



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Biomassa lenhosa, estoque de carbono e estrutura da vegetação arbustivo-  
arbórea em Cerrado sentido restrito sob influência de Capim-gordura**

AMANDA FERREIRA ANDRADE

Brasília  
2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Biomassa lenhosa, estoque de carbono e estrutura da vegetação arbustivo-  
arbórea em Cerrado sentido restrito sob influência de Capim-gordura**

AMANDA FERREIRA ANDRADE

Orientadora: Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto

Coorientador: Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Florestal da Universidade  
de Brasília, como parte das exigências  
para obtenção do título de Engenheira  
Florestal.

Brasília

2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Biomassa lenhosa, estoque de carbono e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em  
Cerrado sentido restrito sob influência de Capim-gordura**

Estudante: Amanda Ferreira Andrade

Matrícula: 11/0023811

Menção: SS

Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto

Orientadora

ECL/IB – UnB

Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Coorientador

EFL/FT – UnB

Dr. Stefano Salvo Aires

Membro da Banca

ECL/IB – UnB

Brasília, 6 de dezembro de 2016

## AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Vanderlei (*in memoriam*). A saudade é infinita.

À mamãe, Cida, e à minha irmã, Érica, vocês têm comigo a paciência que eu não tenho comigo, vocês são o motivo principal disso tudo aqui, são minhas raízes, meu coração.

Ao Gab e Jura pela melhor amizade que pode existir, por fazerem a distância parecer menor, por me ajudarem a tirar o peso dos ombros só de contar sobre o dia, por serem meus irmãos, meus melhores amores.

Às minhas companheiras desde o primeiro dia, sem exageros, Yoyo e Joy, suas amizades foram essenciais a cada semestre vencido, vocês me ensinam muito sobre a vida.

Às amigas “Camile” trem, Bia, Lets, Maísa, Amandinha, Gabi, Isa, Letícia, Ilana, Yaya, Ingrid e Thiago pelo chamego, carinho, apoio, incentivo e todo o resto que se espera das Bregas, vocês são imprescindíveis.

Aos incríveis João Carlos e Larissa, pela força, companhia e amizade especialmente nos últimos anos dessa montanha russa de graduação, vocês ouviram meus lamentos sem reclamar (muito), me ajudaram e inspiraram nessa conclusão.

Aos roommates do intercâmbio, Dani, Ângelo, Denise e Manu, pelo crescimento pessoal e pela companhia nas fragilidades. Vocês também fazem parte dessa fase. Que saudade!

Aos ótimos amigos do estágio, especialmente, à Gerência de Plantio da Geo Lógica, pela paciência com as minhas crises, pelas discussões, aprendizados sem fim, cafés e reuniões.

Aos colaboradores de campo, Zé, Jocemara, Yanara, Pedro, Klaus, Lamare, Bia, Eduardo, Filipe, Daniela e Paulo, vocês foram essenciais para tornar esse trabalho real.

A todos do Laboratório de Solos e Vegetação ECL-IB/UnB pelo apoio físico e intelectual na realização desse trabalho.

À minha orientadora, Professora Gabriela, e coorientador, Professor Zé, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho sob suas supervisões tão preciosas, pelo apoio e atenção, pelo crescimento proporcionado, vocês me fazem sentir extremamente sortuda.

A todos os demais que de alguma forma participaram de momentos bons e ruins ao longo dessa caminhada fantástica.

À infinidade do universo e suas maravilhas que me inspiram a vontade de dedicar toda uma vida para tentar entender ao menos um pedacinho dela...

Muito obrigada!

## Lista de Figuras

**Figura 1.** Localização do fragmento de Cerrado sentido restrito amostrado, em meio a matriz agrícola, situado na GO-430, km 1, município de Formosa – GO. Fonte: Rodovalho (2016). 9

**Figura 2.** Esquema de instalação do bloco amostrado e subparcelas classificadas visualmente pelo tipo de vegetação predominante em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. .... 11

**Figura 3.** Coleta da biomassa aérea de gramíneas, fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. .... 12

**Figura 4.** Curva espécie-área (linha contínua suavizada em amarelo), intervalos de confiança de 95% (linhas tracejadas em verde) e curva espécie-área para a riqueza estimada de Jackknife 1 (linha irregular em vermelho) de espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. .... 18

**Figura 5.** Distribuição de frequência em classes de diâmetro dos indivíduos arbustivo-arbóreos ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. O número em cima das barras representa o percentual de espécies encontrado por classe de diâmetro. .... 24

**Figura 6.** Distribuição de frequência em classes de altura dos indivíduos arbustivo-arbóreos ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. O número em cima das barras representa o percentual de espécies encontradas por classe de altura. .... 25

**Figura 7.** Composição do Índice de Valor de Importância das 15 espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. DR: densidade relativa, DoR: dominância relativa, FR: frequência relativa. .... 26

**Figura 8.** Representação esquemática decorrente da invasão de Capim-gordura em áreas de Cerrado sentido restrito. O aumento gerado no pH do solo leva ao aumento da proporção de

bactérias no solo, que resulta em maior nitrificação e perdas de nitrogênio para a atmosfera, com consequente redução nas concentrações de amônio do solo. A correlação negativa e significativa da concentração de amônio com a biomassa arbustivo-arbórea leva à conclusão do aumento da última, quando da invasão de Capim-gordura. ....29

**Figura 9.** Autocorrelação espacial para a biomassa arbustivo-arbórea e de gramíneas amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. Os valores retratados para a biomassa representam o total medido em cada subparcela de 56 m<sup>2</sup>. ....31

## Lista de Tabelas

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas do solo em fragmento de Cerrado sentido restrito, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, Formosa – GO. x: média, Sd: desvio padrão. .... 10

