicados aos dados do IFN.

7. MATERIAL E MÉTODOS

7.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Reserva Particular de Desenvolvimento Sustentável (RPDS) Legado Verdes do Cerrado – Fazenda Núcleo Engenho da Empresa Votorantim Metais, Niquelândia, Goiás, situada entre as latitudes 14°29'55" S e 14°44'3" S as longitudes 48°28'56" O e 48°24'54" O (Figura 9). A área da fazenda possui 32 mil hectares, dos quais 27 mil são totalmente preservados. O município apresenta altitude média de 764 m. Os solos predominantes na região são o Latossolo Vermelho Amarelo e o Neossolo Litólico (IBGE, 2020). A precipitação média anual é de 1.713 mm. A temperatura média anual é de 23,5°C, com temperatura mínima de 14°C a máxima de 35°C (Cardoso *et al.* 2014; INMET, 2019).

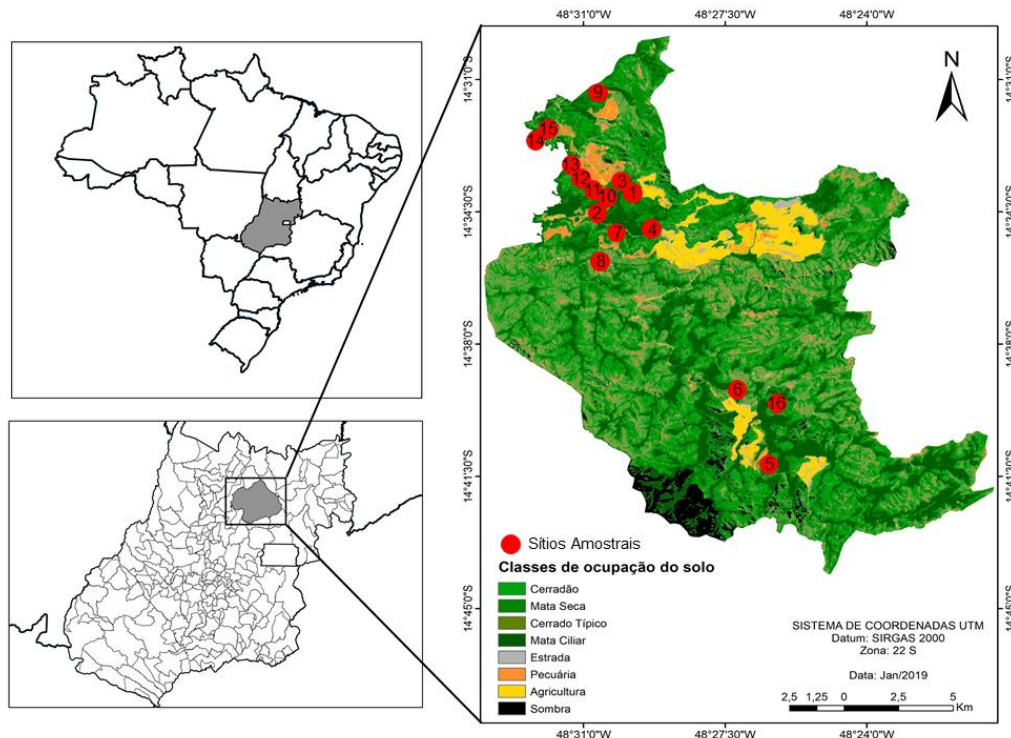


Figura 9. Mapa da área e dos sítios amostrados na Fazenda Engenho – Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado, município de Niquelândia, Goiás, Brasil. Fonte: (Rios *et al.*, 2019)

Foram escolhidas quatro fitofisionomias diferentes do bioma Cerrado: savana arborizada (Sa), savana florestada (Sd), floresta estacional semidecidual aluvial (Fa) e floresta estacional decidual montana (Cm). A classificação de cada fitofisionomia foi realizada de acordo com Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

A fim de elucidar e melhor definir as fitofisionomias estudadas neste trabalho correlacionamos as definições oficiais brasileiras (IBGE, 2012), com as definições mais utilizadas regionalmente (Ribeiro & Walter, 2008).

- A savana arborizada (**Sa**) compreende todos subgrupos classificados como campo cerrado, cerrado ralo, cerrado típico (sentido restrito) e cerrado denso. A característica principal da vegetação dessa tipologia é a presença de estrato arbóreo (baixo e tortuoso), arbustivo e herbáceo distribuídos espaçadamente na área.
- A savana florestada (**Sd**) corresponde ao cerradão que possui característica xeromórfica com espécies correspondentes às de cerrado típico e de matas secas.
- A floresta estacional semidecidual aluvial (**Fa**) é uma formação que apresenta semideciduidade foliar em função do clima estacional e permeia calhas dos rios. É classificada regionalmente por mata ciliar (rios de médio e grande porte).
- A floresta estacional decidual montana (**Cm**) corresponde a classificação regional de mata seca subtipo decídua. Esta formação florestal é determinada pela sua caducifolia durante a estação seca e condições edáficas do ambiente, e, geralmente ocupa áreas rochosas de origem calcária. Essa tipologia possui ocorrência em áreas disjuntas do bioma e por ser do tipo “montana” possui parâmetros altimétricos para determinadas faixas de latitude para classificá-la corretamente (IBGE, 2012).

Para contribuir de forma eficaz na abordagem científica quanto a aplicação dos cálculos de fatores de expansão, observamos o estado de conservação das áreas amostradas neste trabalho para fins de comparação com outros estudos. Foram registradas observações sobre qualquer sinal de perturbação em campo. Além disso, coletamos informações com os técnicos da reserva LVC . Foram observadas as seguintes perturbações ambientais:

- Nas áreas de savana arborizada (Sa) ocorreu um incêndio no período de seca do ano anterior às coletas (2017) (comunicação pessoal);

- Plantas com baixa área seccional, presença de gramíneas exóticas e clareiras nas áreas de savana florestada (Sd);
- Baixa área basal nas arbóreas das áreas amostradas em comparação com outras áreas de floresta estacional semidecidual aluvial (Fa);
- A floresta estacional decidual montana (Cm) não apresentou fortes indícios de perturbação ambiental.

Foi avaliada a distribuição de alturas, diâmetro e biomassa das arbóreas de cada fitofisionomia estudada.

7.2. Amostragem da vegetação

O período de realização deste trabalho compreendeu os anos de 2017 a 2019. Em cada uma das quatro fitofisionomias foram amostradas 20 parcelas (nas dimensões de 10 x 10 m), totalizando 2000 m² (0,2ha), distribuídas em quatro sítios. Como este estudo foi desenhado para que os resultados fossem diretamente aplicados aos dados do Inventário Florestal Nacional, a padronização das parcelas em 10 x 10 m seguiu o padrão adotado pelo Serviço Florestal Brasileiro de acordo com o Manual de Campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais do IFN (SFB, 2015). Os sítios foram previamente escolhidos em função de aspectos como a tipologia da vegetação e acessibilidade. Em cada sítio foi realizada a amostragem do tipo sistemática (Sanquetta *et al.*, 2014), com o estabelecimento de cinco parcelas, distribuídas ao longo de um transecto a cada 50 m (Figura 11). A soma total de amostragem foi de 80 parcelas e 16 sítios.

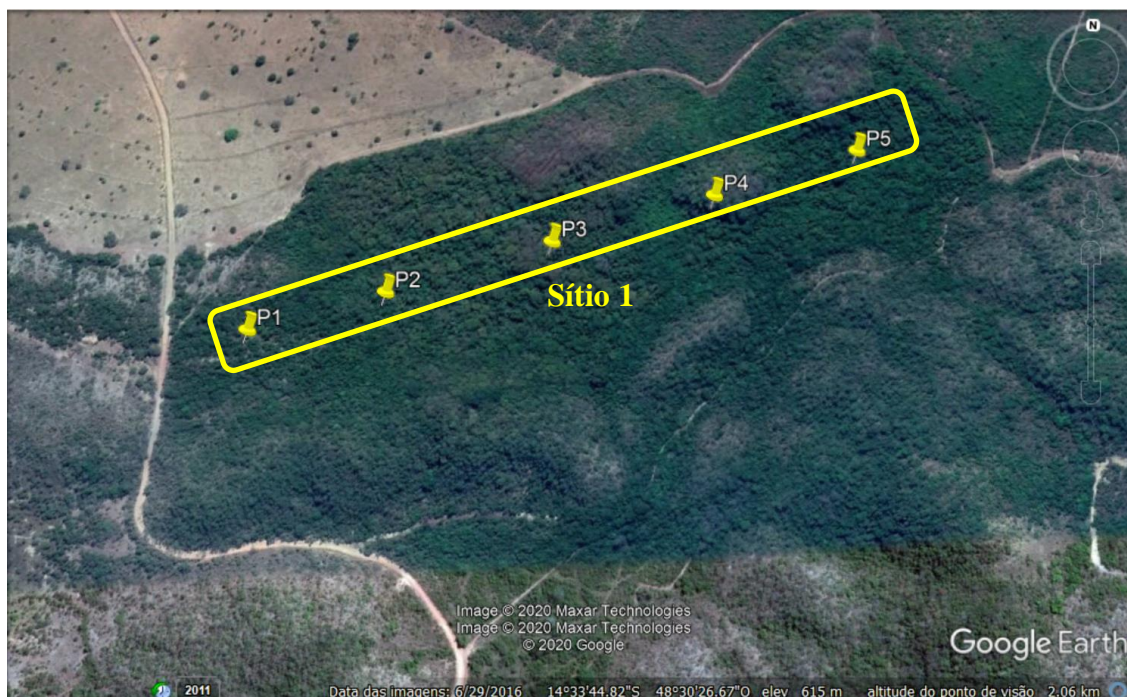


Figura 10. Localização das cinco parcelas distribuídas ao longo de um transecto, formando um sítio na fitofisionomia de floresta estacional decidual montana, na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado, município de Niquelândia, Goiás, Brasil. Fonte da imagem *Google Earth*.

Foram incluídas na amostragem todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) (tomado a 1,30 m do solo) ≥ 5 cm para as formações florestais e diâmetro de base (DB30) (tomado a 30 cm do solo) ≥ 5 cm para Sa. As árvores foram numeradas, identificadas em nível de espécie e tiveram a circunferência à altura do peito (para formações florestais) e de base (para Sa) e altura (h) medidas com fita métrica e clinômetro, respectivamente.

Na medição da altura com o clinômetro eletrônico, foram realizadas duas leituras de ângulos, uma na base e outra no ápice da árvore. O adensamento arbóreo dificulta ou impede a visualização do ápice de árvores muito altas, o que limita o uso do clinômetro. Por essa razão, a altura de árvores a partir de 20 metros foi estimada por meio de modelos de regressão (23 árvores em Fa e 35 em Cm). Foram ajustados modelos lineares simples, logarítmicos, polinomial e de potência, com o DAP como variável explanatória. Os modelos selecionados para Fa e Cm foram baseados em regressão logarítmica e tiveram coeficientes de correlação ($R^2 = 0,54$ e $R^2 = 0,38$), respectivamente. O critério de seleção das regressões foi pelos erros, que possuem distribuição normal ($p < 0,01$, Teste D'agostino) e são homocedástico (possui variância homogênea) (Figura 12).

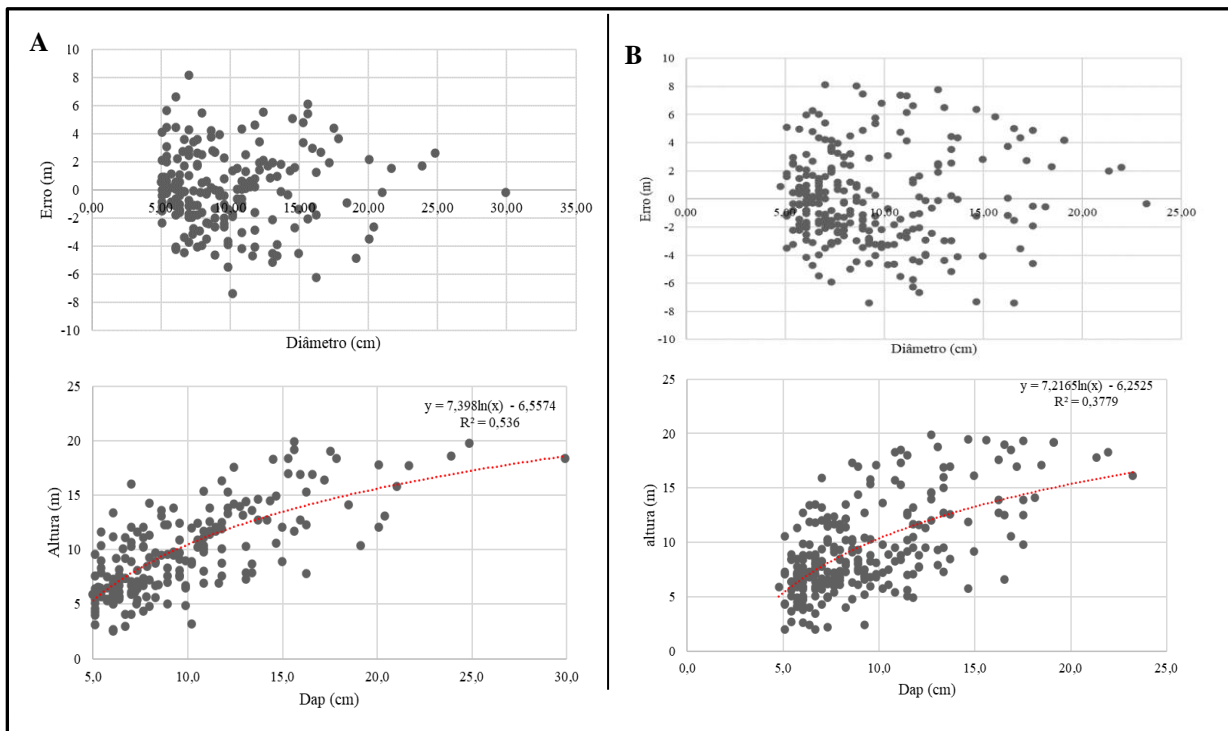


Figura 11. Gráficos de dispersão referentes às regressões e aos seus respectivos erros para estimar as alturas. A - Floresta estacional semidecidual aluvial (Fa); B - Floresta estacional decidual montana (Cm).

7.3. Amostragem de biomassa dos componentes: vegetação rasteira, regeneração natural, herbáceas, necromassa lenhosa e serapilheira

O período de coleta deste estudo foi realizado na estação chuvosa, entre os meses de novembro e fevereiro (2017-2018). Foi realizada a amostragem de biomassa, pelo método direto, dos seguintes compartimentos: regeneração natural [indivíduos arbóreos com DAP (para formações florestais) ou DB30 < 5 cm (para Sa) e $h \geq 1,5$ m] (Figura 15 A), vegetação rasteira (árvores e arbustos com $h < 1,5$ m) (Figura 15 B), herbáceas, necromassa lenhosa (com diâmetro > 2,5 cm) e serapilheira (galhos com diâmetro < 2 cm e todo material morto como miscelânea, folhas, flores, frutos, sementes e biomassa de insetos) (SFB, 2015). Em cada uma das parcelas do componente arbóreo (100 m²) foram estabelecidas cinco subparcelas (com dimensões de 1 x 1 m) para amostragem da vegetação rasteira,

regeneração natural, necromassa lenhosa e serapilheira. Para a amostragem das herbáceas foi utilizada uma subparcela (com dimensões 0,4 x 0,6 m) (Figura 13).