**Tabela 2.** Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) registradas em 90 subparcelas de  $7 \times 8$  m, em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO, dispostas em ordem decrescente do valor de importância (IVI), com suas respectivas famílias botânicas. DA: densidade absoluta ( $ind.ha^{-1}$ ), DR: densidade relativa (% de indivíduos da espécie em relação à comunidade), DoA: dominância absoluta ( $m^2.ha^{-1}$ ), DoR: dominância relativa (% de área basal da espécie em relação à comunidade), FA: frequência absoluta (% de parcelas em a espécie ocorre), FR: frequência relativa (% de parcelas onde a espécie ocorre em relação à comunidade). ‡ Espécies de ampla distribuição no bioma Cerrado ( $\geq 50$  locais). \*\* Espécies presentes em dois ou mais locais (Ratter et al., 2003). ..... 19

**Tabela 3.** Características da vegetação arbustivo-arbórea ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO, e em outros trabalhos de Cerrado sentido restrito consultados para comparação com o presente estudo. DA = Densidade absoluta ( $ind.ha^{-1}$ ), G = área basal ( $m^2.ha^{-1}$ ), S = número de espécies,  $H'$  = Índice de diversidade de Shannon, J = Índice de equabilidade de Pielou. .... 23

**Tabela 4.** Matriz de Correlação de Pearson para a interação entre biomassa seca de Capim-gordura ( $BS_{CG}$ ), Concentração de C, N, amônio e nitrato, estoques de C e N, pH em água e razão C/N, e as variáveis DA (densidade absoluta), G (área basal),  $D_b$  (diâmetro da base), H (altura toral), S (riqueza),  $BV_{arb}$  e  $BS_{arb}$  (biomassa verde e seca referente à vegetação arbustivo-arbórea) e  $C_{arb}$  (estoque de carbono na vegetação arbustivo-arbórea), amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. .... 28

## Sumário

Lista de Figuras.....	ii
Lista de Tabelas .....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo geral.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1. Bioma Cerrado .....	3
3.2. Cerrado sentido restrito: florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea .....	4
3.3. Invasão biológica.....	5
3.4. Matéria orgânica do solo: relação C/N.....	7
4. METODOLOGIA.....	8
4.1. Caracterização da área de estudo .....	8
4.2. Coleta dos dados.....	10
4.3. Análise dos dados.....	12
5. RESULTADOS e DISCUSSÃO .....	17
5.1. Caracterização da vegetação arbustivo-arbórea .....	17
5.2. Biomassa aérea e estoque de carbono .....	26
5.3. Análises de correlação.....	27
6. CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

## RESUMO

Objetivou-se caracterizar a composição florística, a estrutura e a biomassa da vegetação arbustivo-arbórea em fragmento antropizado de Cerrado sentido restrito sob invasão biológica de Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P Beauv). Para tanto, foi instalado um bloco de 80 x 70 m, o qual foi dividido em 100 subparcelas de 8 x 7 m, classificadas visualmente como predominância de Capim-gordura (CG), de gramíneas nativas (N) ou do componente arbustivo-arbóreo de Cerrado (CSS). Procedeu-se o levantamento da vegetação arbustivo-arbórea ( $Db \geq 5,0$  cm) por meio da identificação botânica, medição do diâmetro da base (a 30 cm do solo) e da altura total (H) em 90 subparcelas. Foram calculados parâmetros fitossociológicos, a riqueza e diversidade de espécies. A amostragem da biomassa de gramíneas foi feita com 60 amostras de 1 m<sup>2</sup> dentro das subparcelas classificadas como CG e N, onde toda a biomassa de gramíneas foi cortada rente ao solo e seca em estufa a 60°C por 48 horas. A influência do Capim-gordura foi analisada por meio da Correlação de Pearson entre as variáveis medidas da estrutura, florística e biomassa da vegetação arbustivo-arbórea, com a biomassa de Capim-gordura, e as variáveis secundárias pH, concentração de C, N, amônio e nitrato, estoques de C e N no solo e relação C/N. O fragmento mostrou Densidade de 2.647 ind. ha<sup>-1</sup>, área basal de 13,76 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, riqueza de 50 espécies, diversidade de Shannon de 3,11, equabilidade de Pielou de 0,80 e riqueza estimada de Jackknife 1 de 60 espécies. A biomassa seca e estoque de carbono da vegetação arbustivo-arbórea foram 16,52 ton. ha<sup>-1</sup> e 8,26 ton. ha<sup>-1</sup> respectivamente. Para Capim-gordura a biomassa seca chegou a 5,26 ton. ha<sup>-1</sup>. Foram negativas e significativas (Pearson;  $p < 0,05$ ) as correlações entre: biomassa seca de Capim-gordura vs Db e riqueza; concentração de amônio vs área basal, Db, H, biomassa verde e seca e estoque de carbono; e positivas e significativas as correlações entre: relação C/N vs densidade, Db e riqueza.

**Palavras-chave:** invasão biológica, relação C/N, amônio/nitrato, *Melinis minutiflora*, gramínea exótica

## ABSTRACT

The aim was to characterize the floristics, structure and biomass of the shrub-tree vegetation in an anthropic fragment of Cerrado savanna under biological invasion of molasses grass (*Melinis minutiflora* P Beauv). For this, a plot of 80 x 70 m was installed, which was divided in 100 subplots of 8 x 7 m, classified visually as predominantly molasses grass (CG), native grasses (N) or shrub-tree component of Cerrado (CSS). The shrub-tree vegetation ( $Db \geq 5.0$  cm) was botanically identified, measured the base diameter (30 cm above soil) and the total height (H) in 90 subplots. Phytosociological parameters, diversity and richness were calculated. Sampling of grass biomass was undertaken in 60 samples of 1 m<sup>2</sup> within the subplots classified as CG and N, where all grass biomass was cut close to the soil and oven dried at 60°C for 48 hours. The influence of the molasses grass was analyzed by the Pearson's correlation between the measured variables of the structure, floristic and biomass of the shrub-tree vegetation, against the biomass of molasses grass, and the secondary variables pH, concentration of C, N, ammonium and nitrate, C and N stocks in the soil and C/N ratio. The fragment showed density of 2.647 ind. ha<sup>-1</sup>, basal area of 13.76 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, richness of 50 species, Shannon's diversity index of 3.11, Pielou's evenness of 0.80 and estimated richness for the first-order Jackknife of 60 species. The dry biomass and carbon stock of the shrub-tree vegetation were 16.52 ton. ha<sup>-1</sup> and 8.26 ton. ha<sup>-1</sup>, respectively. For molasses grass, the dry biomass reached 5.26 ton. ha<sup>-1</sup>. The following correlations were negative and significant (Pearson;  $p < 0.05$ ): dry biomass of molasses grass vs Db and richness; ammonium concentration vs basal area, Db, H, fresh and dry biomass and carbon stock of shrub-tree vegetation; and positive and significant between: C/N ratio vs. density, Db and richness.

**Key words:** biological invasion, C/N ratio, ammonium/nitrate, *Melinis minutiflora*, alien grass

## 1. INTRODUÇÃO

A biomassa de comunidades naturais constitui o total de material biológico, combinado de fauna e flora que habitam determinada região (Art, 2001). O estudo da biomassa vegetal apresenta importância particular para a compreensão dos fluxos e balanço de carbono em ecossistemas terrestres (Díaz-Balteiro e Romero, 2003). Estudos desta natureza têm sido alvos de investigação nos últimos anos, dada a importância crescente de alguns gases que contêm carbono e desempenham papel nos processos de mudanças ambientais. Dessa forma, conhecer os estoques de carbono nos reservatórios naturais torna-se fundamental para a compreensão de outros processos envolvidos nos fluxos de energia e da água (Fernside, 1996). Em ecossistemas que não estão em equilíbrio pode-se esperar a deposição de grandes quantidades desse elemento, em vários compartimentos da atmosfera, acompanhando mudanças nas condições ambientais globais (Goulden et al., 1998).

Alterações antrópicas em ambientes naturais em geral promovem o desequilíbrio no funcionamento do ecossistema e tendem a levar a uma série de mudanças nas características e dinâmica de comunidades (Fahrig, 2003). Mudanças provocadas nesses ambientes agem especialmente na criação de gradientes de condições abióticas de temperatura, umidade e luminosidade, e biótica de distribuição de organismos entre ambientes no interior e na borda do fragmento (Ries et al., 2004). Além disso, quanto maiores as diferenças no gradiente entre o fragmento de vegetação e a matriz na qual este está inserido, maior a intensidade do efeito de borda, com uma tendência ao aumento da densidade de organismos generalistas, como plantas invasoras e alguns insetos fitófagos. Ao mesmo tempo, espécies de interior, mais especialistas, tendem a declinar suas populações dadas as reduções nos recursos disponíveis para sua sobrevivência (Colli et al., 2005).

A regeneração, crescimento, reprodução e mortalidade da vegetação são os principais mecanismos afetados pelo efeito de borda (Harper et al., 2005). A maior exposição às condições externas ao fragmento possibilita a chegada e estabelecimento de uma maior densidade de sementes de espécies pioneiras e invasoras nesses ambientes (Laurance, 2002). Essas modificações alteram a estrutura e composição dos ambientes, e podem afetar a biomassa e estoque de carbono (Laurance et al., 2007).

Decorrente das modificações nos ambientes naturais de caráter predominantemente antropogênico, a invasão biológica, que compreende a proliferação de espécies não nativas, apresenta potencial para alterar o equilíbrio nos ecossistemas. Nesse contexto, a espécie

invasora passa a competir com as espécies nativas, levando a potenciais extinções locais, afetando processos ecológicos, o meio físico, a biota, podendo gerar ainda prejuízos econômicos. O processo de invasão biológica se desenvolve em escala temporal, que envolve desde a remoção de barreiras à ocupação, até a dispersão, colonização, competição e evolução, o que evidencia o caráter de eventuais mudanças a longo prazo nos ecossistemas afetados (Richardson et al., 2000).

Dessa forma, avaliar a estrutura em fragmentos de vegetação nativa, é uma etapa importante para o entendimento dos processos de modificações ocorridos em comunidades lenhosas (Fiszon et al., 2003). Assim, faz-se necessária a investigação acerca do estado de conservação de ecossistemas naturais antropizados, buscando identificar e quantificar as alterações de modo a priorizar ações de recuperação e conservação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Caracterizar a estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um fragmento de Cerrado sentido restrito, circundado por matriz agrícola e quantificar a biomassa arbustivo-arbórea aérea e o estoque de carbono, considerando a influência da invasão biológica de Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv).

### **2.2. Objetivos específicos**

- Quantificar a riqueza e diversidade de espécies arbustivo-arbórea do fragmento de Cerrado sentido restrito;
- Caracterizar a estrutura da vegetação arbustivo-arbórea do fragmento de Cerrado sentido restrito;
- Determinar o estoque aéreo de carbono e biomassa da vegetação arbustivo-arbórea do fragmento de Cerrado sentido restrito;
- Determinar a biomassa de Capim-gordura e de gramíneas nativas dentro no fragmento de Cerrado sentido restrito;
- Correlacionar a riqueza e diversidade de espécies arbustivo-arbóreas, a estrutura da vegetação, sua biomassa aérea e estoque de carbono com a ocorrência do Capim-gordura, estoque de carbono e nitrogênio do solo, pH, relação C/N, concentrações de C, N, amônio e nitrato do solo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Bioma Cerrado

O Cerrado apresenta clima sazonal classificado como Aw de Koppen, com duas estações bem definidas, sendo o verão chuvoso, de outubro a março, e o inverno seco, de abril a setembro. A precipitação se concentra em alguns meses do ano, o que influencia diretamente na composição e características da vegetação, assim como na formação do solo. Os Latossolos (oxissolos) cobrem 46% da área do bioma, sendo altamente intemperizados, apresentando grande profundidade, boa drenagem, alta acidez, toxidez de alumínio e baixa fertilidade, especialmente em termos de fósforo, cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes (Embrapa, 1999).