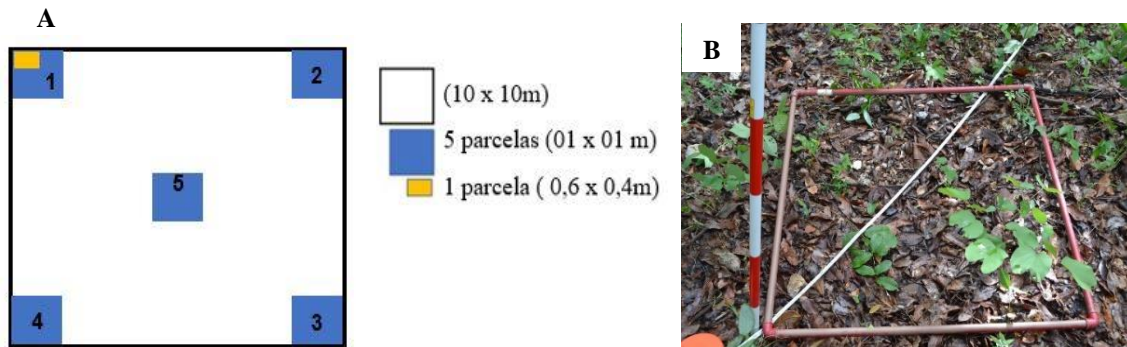


Figura 12. Subparcelas alocadas na parcela de 100m² para a coleta de biomassa nos compartimentos: herbáceas, regeneração natural, vegetação rasteira, necromassa e serapilheira. **A** - Croqui com os tamanhos da parcela e das subparcelas; **B** – Subparcela em campo de 01 x 01 metros.

Todo material coletado nas subparcelas foi pesado em campo (peso fresco) com balança de precisão da marca Bel Engineering com uma casa de precisão (Figura 14A). Quando o material era demasiadamente volumoso, a pesagem em campo foi realizada com o uso de um dinamômetro fixado a um tripé ou a uma estrutura alta, como por exemplo, galhos de árvores. O dinamômetro é do modelo PR5-CL marca Precision, e possui capacidade máxima de 500 Kg (Figura 14B).



Figura 13. Amostras dos compartimentos de sub-bosque sendo pesadas em campo. **A** - Balança de precisão utilizada da marca Bel Engineering. **B** - Pesagem de grande volume de biomassa utilizando o dinamômetro modelo PR5-CL marca Precision.

Para cada compartimento foi retirada uma amostra representativa de cada subparcela (de até 500 gramas), para a determinação de seu peso seco em laboratório. O material coletado em campo foi armazenado em sacos de plástico, identificados e encaminhados ao Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal de Goiás (UFG). O peso seco foi determinado por meio da secagem em estufa de ventilação forçada a uma temperatura de $70 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se massa seca constante.

A necromassa consiste em todo material vegetal morto sobre o solo do ecossistema florestal, sendo neste estudo subdividido em necromassa lenhosa e serapilheira. A necromassa lenhosa é definida por galhos e troncos mortos em estado variável de decomposição que apresentam tamanhos maiores que 2,5 cm de diâmetro (Figura 15 C). Já a serapilheira é também conhecida por liteira fina, que representa a biomassa que recobre o solo (dos ecossistemas, incluindo folhas, frutos, sementes, gravetos e galhos finos) com diâmetro < 2 cm (Barbosa, 2016; Parron *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2017) (Figura 15 D).

Consideramos como herbáceas as plantas com caules não lenhosos ou flexíveis, com altura inferior a 1 metro (Allaby, 2010; Ferri *et al.*, 1981). A amostragem da camada herbácea consistiu em apenas uma coleta do estrato herbáceo acima do solo dentro da subparcela com tamanho de 0,4 x 0,6 m (Figura 15 E).



Figura 14. Subparcelas para amostragem da biomassa vegetal dos componentes. **A** - Vegetação de regeneração natural sendo processada para a pesagem do peso fresco. **B** – Amostragem da vegetação rasteira (1 x 1 m). **C** – Necromassa lenhosa (1 x 1 m). **D** - Coleta de serapilheira a ser pesada *in loco*. **E** - Gabarito (0,4 x 0,6 m) da subparcela para as herbáceas.

7.4. Determinação da biomassa seca em laboratório

Foram coletadas 1.680 amostras de biomassa fresca (± 500 g cada) dos componentes da vegetação rasteira e necromassa. O material foi armazenado em sacos plásticos, identificados e encaminhados ao Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal de Goiás (UFG). Para a obtenção da biomassa seca, o material coletado foi transferido para sacos de papel do tipo Kraft, identificados e colocados em

estufas de circulação e renovação de ar por 72 horas a cerca de 65°C ou até atingir peso constante (Figura 16).



Figura 15. Estufa de circulação e renovação de ar com as amostras dos componentes do estrato herbáceo-arbustivo e necromassa coletados para avaliação de biomassa seca.

7.5. Estimativa de biomassa arbórea

A biomassa do componente arbóreo foi estimada com aplicação das equações referentes a cada fitofisionomia estudada (Tabela 8). A escolha das equações priorizou os critérios baseados na amostra destrutiva realizada para o seu ajuste [número de árvores amostradas (n), sua amplitude e distribuição diamétrica], estatísticas de ajuste [coeficiente de determinação ajustado (R^2_{ajust}) e erro padrão], análise gráfica dos erros e proximidade geográfica com área de estudo.

Tabela 8. Equações alométricas para estimar a biomassa arbórea acima do solo utilizadas para as fitofisionomias amostradas no presente estudo.

Fitofisionomia	Equação	R^2_{ajust}	Syx (Kg)	Syx (%)	Fonte
(Sa)	$y = [(409,0469739 * v^{0,97545}) * 1,17]/10^6$	0,92*	3,73	73,60	Roitman et al., 2018
(Sd)	$y = \exp[-12,2999911901 + 2,6961223975 \cdot \ln(dap) + 0,8094354054 \cdot \ln(h)]$	0,94	127,03	49,83	Scolforo et al., 2008
(Fa)	$y = \exp[-10,439791707 + 2,1182873001 \cdot \ln(dap) + 0,8339834928 \cdot \ln(h)]$	0,97	98,09	46,26	Scolforo et al., 2008
(Cm)	$y = \exp[-10,5940 + 1,6027 \cdot \ln(dap) + 1,5879 \cdot \ln(h)]$	0,88	98,23	49,37	Scolforo et al., 2008

Legenda: Sa = savana arborizada, Sd = savana florestada, Fa = floresta estacional semidecidual aluvial, Cm = floresta estacional semidecidual montana, y = biomassa arbórea acima do solo (Mg), dap = diâmetro a altura do peito (m), h = altura (m), v = volume cilíndrico (dm³) calculado a partir do diâmetro de base (tomado a 0,30 m de altura), R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; Syx = erro padrão (Mg), * = R² marginal, que representa a variância explicada pelos fatores fixos.

A estimativa de carbono dos componentes analisados foi realizada a partir dos seguintes fatores de conversão de biomassa em carbono: 0,46 para serapilheira (BRASIL, 2020; Ometto *et al.*, 2006) e 0,47 para os demais estratos da vegetação e de necromassa lenhosa (BRASIL, 2016b; Paustian, Ravindranath e Amstel, van, 2006).

7.6. Análise estatística

Para testar as hipóteses, comparamos a distribuição da biomassa dos compartimentos (arbóreas, herbáceas, vegetação rasteira, regeneração natural, serapilheira e necromassa lenhosa) entre as quatro fitofisionomias com o teste Komogorov-Smirnov ($p < 0,05$). Foram calculados os intervalos de confiança (95% de probabilidade) de todas as estimativas de biomassa nas quatro fitofisionomias.

7.7. Fator de expansão da biomassa (FEB)

Foram calculados os FEBs dos componentes (serapilheira, necromassa lenhosa, vegetação rasteira, regeneração natural e herbáceas) para cada fitofisionomia. O fator de expansão de biomassa representa a razão entre a biomassa de um compartimento e uma biomassa de referência, geralmente a biomassa arbórea acima do solo.

Equação:

$$FEB = \frac{\text{biomassa seca de um compartimento}}{\text{biomassa seca arbórea acima do solo}}$$

7.8. Carbono na área do Legado Verdes do Cerrado (LVC)

Foram realizadas estimativas de carbono (Mg) da área total da Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado (LVC) em Niquelândia, Goiás. A área (ha) referente às diferentes classes de vegetação nativa e as classes de agricultura e pastagem foi obtida a partir do estudo de Rios *et al.* (2019).

Os fatores de conversão de biomassa para carbono foram de 0,46 para serapilheira (Ometto *et al.*, 2006), 0,52 para agricultura (soja) (Wolf *et al.*, 2015) e 0,47 para

os demais compartimentos da vegetação (Brasil, 2016, IPCC 2006). O valor de carbono acima do solo para pastagem foi calculado considerando uma densidade de biomassa acima do solo 6,2 t/ha, (IPCC 2006, Tabela 6.4). O valor de carbono para agricultura foi obtido a partir da densidade de carbono total = 5,18 t/ha (Brasil 2016, Tabela 40) e fator de expansão da biomassa radicular (soja) = 0,19 (Wolf et al., 2015).

8. RESULTADOS

8.1. Análise da estrutura arbórea

Através do histograma de frequência de alturas (h) de cada fitofisionomia estudada identificamos que as menores alturas apresentaram maiores frequências de indivíduos, e à medida em que se aumenta as classes de alturas, esta frequência de indivíduos diminui. Podemos observar que a distribuição de frequência tende a ter maior número de indivíduos nas classes iniciais, com altura entre 2,8 m a 10 m, que juntas representam cerca de 80% do total de indivíduos amostrados na área. Respectivamente a Sa, Sd, Cm e Fa, apresentaram altura mediana de 3,60 m, 6,70 m, 8,90 m e 9,80 m. Já a altura média foi na devida ordem 4,01 m, 7,40 m, 10,09 m e 10,49 m (Figura 10).

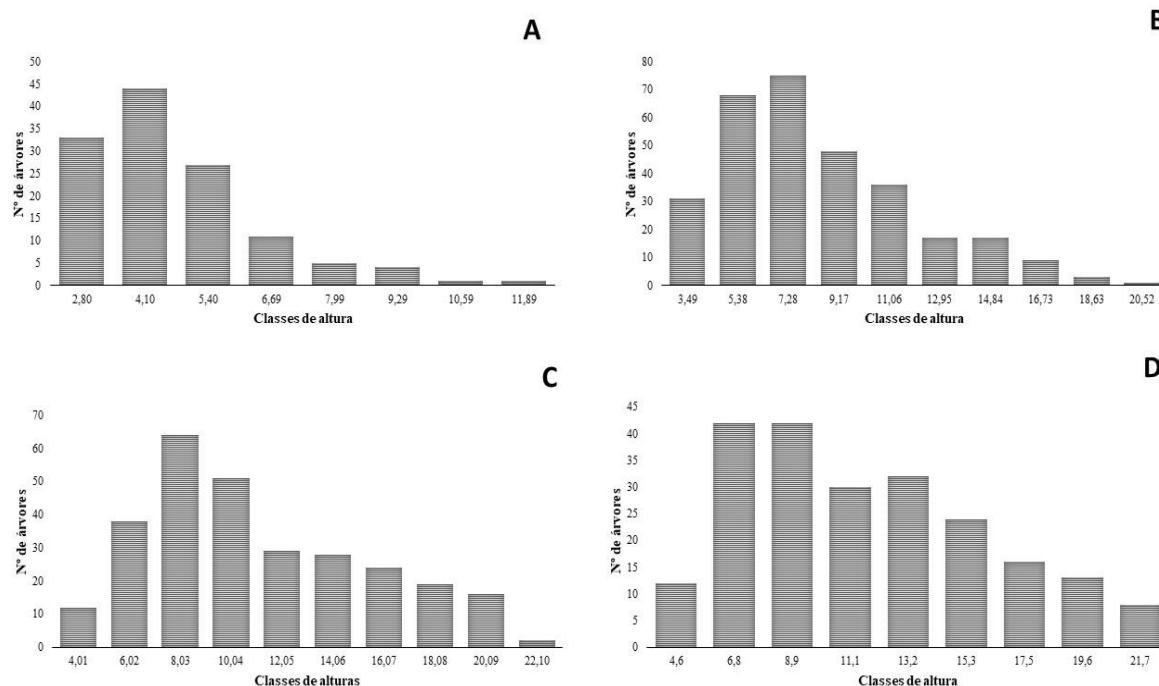


Figura 16. Histograma de frequência de altura (h) em metros da vegetação estudada na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás. A - Classes de alturas na savana arborizada (Sa); B - Classes de alturas na savana florestada (Sd); C - Classes de alturas na floresta estacional decidual montana (Cm); D - Classes de alturas na floresta estacional semidecidual aluvial (Fa).

Nas quatro fitofisionomias foram registrados 933 indivíduos em 0,8 hectares amostrados ($\pm 1.166 \text{ ind. ha}^{-1}$). Sobre a riqueza de espécies encontradas, foram identificadas 154 espécies distribuídas em 46 famílias botânicas, sendo 36 espécies arbóreas na fitofisionomia de Sa, 76 espécies em Sd, 65 espécies na Cm e 73 espécies na Fa. As estimativas de densidade de indivíduos por hectare por fitofisionomia foram apresentadas da seguinte forma: na savana florestada obteve-se o maior número 1.525, em contraste com a savana arborizada com apenas 630 indivíduos por hectare, apresentando o menor número dentre todas as tipologias. Nas formações de floresta estacional a fitofisionomia Fa apresentou 1.095, e a Cm estimou 1.415 ind. ha^{-1} .

8.2. Biomassa arbórea

A fitofisionomia com maior densidade de biomassa arbórea foi a floresta estacional decidual montana ($113,67 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguida de floresta estacional semidecidual aluvial ($76,62 \text{ Mg ha}^{-1}$), savana florestada ($35,09 \text{ Mg ha}^{-1}$) e savana arborizada ($15,57 \text{ Mg ha}^{-1}$). Dentre as formações florestais, Sd teve a maior densidade de árvores por hectare e a menor área basal e biomassa (Tabela 9).

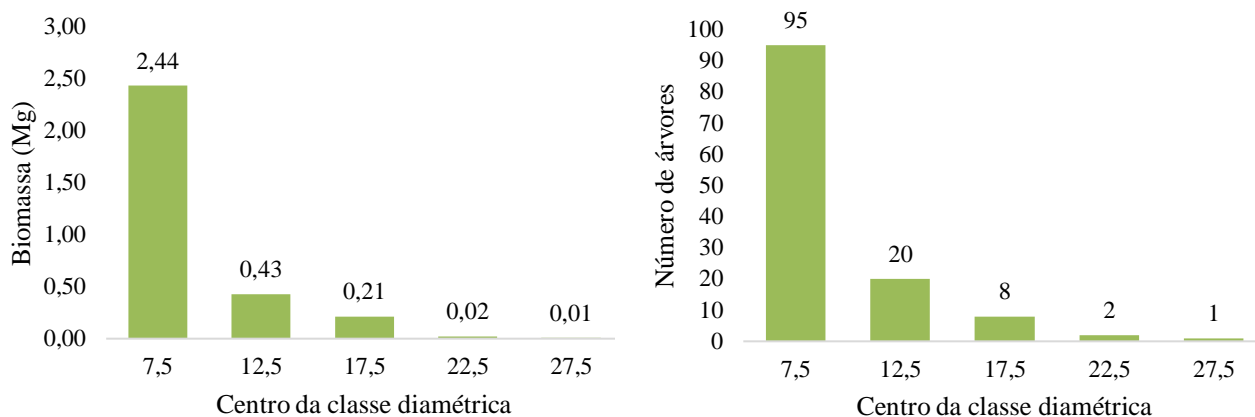
Tabela 9. Densidade (ind./ha), área basal (m^2/ha), carbono e biomassa arbórea acima do solo (Mg ha^{-1}) nas quatro fitofisionomias amostradas no presente estudo.