O Cerrado constitui-se de um gradiente de fisionomias ou tipos de vegetação, que vai desde o campo sujo ou cerrado ralo (gramíneas com arbustos pequenos esparsos) até o cerradão (árvores formando um dossel contínuo, semelhante a uma floresta seca), incluindo 11 tipos diferentes de fisionomias nesse gradiente (Ribeiro e Walter, 2008; Durigan et al., 2011). Abriga 5% da biodiversidade mundial e é um dos 34 *hotspots* mundiais por ser uma das mais ricas regiões de savana tropical, com alto grau de endemismo, caracterizando-se como área prioritária para conservação (Mittermeier et al., 2005).

A formação mais conhecida do bioma é o Cerrado sentido restrito, que é classificada como savana (Eiten, 1972) e que apresenta similaridades com savanas da América do Sul, África e Austrália, diferindo-se destas principalmente quanto à riqueza (Lehman, 2014). Essa formação apresenta diversos mecanismos para resistir a fatores como fogo, solo-clima, topografia e interferência antrópica (Oliveira Filho et al., 1989). Destacam-se as cascas com cortiças espessas, as gemas protegidas por pelos, as folhas rígidas e de consistência coriácea, a alta capacidade de rebrota (Ribeiro e Walter, 1998), além da profundidade das raízes que atingem reservas de água a grandes distâncias no solo, proporcionando, muitas vezes, a não limitação ao consumo de água, mesmo na estação seca (Scholz et al., 2002).

Mas, o Cerrado encontra-se bastante ameaçado, com um remanescente de vegetação nativa de aproximadamente 45% (Sano et al., 2009). Espécies nativas importantes, comercial e ecologicamente, desaparecem em função da ocupação desordenada, da expansão urbana e agropecuária, da exploração irracional e do uso indiscriminado do fogo (Fiedler et al., 2004; Lapola et al., 2014). Se mantida a taxa de desmatamento de 1,1% ao ano, até 2030 a vegetação

nativa do Cerrado ficará restrita às Unidades de Conservação, às terras indígenas e às áreas inóspitas ao agronegócio (Machado et al., 2004).

A conservação de áreas nativas de Cerrado em âmbito privado, correspondendo a Reservas Legais (RL), Áreas de Preservação Permanente (APP) ou Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), pode ser uma ferramenta para promover a comunicação entre unidades de conservação (Ganem, 2007), formar corredores/trampolins ecológicos e fazer parte da preservação de metapopulações da biodiversidade ao longo do tempo (Cerqueira et al., 2003).

### **3.2. Cerrado sentido restrito: florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea**

Por apresentar-se como um mosaico de habitats, proporcionando a existência de uma diversidade de nichos ecológicos, a riqueza florística do Cerrado tem extrema heterogeneidade, que soma 12.356 espécies entre plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós (Mendonça et al., 2008). Para tanto, o entendimento da composição florística de comunidades de Cerrado permite o planejamento de ações para a conservação ou recuperação de habitats, buscando sempre representar da melhor forma possível suas diversidades (Durigan, 2003), permitindo ainda comparações entre e dentro de comunidades (Melo, 2004).

Aos estudos das características, classificação, relações e distribuição entre espécies vegetais dentro de comunidades naturais dá-se o nome de fitossociologia (Silveira, 2010) e estes têm potencial de gerar bases para outros estudos, como por exemplo, de dinâmica da comunidade, com a análise de recrutamento, mortalidade, incremento, distribuição espacial das espécies, e ainda, permitem fazer previsões de tendências futuras, de relações entre os grupos e as espécies e detectar o estágio sucessional em que a comunidade se encontra (Scolforo, 1993; Tabarelli et al., 1993).

A composição florística da vegetação lenhosa do Cerrado sentido restrito é dominada por um grupo de cerca de 350 espécies, comuns para localidades diversas dentro do Cerrado, consideradas assim, amplamente distribuídas no bioma. Entretanto, a ocorrência de espécies raras é o que torna a riqueza da vegetação lenhosa dessa formação, singular no mundo todo (Ratter et al., 2003).

A diversidade alfa para comunidades lenhosas no Cerrado raramente ultrapassa 100 espécies por hectare, sendo resultado, muitas vezes, do tipo de solo da região, com correlação negativa entre fertilidade e número de espécies, uma vez que nesses casos ocorre a predominância de algumas espécies indicadoras das condições edáficas (Ratter et al., 2000, 2003). Para famílias botânicas, observa-se a predominância de alguns táxons, como por exemplo, Fabaceae, Vockysiaceae, Myrtaceae e Melastomataceae, que, comumente, abrigam de 40 a 70% de todas as espécies em comunidades lenhosas (Felfili et al., 2002; Balduino et al., 2005; Lopes et al., 2011; Aquino et al., 2014). O Cerrado sentido restrito usualmente apresenta poucas espécies lenhosas congêneres, ficando grande parte dos gêneros encontrados por comunidade representados por apenas uma espécie (Líbano e Felfili, 2006; Aquino et al., 2014). Isto é um indicativo de que para a proteção de espécies pouco abundantes, são necessárias muitas áreas visando a conservação de populações viáveis (Aquino et al., 2014).