Fitofisionomia	Densidade (ind./ha)	Área basal (m^2/ha)	Biomassa Mg ha^{-1} ($\pm\text{IC}$)	Carbono Mg ha^{-1} ($\pm\text{IC}$)
Sa	630	7,38	15,57 (5,14)	7,32 (2,42)
Sd	1525	14,50	35,09 (11,99)	16,49 (5,63)
Fa	1095	15,18	76,62 (25,60)	36,01 (12,03)
Cm	1415	16,70	113,67 (28,92)	53,42 (13,59)

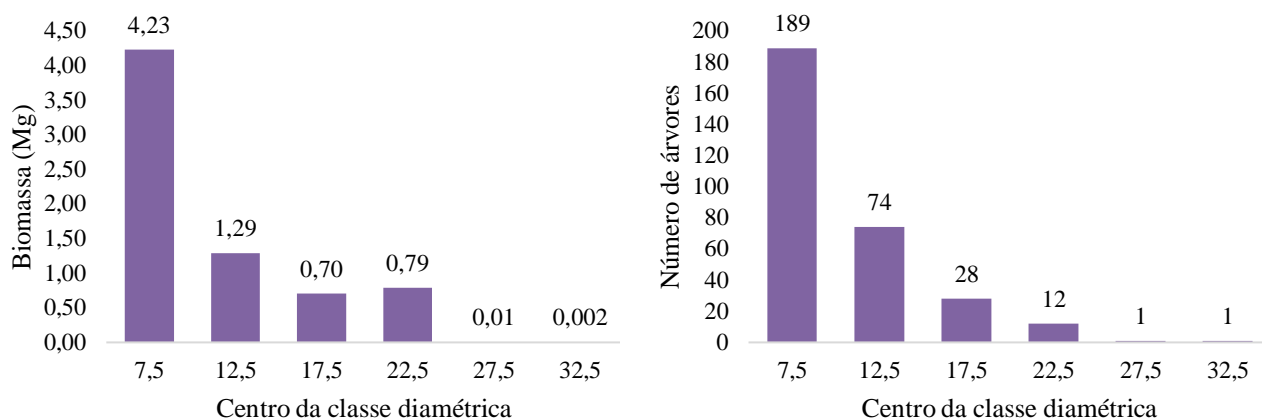
Legenda: $\pm\text{IC}$ = intervalo de confiança; **Sa** = savana arborizada; **Sd** = savana florestada; **Fa** = floresta estacional semidecidual aluvial; **Cm** = floresta estacional semidecidual montana.

As menores classes diamétricas contêm maior densidade de indivíduos e biomassa (Figura 17 A, B, C e D), com exceção de Fa que apresentou elevada biomassa em outras classes diamétricas (17 C).

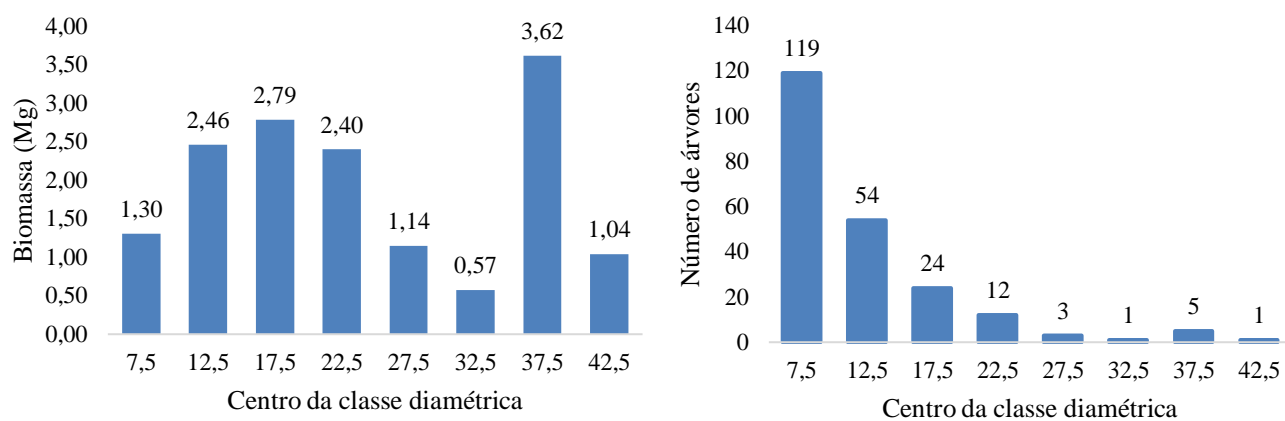
A – Savana arborizada (Sa)



B – Savana Florestada (Sd)



C – Floresta estacional semidecidual aluvial (Fa)



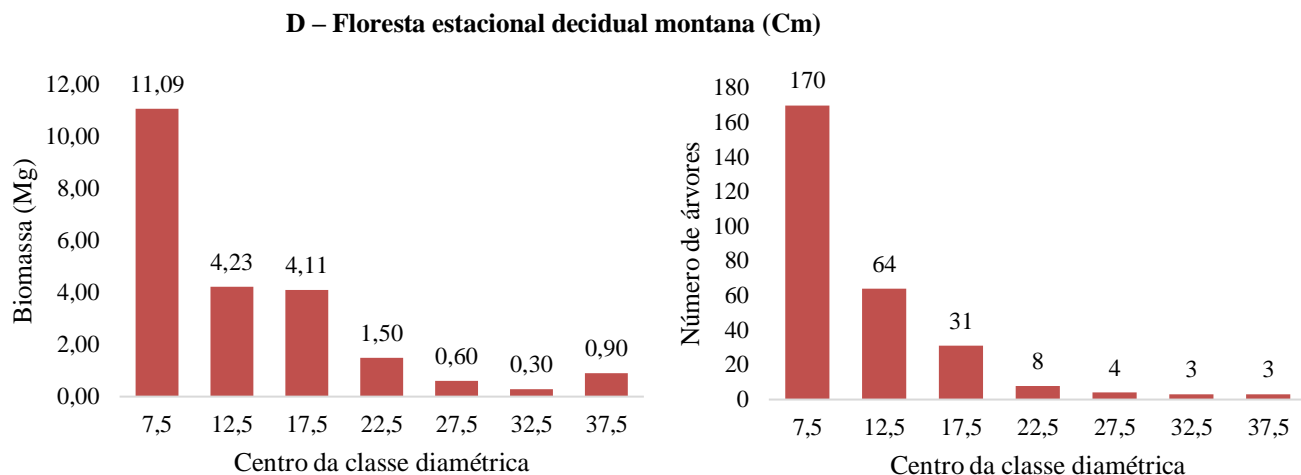


Figura 17. Biomassa (Mg) e do número total de árvores por classe diamétrica em cada fitofisionomia (tamanho da área amostrada por fitofisionomia = 0,2 ha). **A** = Savana arborizada; **B** = Savana florestada; **C** = Floresta estacional semidecidual aluvial; **D** = Floresta estacional decidual montana.

8.1. Biomassa dos compartimentos dos estratos de sub-bosque, herbáceo-arbustivo e de necromassas

Depois da biomassa arbórea, a maior parte da biomassa acima do solo foi encontrada na serapilheira em todas as fitofisionomias estudadas. Já a menor parte de biomassa foi encontrada na vegetação rasteira nas fitofisionomias de Sa, Sd e Fa, e apenas na fitofisionomia de Cm o compartimento de herbáceas foi o menor (Tabela 10).

Embora em Sa a quantidade e proporção de biomassa dos compartimentos subarbustivo (herbáceas e vegetação rasteira) tenham sido numericamente maiores que nas formações florestais, o teste Kolmogorov-Smirnov não apontou diferença significativa ($p > 0,05$) nas distribuições de biomassa entre as fitofisionomias, refutando assim as hipóteses.

Tabela 10. Estoque de biomassa e carbono (Mg ha^{-1} e $\pm\text{IC}$) dos componentes de serapilheira, necromassa lenhosa, regeneração natural, vegetação rasteira e herbáceas nas fitofisionomias de Cerrado na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.

Fitofisionomias	Serapilheira		Necromassa lenhosa		Regeneração natural (DAP < 5 cm e h \geq 1,5 m)		Vegetação rasteira (árvores e arbustos com h < 1,5 m)		Herbáceas	
	Biomassa	Carbono	Biomassa	Carbono	Biomassa	Carbono	Biomassa	Carbono	Biomassa	Carbono
	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}	Mg ha^{-1}
Sa	1,58	0,73	0,27	0,13	0,45	0,21	0,54	0,25	0,68	0,32
	($\pm 0,54$)	($\pm 0,25$)	($\pm 0,20$)	($\pm 0,10$)	($\pm 0,32$)	($\pm 0,15$)	($\pm 0,16$)	($\pm 0,08$)	($\pm 0,31$)	($\pm 0,15$)
Sd	3,13	1,44	0,66	0,31	0,93	0,44	0,32	0,15	0,35	0,16
	($\pm 0,18$)	($\pm 0,08$)	($\pm 0,19$)	($\pm 0,09$)	($\pm 0,28$)	($\pm 0,13$)	($\pm 0,13$)	($\pm 0,06$)	($\pm 0,17$)	($\pm 0,08$)
Fa	2,59	1,19	1,23	0,58	0,46	0,22	0,23	0,11	0,40	0,19
	($\pm 0,22$)	($\pm 0,10$)	($\pm 0,31$)	($\pm 0,14$)	($\pm 0,18$)	($\pm 0,08$)	($\pm 0,09$)	($\pm 0,04$)	($\pm 0,23$)	($\pm 0,11$)
Cm	2,79	1,28	1,05	0,49	0,82	0,39	0,26	0,12	0,25	0,12
	($\pm 0,26$)	($\pm 0,12$)	($\pm 0,34$)	($\pm 0,16$)	($\pm 0,33$)	($\pm 0,15$)	($\pm 0,09$)	($\pm 0,04$)	($\pm 0,18$)	($\pm 0,08$)

Legenda: IC (\pm) = intervalo de confiança; Sa = Savana arborizada; Sd= Savana florestada; Fa= Floresta estacional semidecidual aluvial; Cm =Floresta estacional decidual montana.

8.2. Fator de expansão da biomassa (FEB)

A vegetação que teve a maior contribuição do componente não arbóreo para a biomassa total acima do solo foi Sa (23%), seguida de Sd (13%), Fa (6%) e Cm (4%). O componente que mais contribuiu para a biomassa acima do solo (não arbórea) foi a serapilheira (Tabela 11).

Tabela 11. Fatores de expansão de biomassa, em porcentagem, para diferentes compartimentos de necromassa e do estrato herbáceo-arbustivo e seus respectivos intervalos de confiança para as quatro fitofisionomias amostradas na Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.

<i>Fitofisionomias</i>	Serapilheira (%)	Necromassa lenhosa (%)	Regeneração natural (%)	Vegetação rasteira (%)	Herbáceas (%)
Sa	10,15 (±3,47)	1,73 (±1,28)	2,91 (±2,06)	3,47 (±1,03)	4,37 (±0,96)
Sd	8,92 (±0,51)	1,88 (±0,54)	2,65 (±0,80)	0,91 (±0,37)	1 (±0,48)
Fa	3,38 (±0,29)	1,60 (±0,41)	0,60 (±0,24)	0,29 (±0,12)	0,52 (±0,14)
Cm	2,46 (±0,23)	0,92 (±0,30)	0,72 (±0,29)	0,23 (±0,08)	0,22 (±0,07)
Total/componente	24,90	6,14	6,88	4,91	6,11

Legenda: IC (±) = intervalo de confiança; Sa = Savana arborizada, Sd = Savana florestada, Fa = Floresta estacional semidecidual aluvial, Cm = Floresta estacional decidual montana. Para a fitofisionomia Sa foi usado o diâmetro de base (tomado a 30 cm do solo) para determinar a biomassa arbórea e para as demais vegetações foi usado o diâmetro a altura do peito (tomado a 1,30 m do solo).

8.1. Carbono acima do solo da Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado

Foi estimado 691.140,08 toneladas de carbono, com base nas classes de cobertura e uso da terra da Reserva Votorantim Legado Verdes do Cerrado (LVC) em Niquelândia, Goiás (Tabela 12).

Tabela 12. Biomassa e carbono acima do solo em diferentes compartimentos da vegetação em quatro fitofisionomias e em áreas de pastagem e agricultura na Reserva Legado Verdes do Cerrado em Niquelândia, Goiás.

Classes de cobertura e uso da terra	Área (ha)	Densidade de biomassa (t ha ⁻¹)						Biomassa total (t)	Carbono total (t)
		Árvores	Vegetação rasteira	Herbáceas	Regeneração	Necromassa lenhosa	Serapilheira		
Cerrado típico (Sa)	5890	15,57	0,54	0,68	0,45	0,27	1,58	112.440,10	52.753,79
Cerradão (Sd)	7802,04	35,09	0,32	0,35	0,93	0,66	3,13	315.826,58	148.194,29
Mata ciliar (Fa)	4604,7	76,62	0,23	0,40	0,46	1,23	2,59	375.426,90	176.331,38
Mata seca (Cm)	5447,86	113,67	0,26	0,25	0,82	1,05	2,79	647.423,68	304.137,14
Agricultura	1476,58	-	-	-	-	-	-	12.360,51	6.427,47
Pastagem	1131,1	-	-	-	-	-	-	7.012,82	3.296,037
Total	26.352,35	-	-	-	-	-	-	1.470.490,59	691.140,08

Legenda: t ha⁻¹ = tonelada por hectare; as siglas entre parênteses ao lado das fitofisionomias indicam a correspondência da classificação de Ribeiro e Walter (2008) com a classificação oficial do IBGE (Sa = savana arborizada, Sd = savana florestada, Fa = floresta estacional semidecidual aluvial, Cm = floresta estacional semidecidual montana). A área total das classes de uso e cobertura da terra foi estimada por Rios *et al.* (2019). Os fatores de conversão de biomassa para carbono foram de 0,46 para serapilheira (Ometto *et al.*, 2006), 0,52 para agricultura (soja) (Wolf *et al.*, 2015) e 0,47 para os demais compartimentos da vegetação (Brasil, 2016, IPCC 2006). O valor de carbono acima do solo para pastagem foi calculado considerando uma densidade de biomassa acima do solo 6,2 t/ha, (IPCC 2006, Tabela 6.4). O valor de carbono para agricultura foi obtido a partir da densidade de carbono total = 5,18 t/ha (Brasil 2016, Tabela 40) e fator de expansão da biomassa radicular (soja) = 0.19 (Wolf *et al.*, 2015).

9. DISCUSSÃO

9.1. Comparação com outros estudos de biomassa no bioma Cerrado

9.1.1. Biomassa em Savanas arborizadas (Sa)

A biomassa arbórea encontrada no presente estudo ($15,57 \text{ Mg ha}^{-1}$) está abaixo da mediana encontrada nos estudos para essa fisionomia (mediana $21,35 \text{ Mg ha}^{-1}$, desvio padrão = $12,82 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 8, capítulo 1). A biomassa de Sa no Cerrado tem alta variabilidade e não apresenta distribuição normal ($p < 0,05$). No cerrado ralo, varia entre $2,9 \text{ Mg ha}^{-1}$, (em Luziânia, GO) (Guarino & Medeiros, 2005) a $29,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ (no Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG) (Ottmar *et al.*, 2001). No cerrado típico, varia entre $3,13 \text{ Mg ha}^{-1}$ (no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO) (Miranda 2012) a $64,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ (em Papagaios, MG) (Scolforo *et al.*, 2008).

A biomassa da serapilheira neste estudo foi de $1,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Tabela 10), valor próximo ao limite inferior encontrado no Cerrado, que varia de $0,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ (em cerrado ralo no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO) (Ottmar *et al.*, 2001) a $11,08 \text{ Mg ha}^{-1}$ (em Minas Gerais) (Morais *et al.*, 2017) (Apêndice A).

Dentre os 30 estudos que avaliaram o compartimento arbóreo acima do solo e serapilheira, os fatores de expansão são muito variáveis (de 2,68% a 107,14%), com média de 22,43% (CV = 104,4%). O FEB para serapilheira de Sa deste estudo foi 10,14%, valor abaixo da média e próximo aos FEBs encontrados em Curvelo, MG (10,04%) (Ribeiro *et al.*, 2011), Brasília, DF (11,18% e 12,64%) (Castro-Neves 2007) e em 18 áreas amostradas por Ottmar *et al.* (2001) no bioma (DF, GO, MG, MT).

Na versão de consulta pública da Quarta Comunicação Nacional sobre Mudanças no Clima (4ªCN) foi utilizado um FEB que inclui serapilheira, gramíneas e dicotiledôneas (herbáceas) no valor de 26% (BRASIL, 2020). Ao considerarmos mais esses três compartimentos no nosso estudo (que correspondem à serapilheira, vegetação rasteira e às herbáceas) o FEB foi um pouco menor (18%).

A quantidade de serapilheira tende a variar ao longo do ano. Em um cerrado típico no DF foi observada uma variação entre 3,62 Mg ha⁻¹ (na estação chuvosa) a 11,51 Mg ha⁻¹ (na estação seca) (Matos *et al.*, 2017). Vale ressaltar que o período de coleta deste estudo foi realizado na estação chuvosa, entre os meses de novembro e fevereiro. Isso pode ter contribuído para os valores relativamente baixos de biomassa encontrados para serapilheira. Ao se comparar dados de serapilheira é preciso considerar a estação da coleta. A fim de se obter uma média anual de serapilheira, devem ser feitas durante período de um ano, ou, pelo menos uma medição em cada uma das duas estações climáticas.

A necromassa lenhosa deste estudo (0,27 Mg ha⁻¹) também foi menor que o limite inferior da literatura (de 0,72 Mg ha⁻¹ a 6,41 Mg ha⁻¹), encontrados no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO e no Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG (Ottmar *et al.*, 2001). A média de biomassa dos estudos levantados foi de 3,88 Mg ha⁻¹, com desvio padrão de 2,62 Mg ha⁻¹, e distribuição normal ($p > 0,05$). O fator de expansão de necromassa lenhosa também foi baixo (1,73%), menor do que o valor mínimo encontrado na literatura, que vai de 6,1% a 140,8% (Apêndice F).

Vale ressaltar que na vegetação de Sa ocorreu um incêndio florestal na estação seca do ano anterior à coleta de dados. Isso pode ter contribuído para os baixos valores de encontrados de necromassa (serapilheira e madeira morta). Autores que avaliaram estoque de necromassa no Cerrado chamam a atenção sobre a redução desse material no ambiente devido as queimadas (Carneiro *et al.*, 2019).

A biomassa da vegetação herbácea em Sa (0,68 Mg ha⁻¹) foi a maior encontrada entre todas fitofisionomias neste estudo. Contudo, entre os valores encontrados para Sa na literatura, ele foi próximo ao menor valor observado, que variou entre 0,27 Mg ha⁻¹ (no Parque Nacional das Emas, GO (Ottmar *et al.*, 2001) e 4,50 Mg ha⁻¹ na Reserva Ecológica do IBGE, DF (Castro-Neves, 2007).

O FEB para herbáceas foi de 4,37%. Esse valor é menor do que a média encontrada na literatura (13,31%, CV =149,82%). Os FEBs para herbáceas são variáveis e com grande amplitude (0,66 % a 87,43%). O nosso valor foi próximo aos valores encontrados por Ottmar et al. (2011) em GO, MG e DF (4,74%, 3,69% e 4,05%, respectivamente). A proporção de gramíneas também pode variar, a depender do sombreamento arbóreo, da estação do ano na amostragem e do regime do fogo no ambiente (Castro & Kauffman, 1998)

A biomassa da vegetação rasteira neste trabalho ($0,54 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi menor que o limite inferior dos valores encontrados na literatura, que variou entre $1,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ em RR (Barbosa & Fearnside, 2005) e $6,90 \text{ Mg ha}^{-1}$ no DF (Castro & Kauffman, 1998). A média de valores de biomassa dos estudos levantados foi de $4,22 \text{ Mg ha}^{-1}$, e o desvio padrão foi $1,88 \text{ Mg ha}^{-1}$.

A biomassa da regeneração natural foi $0,45 \text{ Mg ha}^{-1}$. Esse valor foi menor que aquele observado em MG ($2,46 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Lilienfein *et al.*, 2001), que consistiu no único trabalho encontrado para esse compartimento em Sa na pesquisa sistemática do presente estudo (Apêndice A).

9.1.2. Biomassa nas Savanas florestadas (Sd)

Neste estudo a biomassa arbórea acima do solo de savana florestada (Sd) foi estimada em $35,09 \text{ Mg ha}^{-1}$. Esse valor está abaixo da média encontrada para Sd em 27 localidades ($87,68 \text{ Mg ha}^{-1}$). A biomassa arbórea de Sd no Cerrado possui distribuição normal ($p > 0,05$) e a sua variabilidade é alta ($CV = 56,81\%$) (Apêndice B). Essa variação pode estar associada ao gradiente de adensamento da vegetação, causado, principalmente, pelo efeito antrópico (Xavier, 2018).

A biomassa da serapilheira de Sd foi $3,13 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Tabela 10), valor abaixo do encontrado em um único estudo no Cerrado ($11,67 \text{ Mg ha}^{-1}$), em Limeira do Oeste, MG (Morais *et al.*, 2013) (Apêndice B). A necromassa lenhosa observada no nosso estudo ($0,66 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi menor que o valor encontrado na literatura para esse tipo fisionômico. O trabalho desenvolvido na base experimental da Embrapa Pantanal em Corumbá, MS, estimou a necromassa caída ($4,07 \text{ Mg ha}^{-1}$) e a necromassa lenhosa em pé ($0,04 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Flores & Salis, 2014). Na vegetação rasteira, herbácea e de regeneração natural deste trabalho a biomassa média foi, respectivamente de $0,32$, $0,35$ e $0,93 \text{ Mg ha}^{-1}$. Não foram encontrados estudos com objetivo de estimar a biomassa dos demais componentes do estrato herbáceo-arbustivo na Sd do Cerrado.

Os FEBs para a fitofisionomia Sd neste estudo foram respectivamente: serapilheira (8,92%), regeneração natural (2,65%), herbáceas (1%), vegetação rasteira (0,91%) e necromassa lenhosa (1,88%) (Apêndice G). É importante salientar que esses fatores de expansão variam de acordo com as condições de crescimento e a fase de

desenvolvimento do ecossistema avaliado, como a fase de reposta a algum tipo de distúrbio ambiental, como o desmatamento.

9.1.3. Biomassa na Floresta estacional semidecidual aluvial (Fa)

A biomassa arbórea de Fa amostrada neste trabalho ($76,62 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi menor que a biomassa média e mediana encontrada em floresta estacional semidecidual do tipo F e Fa ($168,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $165,13 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente). A biomassa de florestas estacionais semidecíduais é bastante variável no Cerrado (desvio padrão = $67,63 \text{ Mg ha}^{-1}$ e CV = 41,02%, N = 62) e possui distribuição não normal ($p < 0,05$) (Apêndice C).

Segundo a literatura encontrada para esta fitofisionomia a biomassa média para serapilheira é de $17,12 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Apêndice C), valor superior ao encontrado neste trabalho ($2,59 \text{ Mg ha}^{-1}$). Neste estudo o FEB para serapilheira em floresta estacional semidecidual aluvial foi de 3,40%, valor próximo ao encontrado em Itapira, SP (2,71%) (Moreira-Burger & Delitti, 1999). O valor adotado na 4ª CN (2,4%) foi baseado em Moreira-Burger & Delitti, 1999, mas foi computado a partir da razão entre a biomassa da serapilheira e a biomassa arbórea somada a biomassa de herbácea e lianas.

Foi encontrado apenas um estudo sobre necromassa lenhosa em F. Ele foi realizado em Nova Xavantina, MT, e encontraram $0,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Carneiro *et al.*, 2019), valor abaixo do obtido neste estudo ($1,23 \text{ Mg ha}^{-1}$). No presente trabalho, o FEB para necromassa lenhosa de Fa foi de 1,62%. Na 4ª CN o valor indicado para FEB de madeira morta é de 11% do *default* (IPCC, 2003), já na Amazônia foi de 8,1% valor muito superior ao deste trabalho.

O ecossistema florestal do tipo Fa possui características que favorecem a decomposição da necromassa, como a maior umidade, o sombreamento e as menores temperaturas (Felfili *et al.*, 2007). Esta peculiaridade das florestas estacionais explica sua grande diferença de acúmulo de biomassa acima do solo em comparação com outras florestas tropicais. Estudos demonstram que o estoque de biomassa em mata ciliar nas regiões de floresta estacional semidecidual podem ser superior até 60% às matas ciliares que estão em áreas de cerrado típico (Melo & Durigan, 2006).

Na vegetação rasteira também foi encontrado apenas um trabalho realizado no estado do Paraná ($3,54 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Veres *et al.*, 2020), com biomassa maior do que a deste

trabalho ($0,23 \text{ Mg ha}^{-1}$). O FEB para vegetação rasteira estimada neste trabalho foi de 0,30%, valor abaixo do FEB de vegetação rasteira do estudo do Paraná que foi de 6,29%.

Para herbáceas, no mesmo estudo de Itapira, SP, a biomassa foi de $0,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Moreira-Burger & Delitti, 1999), valor próximo ao deste trabalho ($0,40 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Tabela 9). O FEB referente a herbáceas na Fa deste trabalho foi de 0,53% e se aproximou do valor de FEB estimado da literatura encontrada (0,25%) (Apêndice H). Já para a regeneração natural em Fa não foram encontrados estudos que estimaram a biomassa no Cerrado.

9.1.4. Biomassa na Floresta estacional decidual montana (Cm)

A biomassa arbórea de Cm neste estudo foi $113,67 \text{ Mg ha}^{-1}$. Esse valor foi próximo ao valor médio encontrado na literatura ($129,71 \text{ Mg ha}^{-1}$, CV = 36%, com distribuição normal ($p > 0,05$)). Na literatura, os maiores valores de biomassa arbórea foram encontrados no relatório técnico do inventário florestal do Tocantins em que as áreas amostradas foram em zonas de transição entre os tipos de vegetação C e floresta estacional semidecidual (F), variando de $124,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $200,29 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biomassa (Haidar *et al.*, 2013) (Apêndice D).

As florestas estacionais do Cerrado são conhecidas por suas fisionomias extremamente influenciadas pela sazonalidade climática, com período seco, apresentando forte queda de folhas e aumento de serapilheira. Período este que afeta diretamente a ecologia do ecossistema, que pausa seu incremento de biomassa e retorna somente no período chuvoso (Murphy & Lugo, 1986; Ramos *et al.*, 2007).

Não foi encontrado nenhum estudo no território do bioma Cerrado referente a biomassa de sub-bosque e necromassas nesta tipologia (C). Nesta fitofisionomia (Cm) realizamos o FEB dos compartimentos apenas referente a este estudo (Tabela 11 e Apêndice I). Assim, é preciso aumentar o número de estudos voltados para os estoques de biomassa em compartimentos não arbóreos em florestas estacionais deciduais.

9.2. Ecologia e variação de biomassa das fitofisionomias de Cerrado

Os conhecimentos sobre biomassa em grande parte referem-se apenas as arbóreas (componente lenhoso), sendo as plantas herbáceas e/ou rasteiras pouco estudadas. Essas plantas de hábito arbustivo e herbáceo apresentam uma diversidade maior que as

plantas lenhosas (4,5:1), além de serem decisivas na identificação de formações mais abertas do Cerrado (Mendonça *et al.*, 1998; Walter, 2006).

Já a maior quantidade de estoque de necromassa em florestas pode estar associada à maior densidade arbórea e a sua elevada dinâmica, com maior taxa de mortalidade natural que em cerrado típico (Marimon *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2017). De forma geral, a quantidade de necromassa lenhosa e da serapilheira em áreas de savana arborizada são menores que em florestas tropicais (Tabela 10). Dado que, a necromassa é responsável pela concentração de altas quantidades de nutrientes, o que caracteriza uma essencial fonte de ciclagem de elementos minerais da vegetação para o solo (Vital *et al.*, 2004; Godinho *et al.*, 2014; Alves *et al.*, 2015; Caldeira *et al.*, 2017; Costa & Vieira, 2019). Dessa forma, as formações florestais também possuem maior disponibilidade de matéria orgânica, e conseqüentemente, maior fertilidade, o que favorece o incremento de biomassa na vegetação.

Os organismos fotossintetizantes possuem a capacidade de fixar aproximadamente 2×10^{11} toneladas de carbono por ano. As folhas são um dos componentes mais importantes na planta, pois são a porta de entrada do CO₂ atmosférico no processo de respiração (TAIZ *et al.*, 2017). Especialmente nas plantas decíduas, a concentração de CO₂ precisa ser imobilizada na planta anualmente pra manter o fluxo de carbono regulado. Esse carbono das folhas se perde com a decomposição, mas novas folhas surgem (equilíbrio). Já o estoque de carbono nas árvores tende a ficar muito mais tempo estocado na madeira. Sendo este componente o que possui maior capacidade de armazenagem de carbono em sua biomassa, cerca de 80%, seguido de galhos, casca e por fim as folhas (Soares e Oliveira, 2002).