### **3.3. Invasão biológica**

A invasão biológica tem provocado mudanças na vegetação em áreas naturais em diversas partes do mundo (D'Antonio e Vitousek, 1992). Dadas as condições de paisagens abertas e ensolaradas no Cerrado (campos e savanas), o ambiente para o desenvolvimento de gramíneas encontra facilidades, fazendo com que algumas espécies exóticas apresentem enorme sucesso na competição com espécies nativas (Baruch et al., 1985). Além disso, espécies invasoras, em geral, apresentam características de competidoras superiores por apresentarem produção de sementes pequenas e em grande quantidade, dispersão pelo vento, maturação precoce, formação de banco de sementes com grande longevidade no solo, reprodução por sementes e por brotação, longos períodos de floração e frutificação, crescimento rápido, pioneirismo, adaptação a áreas degradadas e alelopatia (Freitas, 1999; Pivello, 1999a; Ziller, 2001). Essas características levam ao espalhamento e dominação de ambientes de forma rápida, levando essas espécies a competir e muitas vezes, ocupar o nicho antes ocupado por espécies nativas (Matos e Pivello, 2009).

As consequências da invasão são a alteração da estrutura do estrato herbáceo de comunidades, redução da biodiversidade, estreitamento da variação e disponibilidade de alimento/nutrientes para a fauna e flora, extinção local de espécies de gramíneas nativas, alteração do regime de fogo pelo aumento da quantidade de biomassa produzida (D'Antonio e Vitousek, 1992; Asner e Beatty, 1996; Pivello, 2011). Adicionalmente interferem

negativamente na regeneração e recrutamento de espécies lenhosas nativas ao reduzir drasticamente a luminosidade na superfície do solo, impedindo estabelecimento (Hughes e Vitousek, 1993).

A espécie *Melinis minutiflora* P. Beauve (Capim-gordura) é uma gramínea de origem africana, atualmente espalhada por diversos estados brasileiros com potencial para invasão biológica de ambientes abertos e sua descaracterização a longo prazo (Filgueiras, 1990). Estudos sobre a invasão biológica e o manejo do Capim-gordura são recentes no país, com significativo aumento após os anos 2000, concentrando-se principalmente no Distrito Federal, onde a gramínea apresenta-se amplamente distribuída, especialmente dentro de Unidades de Conservação (Rodvalho e Nardoto, 2014).

De forma geral, no bioma Cerrado existem registros de invasão de comunidades vegetais por gramíneas africanas em Unidades de Conservação e em fragmentos em todo seu domínio, com registros da invasão por *M. minutiflora* e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster, ambas com altos valores de importância em comunidades no Parque Nacional de Brasília (Silva e Haridasan, 2007; Martins et al., 2011), na gleba Cerrado Pé-de-Gigante do Parque Estadual de Vassununga, no nordeste do estado de São Paulo (Pivello et al., 1999a; Tambosi e Barbosa, 2009), na Reserva Biológica do Cerrado de Emas, Pirassununga (SP) (Pivello et al., 1999b); formação de extensas pastagens de *M. minutiflora* no estado de Goiás, onde antes eram campos de Cerrado (Silva et al., 2015), no Parque Estadual de Ilha Grande (RJ) (Alho et al., 2002), no Parque Nacional das Emas (GO e MS) (Coutinho, 1990), na Serra da Canastra (MG) (Zanin, 2009), na Serra do Cipó (MG) (Ribeiro et al., 2005) e na Serra do Curral (MG) (Rossi et al., 2010).

### **3.4. Matéria orgânica do solo: relação C/N**

A matéria orgânica no solo de ambientes naturais inclui todos os resíduos depositados pela vegetação e fauna, além dos constituintes vivos (raízes, fauna edáfica). Os resíduos aportados da biomassa aérea e radicular das plantas, pela liberação de exsudados radiculares, da lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva (Silva e Mendonça, 2007), a matéria orgânica morta, acumulam-se sobre o solo formando uma camada de componentes orgânicos denominada serapilheira. A serapilheira é formada por uma miscelânea de resíduos de diversas dimensões e em diferentes estágios de decomposição.

Em geral, os solos em ambientes tropicais possuem de 5 a 50 g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica e sustentam por vezes, enormes quantitativos de biomassa aérea verde, mesmo aqueles de baixa fertilidade. Isto se dá em função da dinâmica da matéria orgânica que proporciona a mineralização de nutrientes essenciais por micro-organismos, atuando especialmente nos ciclos de N, P e S. Esses nutrientes retornam para a vegetação pela absorção das raízes, para a continuação da produção primária e manutenção dos ecossistemas, agindo sobre a qualidade do solo, da água e do ar, uma vez que muitos desses componentes podem ser levados para corpos d'água ou volatilizados para a atmosfera (Bertalot et al., 2004; Silva e Mendonça, 2007; Longhi et al., 2011).

Dos nutrientes essenciais, constituintes da matéria orgânica, o nitrogênio é componente de diversos compostos em plantas, com destaque aos aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, participando de uma gama de processos que envolvem micro-organismos e plantas, sendo um dos principais nutrientes absorvidos por vegetais (Cantarella, 2007). Cerca de 95% do nitrogênio absorvido pelas plantas é proveniente do ciclo do N no sistema solo-microrganismos-plantas, ficando os outros 5% advindos do ciclo atmosfera-hidrosfera (Hauck e Tanji, 1982 apud Cantarella, 2007). Dada a complexidade do ciclo do nitrogênio no sistema solo-planta, sua mensuração é afetada por fatores físicos, químicos, biológicos e climáticos que são de difícil medição e controle (Myrold et al., 2011).

A relação entre o percentual de carbono e nitrogênio da matéria orgânica no solo é uma das variáveis mais importantes para o entendimento da dinâmica da vegetação (Johnson e Curtis, 2000). Quanto maior a relação C/N, maior o componente carbono no material depositado, ou seja, mais lignificado, proporcionando menores taxas de decomposição e mais tempo de cobertura do material sobre o solo. Quanto maior o componente N no resíduo

depositado sobre o solo, maior a atividade bacteriana e maior a disponibilização deste nutriente para a vegetação (Janssen, 1996).