9.3. Biomassa e implicações para a conservação do Cerrado

A vegetação nativa presta serviços ambientais importantes em escala local, regional e global. Além da assimilação de carbono, desempenha funções fundamentais à vida como regulação do fluxo hídrico, proteção de bacias hidrográficas, ciclagem de nutrientes e provisão de recursos (SFB, 2020b). Apesar de ser reconhecido como um *hotspot* de biodiversidade (Dias, 2008; Diniz-Filho *et al.*, 2009; Faleiro & Loyola, 2013; Mittermeier *et al.*, 1999; Myers *et al.*, 2000; Oliveira *et al.*, 2008), o Cerrado ainda é pouco valorizado

nas agendas ambientais do país (Overbeck *et al.*, 2015, 2018; Rajão *et al.*, 2020; Strassburg *et al.*, 2017).

Ao evitar o desmatamento de florestas nativas para conservar seus estoques de carbono, acaba-se por proteger o ecossistema como um todo, preservando sua biodiversidade, funções e serviços ambientais. Por isso, otimizar as estimativas de biomassa pode ajudar a consolidar o mercado de carbono e, indiretamente, contribuir para conservação da biodiversidade. Além disso, pode abrir caminho para a consolidação de mercados para o pagamento de outros serviços ambientais, como conservação da biodiversidade, balanço hídrico e regulação climática regional.

Contudo, não há correlação direta entre biodiversidade e biomassa no Cerrado (Morandi *et al.*, 2018). No Cerrado, por exemplo, existem formações com baixo estoque de biomassa, mas extremamente biodiversas e com alto endemismo como, cerrado rupestre e a vereda. Embora tenham menores estoques de carbono, essas formações têm extrema importância para a conservação da biodiversidade (Alves *et al.*, 2014; Bastos & Ferreira, 2010; Maracahipes *et al.*, 2011; Pinto *et al.*, 2009). Decisões voltadas exclusivamente para o estoque de carbono podem priorizar áreas com muito carbono em detrimento da biodiversidade, desfavorecendo a proteção desses ecossistemas. É preciso, portanto, implementar políticas específicas para a biodiversidade para garantir uma rede de proteção que proteja tanto a biodiversidade como os estoques de carbono no Cerrado (Morandi *et al.*, 2018).

9.4. Fator de Expansão de Biomassa (FEB) no Cerrado

Uma das expectativas desse estudo foi produzir FEBs para diferentes compartimentos acima do solo que pudessem auxiliar nas estimativas de biomassa das amostras do Inventário Florestal Nacional do Cerrado. Nesse sentido, deve-se observar algumas considerações em relação ao potencial e limites da aplicação dos FEBs deste estudo.

O bioma Cerrado é extenso e possui alta heterogeneidade de ecossistemas. A variação de área basal ou biomassa acima do solo é influenciada por fatores climáticos e fisiográficos (Miranda *et al.*, 2014; Roitman *et al.*, 2018; Scariot & Sevilha, 2005) e regimes de perturbação, como intensidade e frequência de fogo (Barbosa & Sazima, 2008; Castro & Kauffman, 1998; Libano & Felfili, 2006; Miranda *et al.*, 2009; Roitman *et al.*, 2008). Esses

fatores também afetam a proporção de biomassa nos diferentes compartimentos do ecossistema.

Partindo desse pressuposto, não existe um único FEB ideal para cada fitofisionomia do Cerrado. Assim, é preciso considerar as semelhanças (ou diferenças) entre a área amostrada para a qual se estimou o FEB e a área onde pretende-se aplicá-lo. A seleção do FEB mais adequado deverá considerar fatores como a) a proximidade geográfica ou semelhanças climáticas e fisiográficas; b) a densidade, área basal e a relação entre ambas, o que pode indicar o estado da floresta (como degradada, perturbada e protegida) e estágio sucessional (como estado de regeneração inicial, avançado ou floresta madura); e c) histórico de perturbação.

Três das formações amostradas nesse estudo apresentaram sinais de perturbação (Sa, Sd e Fa). Na área de Sa do presente estudo, foram encontrados sinais de incêndio que ocorreu na estação seca do ano anterior à coleta de dados. Esse evento, que foi confirmado pelo relato dos gestores e técnicos da reserva, pode ter contribuído para baixos valores de densidade, área basal, biomassa arbórea e de alguns de seus compartimentos, (serapilheira, necromassa lenhosa e regeneração natural) (Tabela 10). Ao comparar nossos resultados com os de 77 localidades de Sa do estudo de Roitman *et al.* (2018), a densidade (630 ind. ha^{-1}) e área basal ($7,38 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) aqui observadas foram menores que a média e mediana encontradas, que foram de 1125 e $1078 \text{ ind. ha}^{-1}$ de densidade e $10,82$ e $10,21 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ de área basal, respectivamente. De fato, o valor de biomassa arbórea de Sa do presente estudo foi próximo ao encontrado para aquelas localidades na mesma faixa de área basal e densidade (Roitman *et al.*, 2018), sendo, portanto, possível aplicar o FEB nessas áreas.

Quanto aos compartimentos do estrato herbáceo-arbustivo e necromassa, o fogo pode ter consumido boa parte da necromassa lenhosa, cujo valor ($0,27 \text{ Mg ha}^{-1}$) foi menor que a média encontrada em literatura ($2,63 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Apêndice A), levando a fator de expansão mais baixo (1,73%). Assim, a sua aplicação deve ser limitada a áreas de Sa com histórico de fogo recente.

A fitofisionomia de savana florestada (Sd) também apresentou baixa área basal ($14,50 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e densidade ($1525 \text{ ind. ha}^{-1}$), quando comparado a outros estudos, a área basal e densidade foram de $17,34 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ $1228 \text{ ind. ha}^{-1}$ no Tocantins, e $21,4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ $1884 \text{ ind. ha}^{-1}$ no Mato Grosso (Marimon Junior & Haridasan, 2005; Miguel *et al.*, 2015), o que indica que é uma área com perturbação recente e em estado de regeneração do seu estoque de

biomassa. Assim, indicamos que para uso dos FEBs de Sd, deve-se observar condições similares a este estudo.

Da mesma forma, em Fa a densidade e área basal foram 1095 ind. ha⁻¹ e 15,18 m² ha⁻¹, resultados diferentes dos observados na mata de galeria do Gama (DF), e que é considerada área protegida, cuja densidade e área basal foram de (617 ind. ha⁻¹ e 28,6 m² ha⁻¹) (Roitman & Vanclay, 2015). No inventário florestal do estado de Tocantins, as matas de galerias e ciliares (estacionais aluviais), as densidades variaram de 637,50 ind. ha⁻¹ a 1.845 ind. ha⁻¹, e a área basal variaram de 8,94 m² ha⁻¹ a 84,30 m² ha⁻¹ (Haidar *et al.*, 2013). Ou seja, todas essas áreas apresentam diferentes graus de conservação.

Apenas a floresta estacional decidual montana (Cm) não apresentou fortes indícios de perturbação, com densidade e área basal de 1415 ind. ha⁻¹ e 16,70 m² ha⁻¹. Como pode-se observar em estudo realizado na região nordeste de Goiás, em floresta estacional decidual sobre afloramentos calcários, onde a densidade foi 737 ind. ha⁻¹ e área basal 16,46 m² ha⁻¹ (Carvalho & Felfli, 2011), valores mais próximos aos estimados no presente estudo. E no inventário florestal de Tocantins, as florestas de Cm, apesar de ter maior área basal média (26,84 m² ha⁻¹), a densidade média foi menor 728,63 ind. ha⁻¹ (Haidar *et al.*, 2013). Essa maior área basal é relacionada com o caráter ecotonal dessas florestas estacionais com as florestas ombrófilas do bioma Amazônico em Tocantins.

Por isso, recomenda-se a utilização de FEBs regionais, para fitofisionomias específicas, além de dados de estrutura (densidade e área basal), condições ambientais e regime de perturbação semelhantes. Deste modo, é imperativo dizer que estas informações sejam bem documentadas tanto em áreas onde se aplicam os FEBs, como em área de onde os FEBs sejam estimados.

Diante de tudo, é de suma importância que as estimativas de biomassa e carbono sejam otimizadas, para diminuir incertezas das estimativas de emissões de GEE associadas as mudanças de uso da terra (como a conversão de vegetação nativa para agropecuária), além de contribuir na abordagem científica, compor bases de dados, priorizar a conservação ecológica e consolidar o mercado de crédito de carbono. Dessa forma, a quantificação do carbono nos diferentes ecossistemas, também tem sua contribuição na conservação, no avanço da ciência e na orientação dos processos de tomada de decisão das políticas sociais, econômicas e ambientais no Brasil.

10. CONCLUSÕES

- Os valores determinados de biomassa acima do solo (arbóreas e compartimentos) seguiram as magnitudes em ordem decrescente: floresta estacional decidual montana, floresta estacional semidecidual aluvial, savana florestada e savana arborizada. Representam assim, gradiente de biomassa bem definido em relação à estrutura dos ecossistemas fitoecológicos do Cerrado, em que apresentam maiores estoques de biomassa aérea e carbono em formações florestais, e menores estoques nas formações savânicas.
- As formações florestais mais densas devido a sua maior cobertura do dossel arbóreo, apresentam menor biomassa nos componentes herbáceos-arbustivos ($\cong 8\%$), em contraponto, existe maior quantidade de deposição de serapilheira e necromassa lenhosa no solo da floresta ($> 50\%$). Já na formação savânica a deposição de necromassa é menor ($\pm 40\%$) e a presença de estrato herbáceo-arbustivo é maior ($> 50\%$).
- Os FEBs estimados no presente estudo poderão contribuir para melhorar as estimativas de biomassa de diferentes compartimentos no Cerrado e futuras publicações oficiais do FRA (Avaliação Global dos Recursos Florestais) e do FREL (Nível de Referência de Emissões Florestais), assim como as comunicações e ou inventários nacionais de estimativas das emissões de GEE no setor de uso da terra. Recomendamos que ao se utilizar o FEB deste estudo, sejam observadas as condições ambientais das fitofisionomias estudadas. A seleção do FEB mais adequado deverá considerar fatores como a) a proximidade geográfica ou semelhanças climáticas e fisiográficas; b) a densidade, área basal e a relação entre ambas, o que pode indicar o estado da floresta (como degradada, perturbada e protegida) e estágio sucessional (como estado de regeneração inicial, avançado ou floresta madura); e c) histórico de perturbação.

11. REFERÊNCIAS

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root:shoot ratio in a Cerrado in Central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 2, n. 1, p. 11–23, 1998.
- ALBUQUERQUE, I. *et al.* **ANÁLISE DAS EMISSÕES BRASILEIRAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS DE CLIMA DO BRASIL 1970-2019**. Disponível em: <https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos/Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- ALENCAR, A. *et al.* Mapping three decades of changes in the brazilian savanna native vegetation using landsat data processed in the google earth engine platform. **Remote Sensing**, v. 12, n. 6, p. 1–23, 2020.
- ALLABY, M. **A dictionary of ecology**. New York: Oxford University Press, 2010.
- ALVES, M. P.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Efeito da fragmentação florestal sobre o acúmulo de serapilheira em Floresta Estacional Decidual. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, v. 2, n. 3, p. 63–71, 2015.
- ALVES, R. J. V.; SILVA, N. G.; OLIVEIRA, J. .; MEDEIROS, D. Circumscribing campo rupestre – megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355–362, 2014.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. DE S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715–721, 2003.
- ASSAD, E. D.; COSTA, L. C.; MARTINS, S.; CALMON, M.; FELTRAN-BARBIERI, R.; CAMPANILI, M.; NOBRE, C. A. Papel do Plano ABC e do PLANAVEG na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas. **WRI Brasil**, p. 1–48, 2019.
- AYRES, M.; AYRES JR, M.; AYRES, L. D. **Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Instituto Mamirauá - IDSM, BelémIDSM, , 2007.
- BACCARIN, F. J. B. **Alometria em Parque Cerrado**. Goiânia,GO: Universidade Federal de Goiás, 2019.
- BARBOSA, R. I.; FEARNSSIDE, P. M. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 216, n. 1–3, p. 295–316, 2005.
- BARBOSA, R. I.; SILVA, L. F. S. G. DA; CAVALCANTE, C. DE O. **Necromassa florestal: protocolo experimental para estimativas de estoque e produção de liteira grossa**. Manaus: Editora INPA, 2016.
- BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, v. 12, n. 1, p. 97–108, 2010.

BRASIL. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: Relatório de Referência—Emissões no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília, DF: MCTI, 2015.**

____. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume II/.** Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. MCT, Brasília, DF, Brazil, p. 79, 2015.

____. **QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL E RELATÓRIOS DE ATUALIZAÇÃO BIENAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. RELATÓRIO DE REFERÊNCIA SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS.**[versão de consulta pública] 2020. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 291p., 2020.

____. **Plano de ação para prevenção e controle do desmamatamento e das queimadas: cerrado.** Brasília: MMA, 2011.

BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Are Brazil deforesters avoiding detection? Reply to Richards et al. 2016. **Conservation Letters**, v. 10, n. 4, p. 492–493, 2017.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação De Serapilheira E De Nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 5, n. 2, p. 101, 2017.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic Classification of Köppen-Geiger For the State of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

CARNEIRO, K. M. S.; REIS, S. M.; MORANDI, P. S.; ELIAS, F.; OLIVEIRA, E. A. DE; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MARIMON, B. S. Estoque e perda de necromassa da vegetação lenhosa em um gradiente fitofisionômico na transição Amazônia-Cerrado. **Rodriguésia**, v. 70, 2019.

CARVALHO, F. A.; FELFLI, J. M. Variações temporais na comunidade arbórea de uma floresta decidual sobre af oramentos calcários no Brasil Central: Composição, estrutura e diversidade forística. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 203–214, 2011.

CASTRO-NEVES, B. M. DE. **Efeito de Queimadas em áreas de Cerrado Stricto Sensu e na biomassa de raízes finas.** [s.l.] Universidade de Brasília, 2007.

CASTRO, E. A. D. E.; KAUFFMAN, J. B. of Tropical Ecology : Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado : a vegetation gradient of aboveground biomass , root mass and consumption by □ re Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado : a vegetation gradient of aboveground biomass , root mass a. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, n. 3, p. 263–283, 1998.

CHAVE, J. *et al.* Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, v. 20, n. 10, p. 3177–3190, 2014.

COSTA, J. T. F.; SILVA, L. S.; ALVES, A. R.; HOLANDA, A. C. DE; LEITE, E. M.; NUNES, A. K. A. Avaliação da serapilheira em área de mata ciliar na bacia do rio Gurguéia sul do Piauí. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 13–19, 2015.

DELITTI, W. B. C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J. G. Biomass and mineralmass estimates

- in a “cerrado” ecosystem. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 531–540, 2006.
- DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; PINTO, C. B.; HÖFER, H. Produção de Serapilheira EM DIFERENTES FASES SUCESSIONAIS DE UMA FLORESTA SUBTROPICAL SECUNDÁRIA, EM ANTONINA, PR. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 75–86, 2012.
- DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Macroecologia, biogeografia e áreas prioritárias para conservação no cerrado. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 470–497, 2009.
- DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; SOLOMON, A. M.; TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, v. 263, n. 5144, p. 185–190, 1994.
- ECKSTEIN, D.; SÖNKE, K.; DORSCH, L.; FISCHER, L. **Global climate risk index 2020**. Bonn: Germanwatch: Bread for the World – Protestant Development Service., 2019.
- ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, n. 4, p. 663–674, 2008.
- FALEIRO, F. V.; LOYOLA, R. D. Socioeconomic and political trade-offs in biodiversity conservation: A case study of the Cerrado Biodiversity Hotspot, Brazil. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 8, p. 977–987, 2013.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; FAGG, C. W. **Recuperação de matas secas e vegetação associadas no Vale do Paranã, GO**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2007.
- FELFILI, J. M.; SILVA JR, M. C.; HARIDASAN, M.; MENDONÇA, R. C.; FILGUEIRAS, T. S.; WALTER, B. M. T.; SILVA, P. E. N. Projeto biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solo. **Cadernos de Geociências**, v. 12, n. 4, p. 75–166, 1994.
- FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; MELLO, J. M. DE. Estoque de biomassa E carbono em plantios de recuperação de mata ciliar no entorno das usinas hidrelétricas de Camargos e Volta Grande, no Rio Grande – MG/SP. **Global science and Technology**, v. 11, n. 03, p. 86–100, 2018.
- FERRI, MÁRIO GUIMARÃES; DE MENEZES, NANUZA LUIZA; MONTEIRO, W. R. **Glossário ilustrado de botânica**. São Paulo: Nobel NBL Editora, 1981.
- FLORES, P. M.; SALIS, S. M. **Necromassa em Área de Cerradão, Sub-região da Nhecolândia, Corumbá, MS**. (E. Pantanal., Ed.)Embrapa Pantanal. Documentos, 126. **Anais...Corumbá**: IN: 2º Evento de Iniciação Científica do Pantanal, 2014Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/999741/1/25PDFsamDOC126.pdf>>
- GIBBS, H. K.; BROWN, S.; NILES, J. O.; FOLEY, J. A. **Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality**, 2007. (Nota técnica).
- GIL, A. C. (ORG). **Métodos e técnicas de pesquisa social**. [s.l.] 6. ed. Editora Atlas SA, 2008. v. 264
- GODINHO, T. DE O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11–20, 2014.
- GUARINO, E.; MEDEIROS, M. Levantamento da fitomassa dos estratos arbóreo e

herbáceo-arbustivo da área de influência direta do aproveitamento hidrelétrico Corumbá IV. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 84, p. 1–20, 2005.

Haidar, R. F.; Dias, R. R.; Felfili, J. M. **Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do estado do Tocantins**. Palmas, Governo do Estado do Tocantins. 2013.

Hammer, O.; Harper, D. A. T.; Ryan, P. D. PAST: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 2001.

Hulley, S. B.; Cummings, S. R.; Browner, W. S.; Grady, D. G.; Newman, T. B. **Delineando a pesquisa clínica-4**. [s.l.] Artmed Editora, 2015.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, v. 2º edição, 2012.

_____. **Mapas de Solos do Brasil**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

INMET. **Instituto nacional de meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 9 ago. 2019.

INPE. **A taxa consolidada de desmatamento por corte raso para os nove estados da Amazônia Legal (AC, AM, AP, MA, MT, PA, RO, RR e TO) em 2019 é de 10.129 km²**. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5465>. Acesso em: 5 ago. 2020.

IPCC. **Climate Change 2014 Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland.: IPCC, 2014.

_____. **Headline Statements from the Summary for Policymakers**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2018.

_____. **IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. 2019.

Irizaga, K. R. de F. **Análise da produção científica por unidade federativa brasileira e a relação com a produção agropecuária : estudo bibliométrico dos artigos científicos publicados em Ciências Agrárias na Scopus (2008-2017)**. 2019. 192f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação. Porto Alegre, 2019.

Kauppi, P. E.; Mielikainen, K.; Kuusela, K. Biomass and Carbon Budget of European Forests, 1971 to 1990. **Science**, v. 256, n. 5053, p. 70–75, 1992.

Ketterings, Q. M.; Coe, R.; Noordwijk, M. Van; Ambagau, Y.; Palm, C. A. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, v. 146, n. 1–3, p. 199–209, 2001.

Kuntschik, Gerardo. **Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar**. 2004. 127f., (Tese de Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004.

- LIBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 927–936, 2006.
- LILIENFEIN, J.; WILCKE, W.; ZIMMERMANN, R.; GERSTBERGER, P.; ARA, G. M.; ZECH, W. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 164, n. 5, p. 487–495, 2001.
- LÔBO, Renato Nassau. **Amostragem aleatória de ramos como método para estimar os estoques em volume, biomassa e carbono em floresta estacional no estado de Goiás**. 2012. xiv, 113 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) —Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- LOPES, R. B.; MIOLA, D. T. B. Sequestro De Carbono Em Diferentes Fitofisionomias Do Cerrado. **SynThesis Revista Digital FAPAM**, n. 22, p. 127–143, 2010.
- MARACAHIPES, L.; LENZA, E.; MARIMON, B. S.; OLIVEIRA, E. A. DE; PINTO, J. R. R.; MARIMON, B. H. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição cerrado-floresta amazônica, mato grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 133–141, 2011.
- MARIMON, B. S. *et al.* Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology and Diversity**, v. 7, n. 1–2, p. 281–292, 2014.
- MARIMON JUNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 913–926, 2005.
- MATOS, N. M.; RIBEIRO, F. P.; GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P. Estoque de Serapilheira em Três Fisionomias no Cerrado do Distrito Federal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 2017.
- MELO, A. C. G. D.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 71, n. January, p. 149–154, 2006.
- MELO, A. C. G. *et al.* **Resultados dos ajustes dos modelos de biomassa para cerradão e cerrado ss**. Piracicapa: IF-ESALQ-USP, 2007.
- MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. .; SILVA JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. . Flora vascular do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. DE. (Ed.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina, DF: Embrapa, 1998. p. 289-556.
- MIGUEL, E. P.; REZENDE, A. V.; LEAL, F. A.; MATRICARDI, E. A. T.; VALE, A. T. DO; PEREIRA, R. S. Redes neurais artificiais para a modelagem do volume de madeira e biomassa do cerradão com dados de satélite. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 829–839, 2015.
- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. *In*: **Tropical Fire Ecology**. Berlin, Heidelberg.: Springer Praxis Books., 2009. p. 427–450.
- MIRANDA, João Felipe Nunes de. **Modelos de regressão e de redes neurais artificiais**

na quantificação de carbono e biomassa lenhosa em floresta estacional decidual no Brasil Central. 2015. xii, 76 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MIRANDA, S. DO C. DE; BUSTAMANTE, M.; PALACE, M.; HAGEN, S.; KELLER, M.; FERREIRA, L. G. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna Woodland. **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 125–138, 2014.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G.; ROBLES GIL, P. **HOTSPOTS: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.** Sierra Mad ed. Mexico: Conservation International - CEMEX, 1999.

MMA. **FREL- CERRADO. Submissão brasileira de Nível de Referência de Emissões Florestais para redução das emissões provenientes do desmatamento no bioma Cerrado para fins de pagamentos por resultados de REDD+ sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2017.

MORAIS, V. A.; SANTOS, C. A.; MELLO, J. M.; DADID, H. C.; ARAÚJO, E. J. G.; SCOLFORO, J. R. S. Spatial and Vertical Distribution of Litter and Belowground Carbon in a Brazilian Cerrado Vegetation. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 43–52, 2017.

MORAIS, V. A.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. A.; MELLO, J. M. DE; GOMIDE, L. R.; OLIVEIRA, A. D. DE. Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 237–245, 2013.

MORANDI, P. S. *et al.* Tree diversity and above-ground biomass in the South America Cerrado biome and their conservation implications. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 5, p. 1519–1536, 2018.

MOREIRA-BURGER, D.; DELITTI, W. B. C. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira - SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 429–435, 1999.

MOTA, F. C. M. **Biomassa, fluxos de carbono e energia em área de Cerrado sentido restrito e plantio de eucalipto no Distrito Federal.** 2017. xvi, 141 f., il. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual review of ecology and systematics**. Vol. 17, p. 67–88, 1986.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. February, p. 853–858, 2000.

NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 3, p. 659–669, 2004.

NUNES, E. N.; VIEIRA, G.; ALVES, F. A. L.; ROSA, J. H.; ANTÔNIO, C.; ALVES, B.; FARIAS, R.; LUCENA, P. DE.; SOUTO, J. S. Análise da taxa de decomposição da serrapilheira na. **Gaia Scientia**, v. 6, n. 1, p. 1–6, 2012.

OLIVEIRA, B. DE .; MARIMON JUNIOR, B. H.; MEWS, H. A.; VALADÃO, M. B. X.; MARIMON, B. S. Unraveling the ecosystem functions in the Amazonia–Cerrado transition: evidence of hyperdynamic nutrient cycling. **Plant Ecology**, v. 218, n. 2, p. 225–239, 2017.

- OLIVEIRA, C. P. DE.; FRANCELINO, M. R.; DAHER, M. DE.; ARAÚJO, E. J. G. D. S.; SANCHES, L. DE.; ANDRADE, KAUANNA DOMINGUES CABRAL DE. CAMPOS, J. S. N. Estimation of the aboveground biomass and carbon stocks in open Brazilian Savannah developed on sandy soils. **Carbon Balance and Management**, v. 14, n. 1, p. 1–10, 2019a.
- OLIVEIRA, C. P. DE.; FRANCELINO, M. R.; PAULA, M. D. DE.; LELES, P. S. DOS S.; ANDRADE, F. C. DE. Comparação de modelos estatísticos para estimativa da biomassa de árvores, e estimativa do estoque de carbono acima do solo em Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 255, 2019b.
- OLIVEIRA, D. A.; PIETRAFESA, J. P.; BARBALHO, M. G. DA S. Manutenção da biodiversidade e o hotspots Cerrado. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 26, p. 101–114, 2008.
- OMETTO, J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; DOMINGUES, T. F.; BERRY, J. A.; ISHIDA, F. Y.; MAZZI, E.; HIGUCHI, N.; FLANAGAN, L. B.; NARDOTO, G. B.; MARTINELLI, L. A. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. **Biogeochemistry**, v. 79, n. 1–2, p. 251–274, 2006.
- OTTMAR, R. D.; VIHANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; ANDRADE, S. M. A. Stereo Photo Series for Quantifying Cerrado Fuels in Central Brazil — Volume I. *In: [Brochure]. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.* [s.l: s.n.]. v. I.
- OVERBECK, G. E. *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 12, p. 1455–1460, 2015.
- OVERBECK, G. E.; BERGALLO, H. G.; GRELLE, C. E. V.; AKAMA, A.; BRAVO, F.; COLLI, G. R.; MAGNUSSON, W. E.; TOMAS, W. M.; FERNANDES, G. W. Global Biodiversity Threatened by Science Budget Cuts in Brazil. **BioScience**, v. 68, n. 1, p. 11–12, 2018.
- PARKER, C.; MITCHELL, A.; TRIVEDI, M.; MARDAS, N. The Little REDD+ Book: a guide to governmental and nongovernmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation. **Global Canopy Programme**, 2009.
- PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. DE; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica.** Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2015.
- PAUSTIAN, K.; RAVINDRANATH, N. H.; AMSTEL, A. VAN. **Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU).** Cambridge ed. [s.l.] IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006. v. 4
- PIETRO-SOUZA, W.; CÂNDIDO, A. K. A. A.; FARIAS, L. D. N.; SILVA, N. D. M.; BARBOSA, D. S. Produção de necromassa e de serapilheira em área de preservação permanente pertencente ao Rio São Lourenço, Campo Verde – MT. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 47–66, 2012.
- PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 53–57, 2011.

- PINTO, J. R. R.; LENZA, E.; PINTO, A. DE S. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 1, p. 1–10, 2009.
- RAJÃO, R. *et al.* The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science (New York, N.Y.)**, v. 369, n. 6501, p. 246–248, 2020.
- RAMOS, V. S., DURIGAN, G., FRANCO, G. A. D. C., SIQUEIRA, M. F., & RODRIGUES, R. R. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação**. Instituto Florestal, Série Registros, 2007.
- REZENDE, A. V.; VALE, A. T. DE.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 71, p. 65–76, 2006.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, SUELI MATIKO; ALMEIDA, SEMÍRAMIS PREDROSA DE; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Ce ed. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. p. 151–212.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C.; OLIVEIRA GASPAS, R. DE. Above- and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 3, p. 491–499, 2011.
- RIOS, J.; FONSECA, C.; SANTOS, A.; VENTUROLI, F. Classificação de FITOFISIONOMIAS DE CERRADO A PARTIR DE FUSÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO. **TreeDimensional**, v. 4, n. 7, p. 12–20, 12 jun. 2019.
- ROCHA, C. C. DA C. **Estimativa de volume, biomassa e carbono da vegetação lenhosa de floresta estacional no estado de Goiás**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2011.
- ROITMAN, I. *et al.* Optimizing biomass estimates of savanna woodland at different spatial scales in the Brazilian Cerrado: Re-evaluating allometric equations and environmental influences. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1–21, 2018.
- ROITMAN, I.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V. Tree dynamics of a fire-protected cerrado sensu stricto surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991-2004) in Bahia, Brazil. **Plant Ecology**, v. 197, n. 2, p. 255–267, 2008.
- ROITMAN, I.; VANCLAY, J. K. Assessing size-class dynamics of a neotropical gallery forest with stationary models. **Ecological Modelling**, v. 297, p. 118–125, 2015.
- ROQUETTE, JOSÉ GUILHERME. Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 2018.
- ROQUETTE, JOSÉ GUILHERME. DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA NO CERRADO E A SUA IMPORTÂNCIA NA ARMAZENAGEM DO CARBONO. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 1 out. 2018.
- SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba: Multi-Grafic Gráfica e Editora, 2014.
- SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I.; INÁCIO, E. DOS S. B.; AMORIM, L. B. DE; VILAVERDE, J. L. J. Relação entre o índice de avermelhamento do solo e o estoque de

carbono na biomassa aérea da vegetação de cerrado. **Ciencia Florestal**, v. 23, n. 4, p. 783–794, 2013.

SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduais no Cerrado. *In*: SCARIOT, ALDICIR, JOSÉ CARLOS SOUSA-SILVA, AND J. M. F. (Ed.). . **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2005. p. 121–139.

SCOLFORO, H. F.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; FERRAZ FILHO, A. C. Spatial distribution of aboveground carbon stock of the arboreal vegetation in Brazilian Biomes of Savanna, Atlantic Forest and Semi-arid woodland. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, p. 1–20, 2015.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. DE.; OLIVEIRA, A. D. DE.; PEREIRA, R. M.; SOUZA, F. N. DE.; GUEDES, I. C. DE L. Capítulo VIII - Volumetria, peso da matéria seca e carbono. *In*: JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO, A. D. DE O. E F. W. A. J. (Ed.). . **Inventário Florestal de MG: Equações de vol., Peso de Matéria Seca e Carbono para Diferentes Fitofisionomias da Flora Nativa**. Editora UF ed. Lavras: UFLA, 2008. p. 1–80.

SCOLFORO, J. R.; RUFINI, A. L.; MELLO, J. M. DE.; OLIVEIRA, A. D. DE.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, C. P. DE C. Capítulo III - Equações para o peso de matéria seca das fisionomias, em Minas Gerais. *In*: JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO, A. D. DE O. E F. W. A. J. (Ed.). . **Inventário Florestal de MG: Equações de vol., Peso de Matéria Seca e Carbono para Diferentes Fitofisionomias da Flora Nativa**. Lavras, : Editora UFLA, 2008. v. cap. 3, p. 103–114.