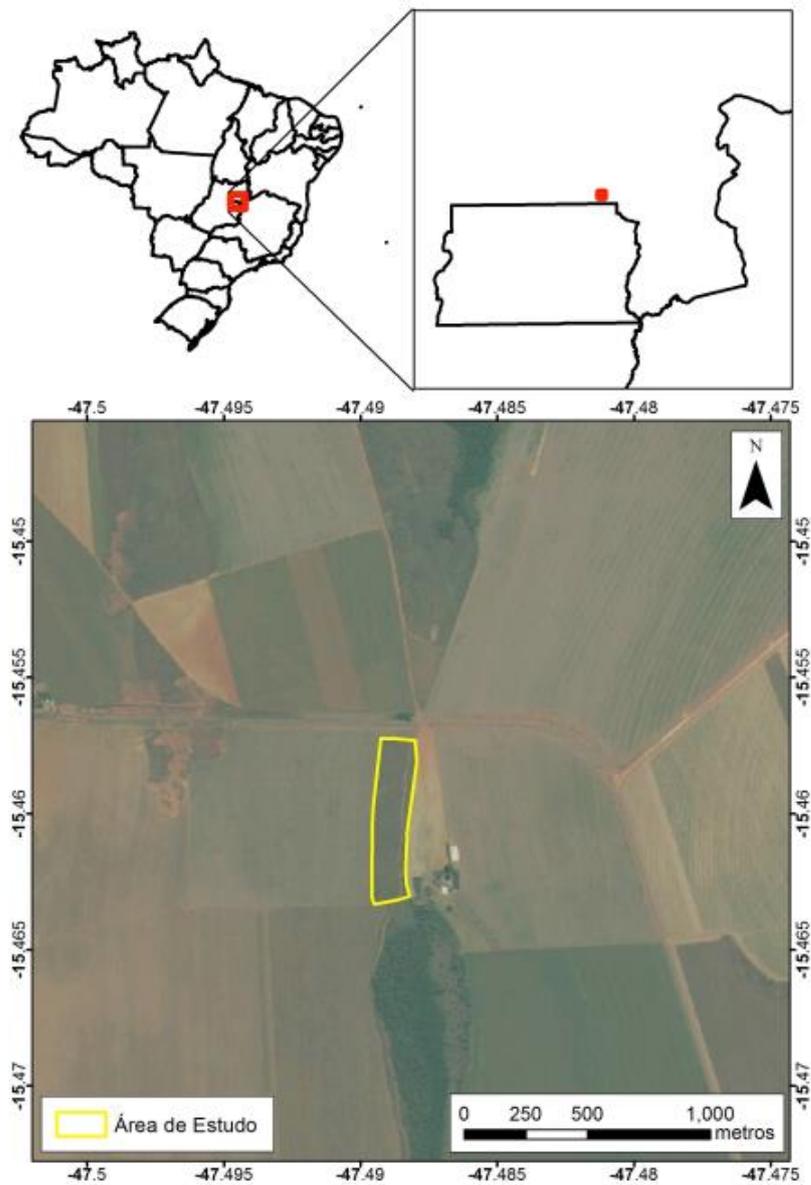
Assim, para o balanço de carbono e nitrogênio do solo, é essencial o equilíbrio na deposição desses dois componentes visando promover a decomposição intermediária entre eles, proporcionando uma taxa de mineralização que atenda as demandas da vegetação e paralelamente, sustente a taxa de incorporação de carbono ao solo, em sua forma coloidal estável, como húmus, promovendo sustentabilidade do ambiente ao longo do tempo (Giacomini et al., 2003).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

O estudo foi desenvolvido em um fragmento de Cerrado sentido restrito inserido em matriz agrícola que pertence a propriedade particular. A propriedade está localizada na Bacia hidrográfica do Ribeirão Pípiripau, nas proximidades da GO-430, km 1, entre as coordenadas 232931,19 mE e 8289229,17 mS (Projeção UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 23 S), no município de Formosa, estado de Goiás (Figura 1). O clima da região é tropical com inverno seco e a propriedade localiza-se a 1.200 m de altitude. A propriedade está situada numa região de chapada, com solo classificado como Latossolo vermelho, e teve a vegetação nativa convertida em agricultura mecanizada a cerca de 30 anos (Rodvalho, 2016). O fragmento de vegetação nativa possui 10 hectares e constitui a Reserva Legal da propriedade. A área apresenta invasão biológica por *M. minutiflora* (Capim-gordura), e histórico de incêndios recorrentes, com exceção dos últimos nove anos, quando a área permaneceu isenta de queimadas.

O fragmento é instrumento de outros estudos (Alves, 2015; Rodvalho, 2016), e assim, já foi georreferenciado e dividido em três blocos de 80 x 70 m (5600 m<sup>2</sup>), de forma sistemática, equidistantes 136 m um do outro e 102 m da borda norte e sul, nos quais foram feitas coletas de solo para análise de carbono e nitrogênio, e instalados experimentos para avaliação da decomposição. A localização dos blocos foi feita baseando-se na mais forte invasão pelo capim-gordura nesses trechos. Os resultados para as características físicas e químicas do solo do fragmento são apresentados na Tabela 1 a seguir.



**Figura 1.** Localização do fragmento de Cerrado sentido restrito amostrado, em meio a matriz agrícola, situado na GO-430, km 1, município de Formosa – GO. Fonte: Rodovalho (2016).

**Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas do solo em fragmento de Cerrado sentido restrito, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pipiripau, Formosa – GO. x: média, Sd: desvio padrão.

<b>Característica</b>	<b>x ± Sd</b>	<b>Profundidade</b>
Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	0,81 ± 0,01	0 – 20 cm
pH em água	5,15 ± 0,16	0 – 10 cm
Relação C/N	18,66 ± 0,58	0 – 10 cm
Concentração C (%)	3,23 ± 0,32	0 – 10 cm
Concentração N (%)	0,17 ± 0,02	0 – 10 cm
Concentração NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	3,61 ± 0,66	0 – 10 cm
Concentração NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	0,83 ± 0,12	0 – 10 cm

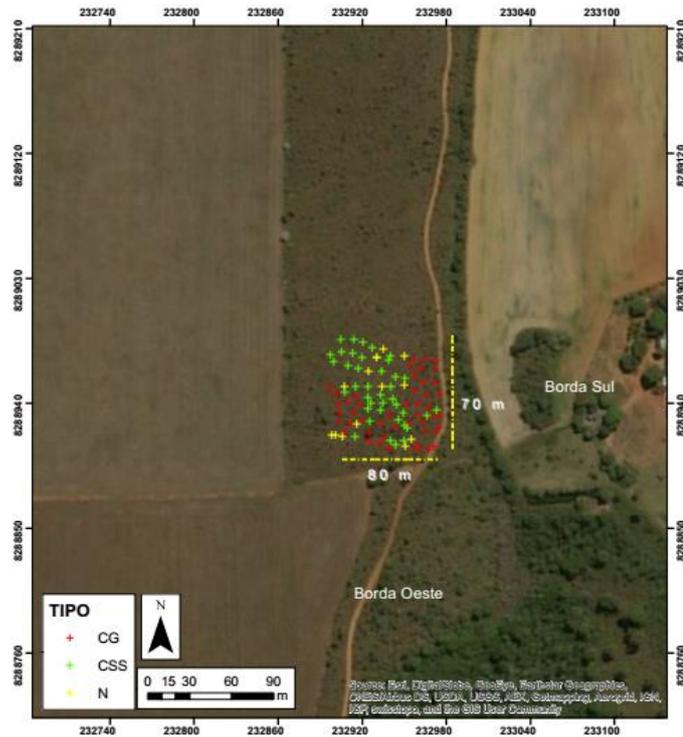
Dados de Alves (2015) e Rodovalho (2016).

#### **4.2. Coleta dos dados**

Foi instalado um bloco de 80 x 70 m, perfazendo uma amostragem de 5.600m<sup>2</sup> (Figura 2). O bloco foi dividido em subparcelas de 8 x 7 m para maior controle no levantamento dos dados.

A escolha por se fazer o levantamento da vegetação dentro do bloco, deu-se em razão de viabilizar a compatibilização com os dados já levantados neste fragmento por outros estudos (Alves, 2015; Rodovalho, 2016). No bloco, cada subparcela teve definida, de forma visual, a categorias de vegetação predominante: invasão biológica por Capim-gordura (CG), predominância de gramíneas nativas (N) e predominância do estrato arbustivo-arbóreo de Cerrado sentido restrito (CSS) (Figura 2). Assim, a classificação da cobertura vegetal nas 100 subparcelas foi distribuída da seguinte maneira: 49 CG, 11 N e 40 CSS (Rodovalho, 2016).

Para o levantamento da vegetação arbustivo-arbórea foram amostradas 90 subparcelas. Foram mensuradas a circunferência da base, a 30 cm do nível do solo, para todos os indivíduos arbustivo-arbóreos, com diâmetro da base (Db) maior ou igual a 5 cm, conforme recomendado por Felfili et al. (2005) para áreas de Cerrado sentido restrito. Para a medição da altura total, foi utilizada régua telescópica. Todos os indivíduos mensurados foram marcados com placas de alumínio numeradas, de forma sequencial.



**Figura 2.** Esquema de instalação do bloco amostrado e subparcelas classificadas visualmente pelo tipo de vegetação predominante em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO.

As espécies não identificadas em campo foram coletadas para posterior identificação através de consultas com especialistas e comparação com o acervo do Herbário da Universidade de Brasília (UB). Para a nomenclatura botânica foi adotado o sistema de classificação *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016), com conferência da grafia dos nomes científicos com os bancos de dados eletrônicos disponibilizados pelo *Missouri Botanical Garden* ([www.mobot.org](http://www.mobot.org)) e a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil, 2016).

Para o levantamento da biomassa de gramíneas foram determinadas quadrículas de 1 m<sup>2</sup> dentro das subparcelas de 8 x 7 m, nas quais tinham definidas as categorias CG, N e CSS. Todo o material vegetal foi cortado rente ao solo com tesoura de poda (Figura 3), totalizando 60 amostras. Posteriormente, o material foi conduzido para o Laboratório de Solos e Vegetação da Universidade de Brasília, onde teve sua massa verde registrada, seguido de secagem em estufa a 60° C por 48 horas, para determinação do peso seco, conforme descrito em Silva e Haridasan (2007), com modificações.



**Figura 3.** Coleta da biomassa aérea de gramíneas, fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO.

### 4.3. Análise dos dados

#### 4.3.1. Riqueza, Diversidade e Estrutura da Vegetação arbustivo-arbórea

Para a diversidade, foram calculados os índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J'$ ) (Magurran, 2004). Além das distribuições de frequência nas classes de diâmetro e altura, representados na forma de histogramas (Scolforo, 1993). A suficiência amostral, do levantamento florístico foi avaliada pela curva espécie-área (Kent e Coker, 1992) e pelo índice Jackknife 1 (Magurran, 2004).

O Índice de Shannon ( $H'$ ) fornece o grau de incerteza em prever, qual seria a espécie pertencente a um indivíduo da população se retirado aleatoriamente (Magurran, 2004). Quanto maior o valor de  $H'$ , maior a diversidade florística da área em estudo.

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i \quad (1)$$

Onde:

$H'$  = Índice de Shannon

$p_i$  =  $n_i/N$ , densidade relativa da  $i$ -ésima espécie por área

$n_i$  = Número de indivíduos da espécie  $i$

$N$  = número total de indivíduos.

Índice de Equabilidade de Pielou (J): é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Magurran, 2004). Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima) (Scolforo et al., 2008).

$$J = \frac{H'}{H_{máx}} \text{ sendo } H_{máx} = \ln S \quad (2)$$

Onde:

J = Equabilidade de Pielou;

H' = Índice de Shannon;

S = número total de espécies amostradas.