SFB. **Florestas do Brasil em resumo: 2019**. 1º ed. Brasília, DF: MAPA/SFB, 2019.

SFB, S. F. B. **Manual de campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais**. / Brasília: Serviço Florestal Brasileiro., 2015.

____. **BOLETIM DO IFN CERRADO- levantamento biofísico: 1**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/resultados>> Acesso em: 22 ago. 2020a.

____. **Inventário Florestal Nacional**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/inventario-florestal-nacional>>. Acesso em: 22 out. 2020b.

SILVA, C. J. D.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A. DE; NOGUEIRA, J. S. DE. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 543–548, 2007.

SILVA, S. D. E.; BOAVENTURA, K. DE J.; PORFÍRIO JÚNIOR, E.; SILVA NETO, C. DE M. E. A última fronteira agrícola do Brasil: o Matopiba e os desafios de proteção ambiental no Cerrado. **Estudios Rurales**, v. 8, n. 15, p. 145–178, 2018.

SILVEIRA, E. M. O.; ESPÍRITO SANTO, F. D.; WULDER, M. A.; ACERBI JÚNIOR, F. W.; CARVALHO, M. C.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; TERRA, M. C. N. S.; CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. Pre-stratified modelling plus residuals kriging reduces the uncertainty of aboveground biomass estimation and spatial distribution in heterogeneous savannas and forest environments. **Forest Ecology and Management**, v. 445, n. May, p. 96–109, 2019.

SILVEIRA, P. *et al.* **O Estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais**, 2008. (Nota técnica).

SMITH P., M. *et al.* 2014: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *In: EDENHOFER, O., R. PICHES-MADRUGA, Y. SOKONA, E. FARAHANI, S. KADNER, K. SEYBOTH, A. ADLER, I. BAUM, S. BRUNNER, P. EICKEMEIER, B. KRIEMANN, J. SAVOLAINEN, S. SCHLÖMER, C. VON STECHOW, T. Z. AND J. C. M. (Ed.). . Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014. p. 811–922.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. DE. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533–539, 2002.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; FREITAS, F. C. **Metodologia para avaliação de necromassa em florestas tropicais. Embrapa Amazônia Ocidental**. Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.

STELLA, O.; SMID, B. J.; AZEVEDO, A.; STABILE, M. **Protocolo de Kyoto - COMPILAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESULTADOS DA COP-17 SOBRE O NOVO PROTOCOLO DE KYOTO, SALVAGUARDAS DE REDD+, NÍVEIS DE REFERÊNCIA, FUNDO VERDE PARA O CLIMA E LULUCF**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, , 1998. Disponível em: <<http://protocolo-de-kyoto.info/>>

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 4, p. 13–15, 2017.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A.; BALMFORD, A. Urgent action on Cerrado extinctions. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 199–199, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017.

TÁPANES, G. T. L.; ALFONSO, O. G. Estudio bibliométrico de la Revista CorSalud. **Biblios: Journal of Librarianship and Information Science**, n. 52, p. 16–26, 2013.

TOSCAN, M. A. G.; GUIMARÃES, A. T. B.; TEMPONI, L. G. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de floresta estacional semidecidual, Paraná. **Ciencia Florestal**, v. 27, n. 2, p. 415–427, 2017.

TSCHIEDEL, A. DA F.; MIERES, L. DA S.; WOLF, D. A VARIABILIDADE NA QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO FLORESTAL EM INVENTÁRIOS DE EMISSÃO. **Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis**, n. January, p. 1–8, 2020.

VARGAS, R. A.; VANZ, S. A. DE S.; STUMPF, I. R. C. Brazilian Agricultural Research in the Web of Science: Bibliometric Study of Scientific Output and Collaboration (2000-2011). **Em Questão**, v. 21, n. 3, p. 296, 2015.

VENTUROLI, F.; SANQUETTA, C. R. Alometria e biomassa em uma Savana Parque do Brasil Biomass and allometric relations in a Brazilian Savanna-Park. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 124, p. 708–713, 2019.

VERES, Q. J. I.; WATZLAWICK, L. F.; SILVA, R. A. R. ESTIMATIVAS DE BIOMASSA E CARBONO EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL NO OESTE DO PARANÁ. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 23–31, 2020.

VIEIRA, Mariana da Costa. **Estoque de carbono e nutrientes na serapilheira em diferentes fitofisionomias do Bioma Cerrado dependente da classe textural do solo.** 2019. 52f., (Dissertação mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental., 2019.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793–800, 2004.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** [s.l.] Universidade de Brasília (UnB), 2006.

WOLF, J.; WEST, T. O.; PAGE, Y. LE; KYLE, G. P.; ZHANG, X.; COLLATZ, G. J.; IMHOFF, M. L. Biogenic carbon fluxes from global agricultural production and consumption. **Global Biogeochem. Cycles**, n. 29, p. 1617–1639, 2015.

XAVIER, Maria Clara Jesus. **Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma unidade fitofisionômica de Cerrado no Centro-Oeste de Minas Gerais.** 2018. 70 f. Monografia (graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

12. APÊNDICES

APÊNDICE A. Resultados dos trabalhos levantados sobre quantificação de biomassa aérea em fitofisionomia de savana arborizada (Sa).

Fisionomia	Localidade	Biomassa arbórea	serapilheira	necromassa lenhosa	regeneração natural	vegetação rasteira	herbácea	Referencial
		(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	
Savana arborizada	Niquelândia, GO	15,57	1,58	0,27	0,45	0,54	0,68	Este estudo
	Brasília, DF	26,60	5,190					Abdala et al., 1998
	Brasília, DF	15,35	7,550				3,140	Azevedo, 2014
	Brasília, DF	8,32						Azevedo, 2017
	Estado de Roraima		6,086	0,390		1,890	0,900	Barbosa & Fearnside, 2005
	Brasília, DF						0,880	Batmanian & Haridasan, 1985
							0,750	
	Brasília, DF	6,60	3,80	1,700		6,90	4,500	Castro & Kauffman, 1998
		12,90	3,30	1,900		3,60	2,000	
			16,10	1,80			2,800	
	Brasília, DF	23,80	1,00				3,000	Castro-Neves, 2007
		17,20	1,30				2,200	
		18,20	2,30				4,500	
	Lavras, MG							Cordeiro et al., 2018
	Uberlândia, MG			4,440				Costa et al., 2020
	MG		7,42					
MT		8,58						
BA		10,52					Felfili, 2008	
BA		10,66						
MG		11,52						
MT		12,42						

MG	14,90
GO	8,42
DF	9,18
MT	15,74
MT	15,86
MT	15,96
BA	18,32
GO	12,44
GO	12,68
DF	14,16
DF	17,20
GO	17,32
GO	17,70
GO	19,80
GO	21,50
GO	21,84
GO	24,52
GO	26,54
	30,19
Brasília, DF	44,42
Javaés Sul	25,91
Formoso Sul	29,32
Tocantins Sul	18,31
Santa Teresa Sul	26,98
Paraná Sul	17,47
Palma Sul	17,68
Manuel Alves da Natividade Sul	16,23
São Valério Sul	23,41
Santo Antônio Sul	21,35

Granado, 2019

Haidar; Dias; Felfili, 2013

Crixás Sul	17,93						
Balsas Sul	14,80						
Araguaia Centro	24,56						
Formoso Centro	43,75						
Pium Centro	32,90						
Coco Centro	36,10						
Lajeado Centro	31,33						
Bananal Centro	20,22						
Tocantins Centro	28,66						
Crixás Centro	29,23						
Balsas Centro	28,47						
Sono Centro	17,37						
Mangues Centro	32,24						
Perdida Centro	28,03						
Manuel Alves Pequeno Centro	39,87						
Manuel Alves Grande Centro	42,46						
Ribeirão Corda Norte	28,52						
Lontra Norte	21,75						
Piranhas Norte	20,31						
Tocantins Norte	29,13						
Manuel Alves Grande Norte	28,87						
Estado de São Paulo	45,00						Durigan, 2004
Estado de Goiás	23,28						Guarino & Medeiros, 2005
	2,90						
Campos Novos Paulista, SP	6,90						Kuntschik, 2004
Uberlândia, MG	17,14	0,460	2,470	2,630	2,970		Lilienfein et al., 2001

Estado de Goiás				Loiola, Scherer-Lorenzen, Batalha, 2015.
Maravilhas e Pará de Minas, MG	6,60 7,70			Lopes & Miola, 2010
Nova Xavantina, MT	12,20			Marimon et al., 2014
Correntina, BA	4,32			
São Desidério, BA	14,53			
Urbano Santos, MA	37,39			
Alto Paraíso, GO	8,00			
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO	3,14			
Silvânia, GO	11,54			Miranda, 2012
Jardim Botânico de Brasília, DF	3,76			
Jardim Botânico de Brasília, DF	5,59			
Jardim Botânico de Brasília, DF	5,68			
Pium, TO	14,15			
Porto Nacional, TO	14,16			
Olhos D'Água, MG		11,080		Morais et al., 2017.
Mato Grosso e no Parque Nacional Noel Kempff na Bolívia	32,40			
Distrito Federal (DF), Tocantins, Bahia , Goiás e Minas Gerais	20,40			Morandi et al, 2018
Mogi Guaçu, SP			1,600	Moreira, Gregoire, Couto, 2019.
Brasília, DF	20,61	10,080		Mota, 2017
Jaborandi, BA		4,810		Oliveira et al., 2019

Jaborandi, BA	3,50	3,750		5,630	3,060
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	3,31	2,260	4,660		0,560
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	17,73	1,310	2,360		0,330
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	10,39	3,520	7,270		0,880
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	18,43	2,720	3,950		0,680
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	29,94	1,790	4,060		0,450
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	16,75	1,350	5,070		0,340
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO	35,37	4,730	5,620		0,950
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO	11,82	0,340	0,720		0,560
Reserva Ecológica do IBGE, DF	9,39	2,020	1,730		0,500
Parque Nacional das Emas, GO	7,50	1,060	0,910		0,270
Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF	8,04	3,110	2,490		0,780
Reserva Ecológica do IBGE, DF	14,28	1,940	2,520		0,490
Reserva Ecológica do IBGE, DF	21,37	5,450	3,760		1,360
Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF	42,96	6,960	4,660		1,740
Reserva Ecológica do IBGE, DF	22,96	1,930	3,180		0,640

Ottmar, 2001

Reserva Ecológica do IBGE, DF	23,04	1,800	7,300	0,620	
Reserva Ecológica do IBGE, DF	56,97	4,26	4,03	1,42	
EMBRAPA - CERRADOS, DF	54,67	4,83	11,78	0,36	
Gurupi, TO		6,040			Pedro, 2017
Assis, SP	23,22				Pinheiro, 2008
Brasília, DF	9,85				Rezende et al., 2006
Curvelo, MG	62,97	6,320		4,680	Ribeiro et al., 2011
Brasília, DF	22,90				Roitman et al., 2018.
Riachão das Neves, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras, São Desidério, Correntina, Jaborandi e Cocos, BA	16,03				
Brasília, DF	22,65		5,400		Santana et al., 2013 Santos, 1988
Leme Prado, MG	61,3				
Olhos D'água, MG	31,5				
Olhos D'água, MG	26,6				
Itamarandiba, MG	19,9				
Minas Novas, MG	26,8				
Paracatu, MG	36,9				
Papagaios, MG	64,1				
Paraopeba, MG	18				Scolforo et al., 2008
Paraopeba, MG	15				
Paraopeba, MG	31,9				
Pompeu, MG	36,2				
Curvelo, MG	25				
Curvelo, MG	26,7				
Várzea da Palma, MG	32,4				

Buritzeiro, MG	11
Campo Azul, MG	27,6
Coração de Jesus, MG	29,1
Jequitaí, MG	22,9
Brasilândia de Minas, MG	15,2
Brasilândia de Minas, MG	25,1
João Pinheiro, MG	34,7
João Pinheiro, MG	38,1
João Pinheiro, MG	18,2
João Pinheiro, MG	26,7
Lagoa Grande, MG	59,3
São Romão, MG	36,6
Urucuaia, MG	27,4
Bonito de Minas, MG	29
Chapada Gaúcha, MG	35,3
Cônego Marinho, MG	33,5
Januária, MG	21,2
Januária, MG	25,2
Januária, MG	22,8
Montalvânia, MG	15,9
Varzelândia, MG	9,9
Januária, MG	16,8
Brasilândia de Minas, MG	24,2
Lagoa Grande, MG	48,6
Ubaí, MG	20,6
Itacambira, MG	28,2
Morada Nova de Minas, MG	37,9

Curvelo, MG	34,2						
Curvelo, MG	15						
Prata, MG	41,3						
João Pinheiro, MG	49,2						
Montes Claros, MG	30,2						
Indaiabira, MG	58,2						
Coronel Murta, MG	17,2						
Bocaiúva, MG	28,7						
Bocaiúva, MG	50,6						
São Romão, MG	20,5						
Arinos, MG	26,3						
Estado de Minas Gerais	29,36						*Silveira et al., 2019
Estado de Minas Gerais	78,12						Teodoro, 2014.
Brasília, DF	31,83						Vale & Felfili, 2005
Brasília, DF	12,40						Vale, Fiedler, Silva, 2002
Brasília, DF	12,39						
MÉDIA	23,25	3,73	3,88	2,46	4,22	1,46	

Legenda: * = Dados não provenientes de campo diretamente

APÊNDICE B. Resultados dos trabalhos levantados sobre quantificação de biomassa aérea em fitofisionomia de savana florestada (Sd).

Fisionomia	Localidade	Biomassa arbórea <i>(Mg ha⁻¹)</i>	serapilheira <i>(Mg ha⁻¹)</i>	necromassa lenhosa <i>(Mg ha⁻¹)</i>	regeneração natural <i>(Mg ha⁻¹)</i>	vegetação rasteira <i>(Mg ha⁻¹)</i>	herbácea <i>(Mg ha⁻¹)</i>	Referencial
Savana Florestada	Niquelândia, GO	35,09	3,13	0,66	0,93	0,32	0,35	Este estudo
	Estado de São Paulo	90,00						Durigan, 2004
	Corumbá, MS			4,07				Flores & Salis, 2014
	Manuel Alves de Natividade, TO	78,44						
	Formoso, TO	132,87						
	Pium, TO	165,86						Haidar et al., 2012
	Coco, TO	178,57						
	Tocantins, TO	146,53						
	Balsas, TO	153,02						
			33,40					
			57,70					
	Campos Novos Paulista, SP	62,70						Kuntschik, 2004
			72,20					
			105,10					
			119,91					
Maravilhas e Pará de Minas, MG	19,80						Lopes & Miola, 2010	
Nova Xavantina, MT	130,50						Marimon et al., 2014	
Palmas, TO	29,56						Miguel et al., 2015	
Palmas, TO	61,67						Miguel et al., 2017	

Limeira do Oeste, MG	70,49	11,67					Morais et al., 2013
Assis, SP	98,18						Pinheiro, 2008
Canápolis	47,80						
Canápolis	47,80						
Araguari	93,00						Scolforo et al., 2008
Comendador Gomes	58,30						
Gurinhata	72,60						
Estado de Minas Gerais	14,56						*Silveira et al., 2019
Brasília, DF	76,47						Teodoro, 2014
Santo Antônio do Monte, MG	150,25						Xavier, 2018
MÉDIA	84,55	7,40	1,71	0,93	0,32	0,35	

Legenda: * = Dados não provenientes de campo diretamente

APÊNDICE C. Resultados dos trabalhos levantados sobre quantificação de biomassa aérea em fitofisionomia de florestal estacional semidecidual (F) no bioma Cerrado.

Fisionomia	Localidade	Biomassa	serapilheira	necromassa	regeneração	vegetação	herbácea	Referencial
		arbórea		lenhosa	natural	rasteira		
		(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	
Floresta Estacional Semidecidual	Niquelândia, GO	76,62	2,59	1,23	0,46	0,23	0,40	Este estudo
	Nova Xavantina, MT	0,00		0,58				Carneiro et al., 2019
	Estado de São Paulo	234,00						Durigan, 2004
		120,00						Durigan, 2004
	Estado de MG e SP	115,70						Ferreira et al., 2018
	Hidrelétrico (AHE) Corumbá IV, GO	0,00						Guarino & Medeiros, 2005
	Tocantins Sul, TO	96,43						
	Palmas, TO	158,80						
	Manuel Alves de Natividade, TO	124,83						
	Santo Antônio, TO	135,95						
	Coco, TO	285,97						
	Caiapó, TO	233,73						
	Barreiras, TO	244,36						Haidar; Dias; Felfili, 2013
	Tocantins centro, TO	200,29						
	Balsas, TO	215,23						
	Sono, TO	146,08						
Mangues, TO	156,32							
Manuel Alves Grande, TO	154,15							
Jenipapo, TO	163,89							

Lontra, TO	151,32
Lontra, TO	194,27
Piranhas Norte	96,92
Tocantins Norte, TO	117,02
Tocantins Norte, TO	144,67
Javaés, TO	142,65
Formoso, TO	233,58
Santa Teresa, TO	174,79
São Valério, TO	207,95
Santo Antônio, TO	160,76
Crixás, TO	147,12
Balsas, TO	182,64
Araguaia, TO	288,25
Javaés, TO	246,32
Formoso, TO	241,96
Formoso, TO	191,37
Pium, TO	263,74
Coco, TO	212,74
Caiapó, TO	250,58
Lajeado, TO	169,85
Bananal, TO	207,15
Barreiras, TO	208,24
Tocantins Centro, TO	276,20
Crixás, TO	135,41
Balsas, TO	141,39
Sono, TO	167,94
Mangues, TO	284,29
Perdida, TO	165,35

Manuel Alves Pequeno, TO	181,59			
Manuel Alves Grande, TO	168,70			
Tocantins Norte, TO	152,06			
Lontra, TO	216,49			
Santo Antônio do Descoberto, GO	132,02			Imaña-Encinas et. al., 1995
Campos Novos Paulista, SP	124,36			Kuntschik, 2004
Maravilhas e Pará de Minas, MG	4,20			Lopes & Miola, 2010
	206,80			
	239,70			
Nova Xavantina, MT	164,90			Marimon et al., 2014
	248,50			
Pium, TO	86,94			Miranda, 2012
Itapira, SP	118,00	3,20		Moreira-Burger & Delitti 1999
Brasília, DF	144,23			Paula et al., 1990
Sobradinho, DF	127,49			Paula; Imanã-Encinas; Pereira, 1993
Riachão das Neves, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras, São Desidério, Correntina, Jaborandi e Cocos, BA	24,57			Santana et al., 2013
Estado de Minas Gerais	92,52			*Silveira et al., 2019
São José das Palmeiras, PR	56,25	31,00	3,54	Veres, Watzlawick e Silva, 2020

MÉDIA	168,05	17,12	0,91	0,46	1,89	0,40
--------------	--------	-------	------	------	------	------

Legenda: * = Dados não provenientes de campo diretamente

APÊNDICE D. Resultados dos trabalhos levantados sobre quantificação de biomassa aérea em fitofisionomia de floresta estacional decidual (C) no bioma Cerrado.

Fisionomia	Localidade	Biomassa arbórea (Mg ha⁻¹)	serapilheira (Mg ha⁻¹)	necromassa lenhosa (Mg ha⁻¹)	regeneração natural (Mg ha⁻¹)	vegetação rasteira (Mg ha⁻¹)	herbácea (Mg ha⁻¹)	Referencial
Floresta Estacional Decidual	Niquelândia, GO	113,67	2,79	1,05	0,82	0,26	0,25	Este estudo
	Tocantins Sul, TO	96,43						
	Palmas, TO	158,80						
	Manuel Alves de Natividade, TO	124,83						
	Tocantins Centro, TO	200,29						
	Sono, TO	146,08						Haidar; Dias; Felfili, 2013
	Manuel Alves Grande, TO	154,15						
	Jenipapo, TO	163,89						
	Lontra, TO	194,27						
	Tocantins norte, TO	144,67						
	Campos Belos, GO	65,61						Miranda, 2015
	Campos Belos, GO	39,17						Rocha 2011
	Estado de Minas Gerais	68,31						*Silveira et al, 2019
	MÉDIA		129,71	2,79	1,05	0,82	0,26	0,25

Legenda: * = Dados não provenientes de campo diretamente

APÊNDICE E. Resultados dos trabalhos levantados sobre quantificação de biomassa aérea em fitofisionomia de Savana parque e gramíneo-lenhosa (Sp/Sg) no bioma Cerrado.

Fisionomia	Localidade	Biomassa arbórea (Mg ha ⁻¹)	serapilheira (Mg ha ⁻¹)	necromassa lenhosa (Mg ha ⁻¹)	regeneração natural (Mg ha ⁻¹)	vegetação rasteira (Mg ha ⁻¹)	herbácea (Mg ha ⁻¹)	Referencial
Savana parque e gramíneo-lenhosa (Sp/Sg)	Nova Crixás, GO	26,52	0,07		4,35		0,01	Baccarin, 2019.
	Estado de Roraima	0,36	4,91	0,11		0,58	0,02	Barbosa &Fearnside, 2005
	Estado de Roraima	0,60	2,39	1,08		0,02	1,48	Barbosa &Fearnside, 2005
	Estado de Roraima	3,64	5,24	2,16		1,83	0,75	Barbosa &Fearnside, 2005
	Brasília, DF	5,50	0,6				1,00	Castro & Kauffman 1998
	Brasília, DF	9,30	1,9			1,90	1,40	Castro & Kauffman 1998
	Mogi Guaçu, SP	19,50					18,10	Delitti et al 2006
	NA	8,91	3,58					Fidelis, Lyra; Pivello, 2012
	Brasília, DF	7,55						Granado, 2019
	Brasília, DF	11,17						Granado, 2019
	NA	2,18		2,18		2,2E-08		Guarino & Medeiros 2005
	NA	4,11		4,11		0,000041		Guarino & Medeiros 2005
	Brasília, DF	6,23	1,09					Kauffman et al 1994
	Brasília, DF	5,53	1,59					Kauffman et al 1994
	Parque Nacional Grande Sertão Veredas	10,40	1,44	0,62			0,86	Ottmar, 2001
	Brasília, DF	3,78	0,2	0,27			0,11	Ottmar, 2001
	Brasília, DF	3,85	0,08	0,08			0,05	Ottmar, 2001
Parque Nacional das Emas	7,37	0,29	0,31			0,18	Ottmar, 2001	

Parque Nacional das Emas	9,24	0,62	0,49	0,37	Ottmar, 2001
Parque Nacional das Emas	13,02	0,91	1,43	0,6	Ottmar, 2001
Brasília, DF	15,02	0,34	0,68	0,2	Ottmar, 2001
Parque Nacional das Emas	16,57	0,4	0,57	0,24	Ottmar, 2001
Brasília, DF	6,68	0,74	1,62	0,44	Ottmar, 2001
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros	7,44	0,22	0,21	0,38	Ottmar, 2001
Brasília, DF	11,07	1,27	1,22	0,76	Ottmar, 2001
Parque Nacional das Emas	12,12	1,13	0,62	0,6	Ottmar, 2001
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros	12,17	1,22	0,53	0,58	Ottmar, 2001
Brasília, DF	15,77	1,57	1,91	0,94	Ottmar, 2001
Maracanã, PA	2,00			2,00	Rocha e Miranda, 2012
Riachão das Neves, Luís Eduardo Magalhães, Barreiras, São Desidério, Correntina, Jaborandi e Cocos, BA	8,45				Santana et al., 2013
Boa Vista, RR	7,35			7,35	Santos, 2010
Boa Vista, RR	4,08			4,08	Santos, 2010
Veredinha, MG	11,90				Scolforo et al. 2008
Paineiras, MG	13,40				Scolforo et al. 2008

Brasilândia de Minas, MG	11,10						Scolforo et al. 2008
Rio Pardo de Minas, MG	7,70						Scolforo et al. 2008
Nova Crixás, GO	24,43						Venturolli;Sanqueta, 2019
MÉDIA	9,35	1,38	1,06	4,35	0,72	1,77	

APÊNDICE F. Resultados de trabalhos de quantificação de biomassa aérea e de sub-bosque na fitofisionomia de savana arborizada (Sa) do bioma Cerrado e seus valores estimados por fator de expansão de biomassa (FE).

Fisionomia	Localidade	serapilheira		Necromassa lenhosa		regeneração natural		vegetação rasteira		herbácea		Referencial
		(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	
Savana arborizada	Niquelândia, GO	1,58	10,15	0,27	1,73	0,45	9,31	0,54	3,47	0,68	4,37	*
	Brasília, DF	5,19	19,51									1
	Brasília, DF	7,55	49,19							3,14	20,46	2
	Brasília, DF	3,80	57,58	1,70	25,76			6,90	104,55	4,50	68,18	3
	Brasília, DF	3,30	25,58	1,90	14,73			3,60	27,91	2,00	15,50	3
	Brasília, DF	1,80	11,18							2,80	17,39	4
	Brasília, DF	1,00	4,20							3,00	12,61	4
	Brasília, DF	1,30	7,56							2,20	12,79	4
	Brasília, DF	2,30	12,64							4,50	24,73	4
	Brasília, DF	10,08	48,91									5
	Brasília, DF			5,40	23,84							6
	Curvelo, MG	6,32	10,04					4,68	7,43			7
	EMBRAPA - CERRADOS, DF	4,83	8,83	11,78	21,55					0,36	0,66	8
	Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF	3,11	38,68	2,49	30,97					0,78	9,70	8
	Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF	6,96	16,20	4,66	10,85					1,74	4,05	8
	Estado de Roraima	6,09	63,71	0,39	4,08			1,89	19,78	0,90	9,42	9
	Jaborandi, BA	3,75	107,14					5,63	160,86	3,06	87,43	10

Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO	4,73	13,37	5,62	15,89	0,95	2,69	8
Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO	0,34	2,88	0,72	6,09	0,56	4,74	8
Parque Nacional das Emas, GO	1,06	14,13	0,91	12,13	0,27	3,60	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	2,26	68,28	4,66	140,79	0,56	16,92	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	1,31	7,39	2,36	13,31	0,33	1,86	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	3,52	33,88	7,27	69,97	0,88	8,47	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	2,72	14,76	3,95	21,43	0,68	3,69	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	1,79	5,98	4,06	13,56	0,45	1,50	8
Parque Nacional Grande Sertão Veredas, MG	1,35	8,06	5,07	30,27	0,34	2,03	8
Reserva Ecológica do IBGE, DF	2,02	21,51	1,73	18,42	0,50	5,32	8
Reserva Ecológica do IBGE, DF	1,94	13,59	2,52	17,65	0,49	3,43	8
Reserva Ecológica do IBGE, DF	5,45	25,50	3,76	17,59	1,36	6,36	8

Reserva Ecológica do IBGE, DF	1,93	8,41	3,18	13,85					0,64	2,79	8
Reserva Ecológica do IBGE, DF	1,80	7,81	7,30	31,68					0,62	2,69	8
Reserva Ecológica do IBGE, DF	4,26	7,48	4,03	7,07					1,42	2,49	8
Uberlândia, MG	0,46	2,68	0,00	0,00	2,47	14,41	2,63	15,34	2,97	17,33	11
MÉDIA	3,73	22,43	3,88	26,54	-	-	4,18	63,22	1,46	13,31	
Desvio Padrão	2,58	13,48	2,62	29,40	-	-	1,88	66,88	1,23	19,94	

Legenda: *=Este estudo; 1 = Abdala et al. (1998); 2 = Azevedo (2014); 3 = Castro & Kauffman (1998); 4 = Castro-Neves (2007); 5 = Mota (2017); 6 = Santos (1988); 7 = Ribeiro et al. (2011); 8 = Ottmar (2001); 9 = Barbosa & Fearnside (2005); 10 = Oliveira et al. (2019ab); 11 = Lilienfein et al. (2001).

APÊNDICE G. Resultados de trabalhos de quantificação de biomassa aérea e de sub-bosque na fitofisionomia de savana florestada (Sd) do bioma Cerrado e seus valores estimados por fator de expansão de biomassa (FE).

Fisionomia	Localidade	serapilheira		madeira morta caída		regeneração natural		vegetação rasteira		herbácea		Referencial
		(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	
Savana Florestada	Niquelândia, GO	3,13	8,92	0,66	1,88	0,93	2,65	0,32	0,91	0,35	1	*
	Limeira do Oeste, MG	11,67	21,00									1
	MÉDIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Desvio Padrão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Legenda: *=Este estudo; 1 = Morais et al. (2013).

APÊNDICE H. Resultados de trabalhos de quantificação de biomassa aérea e de sub-bosque na fitofisionomia de floresta estacional semidecidual (F) do bioma Cerrado e seus valores estimados por fator de expansão de biomassa (FE).

Fisionomia	Localidade	serapilheira		madeira morta caída		regeneração natural		vegetação rasteira		herbácea		Referencial
		(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	
Floresta Estacional Semidecidual	Niquelândia, GO	2,59	3,40	1,23	1,62	0,46	0,60	0,23	0,30	0,40	0,53	*
	Itapira, SP	3,2	2,71							0,30	0,25	1
	São José das Palmeiras, PR	31,00	55,11					3,54	6,29			2
	MÉDIA	17,12	28,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desvio Padrão	19,63	37,03	-	-	-	-	-	-	-	-	

Legenda: *= Este estudo; 1 = Moreira-Burger & Delitti (1999); 2 = Veres; Watzlawick; Silva (2020).

APÊNDICE I. Resultados de trabalhos de quantificação de biomassa aérea e de sub-bosque na fitofisionomia de floresta estacional decidual (C) do bioma Cerrado e seus valores estimados por fator de expansão de biomassa (FEB).

Fisionomia	Localidade	serapilheira		madeira morta caída		regeneração natural		vegetação rasteira		herbácea		Biomassa arbórea média	Referencial
		(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	FE (%)	(Mg ha ⁻¹)	
Floresta Estacional Decidual	Niquelândia, GO	2,79	2,45	1,05	0,92	0,82	0,72	0,26	0,23	0,25	0,22	113,67	*
	MÉDIA	-	2,15	-	0,81	-	0,63	-	0,20	-	0,19	129,71	#

Legenda: *=Este estudo; # = Média dos estudos que estimaram biomassa arbórea - Haidar et al. (2012); Miranda (2015); Rocha (2011); Silveira et al. (2019).