Para a estimativa da riqueza para a área, foi utilizado o Índice de Jackknife 1, o qual se baseia na riqueza observada e nas espécies raras (Magurran, 2004).

$$ED = S_{OBS} + S_1 * \frac{(f - 1)}{f} \quad (3)$$

Onde:

ED = Estimador de riqueza por Jackknife de 1ª ordem

Sobs = Riqueza observada;

S1 = Número de espécies presentes em uma parcela

f = número de parcelas.

Os cálculos da riqueza, diversidade de espécies e de suficiência amostral foram feitos por meio do software EstimateS (Colwell, 2005).

Para descrever a estrutura da vegetação arbustivo-arbórea foram calculados os parâmetros fitossociológicos (Müeller-Dombois e Ellenberg, 1974), apresentados a seguir.

Densidade Absoluta (DA): a relação do número total de indivíduos de um táxon por área, obtida pela divisão do número total de indivíduos do táxon (ni) encontrados na área amostral (A), por unidade de área (1 ha).

$$DA_i = n_i * 1ha/A \quad (4)$$

Onde:

DA<sub>i</sub> = Densidade absoluta da espécie i por hectare;

n<sub>i</sub> = Número de indivíduos da espécie i;

A = Área amostral (em hectare).

Densidade Relativa (DR): representa a porcentagem com que um táxon i aparece na amostragem em relação ao total de indivíduos do componente amostrado (N). A razão n<sub>i</sub>/N representa a probabilidade de, amostrado um indivíduo aleatoriamente, ele pertença ao táxon em questão.

$$DR_i = (n_i/N) * 100 \quad (5)$$

Onde:

DR<sub>i</sub> = Densidade relativa da espécie i por hectare;

n<sub>i</sub> = Número de indivíduos da espécie i;

N = número total de indivíduos.

Frequência Absoluta (FA): a porcentagem de amostras em que foi registrado um dado táxon i, ou a probabilidade de uma parcela aleatoriamente sorteada conter o táxon i. Expressa pela porcentagem do número de unidades amostrais em que i ocorre (O<sub>ci</sub>) dividido pelo número total de unidades amostrais:

$$FA_i = (O_{c_i}/UA) * 100 \quad (6)$$

Onde:

FA<sub>i</sub> = Frequência absoluta da espécie i;

O<sub>ci</sub> = Número de unidades amostrais em que i ocorre;

UA = Número total de unidades amostrais.

Frequência Relativa (FR): relação em porcentagem da ocorrência do táxon i pela somatória de ocorrências para todos os táxons do componente analisado.

$$FR_i = (Oc_i / \sum Oc) * 100 \quad (7)$$

Onde:

FR<sub>i</sub> = Frequência relativa da espécie i;

Oc<sub>i</sub> = Número de unidades amostrais em que i ocorre;

Oc = Número total de ocorrências para todos os táxons.

Dominância Absoluta (DoA): é a área basal total em m<sup>2</sup> que o táxon i ocupa na amostra, por unidade de área (1 ha), calculada pela somatória da área de todos os indivíduos de i.

$$DoA_i = g_i/ha \quad (8)$$

Onde:

DoA = Dominância absoluta da espécie i;

g<sub>i</sub> = Área basal da espécie i (m<sup>2</sup>).

Dominância Relativa (DoR): a área total da seção do caule que todos os indivíduos de um táxon ocupam, dividido pelo total de todos os indivíduos amostrados e expressa em porcentagem. Representa a contribuição da biomassa do táxon em relação ao total da biomassa do componente analisado.

$$DoR_i = (g_i / \sum g_i) * 100 \quad (9)$$

Onde:

DoR = Dominância relativa da espécie i;

g<sub>i</sub> = Área basal da espécie i (m<sup>2</sup>).

Índice de Valor de Importância: importância de uma espécie dentro da comunidade, composto pelos parâmetros relativos de densidade, frequência e dominância. Este parâmetro permite a ordenação das espécies hierarquicamente segundo sua importância na comunidade.

$$IVI_i = DR_i + FR_i + DoR_i \quad (10)$$

Onde:

IVI<sub>i</sub> = Índice de valor de importância da espécie i;

DR<sub>i</sub> = Densidade relativa da espécie i;

FR<sub>i</sub> = Frequência relativa da espécie i;

DoR<sub>i</sub>. Dominância relativa da espécie i.

#### 4.3.2. Biomassa aérea e estoque de carbono

Foram estimados a biomassa verde e seca e o estoque de carbono conforme equações ajustadas de Rezende et al. (2006) para áreas de Cerrado sentido restrito.

$$BV = 0,03047Db^{2,27159} * Ht^{0,89748} \quad (11)$$

Onde:

BV = Biomassa lenhosa verde (ton);

Db = Diâmetro a altura da base (cm);

Ht = Altura total (m).

$$BS = 0,49129 + 0,02912Db^2 * Ht \quad (12)$$

Onde:

BS = Biomassa lenhosa seca (ton);

Db = Diâmetro a altura da base (cm);

Ht = Altura total (m).

$$C = 0,24564 + 0,01456 Db^2 Ht \quad (13)$$

Onde:

C = Estoque de carbono (ton);

Db = Diâmetro a altura da base (cm);

Ht = Altura total (m).

Para a determinação dos estoques de nitrogênio e carbono no solo foi usada a densidade do solo para o fragmento (Alves, 2015) e método de Groppo et al. (2015).

A partir dos dados da estrutura da vegetação, riqueza e diversidade de espécies, prosseguiu-se para as análises de associação por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (Zar, 1999). Essas análises tiveram o objetivo de verificar se existe associação entre as variáveis coletadas da vegetação arbustivo-arbórea com os dados secundários de análises de solo para concentração de nitrogênio, carbono, amônio e nitrato no solo, razão amônio/nitrato, pH e relação C/N (Rodvalho, 2016), caracterizando e quantificando a associação quando presente. As análises estatísticas foram feitas usando o software Assistat (Silva e Azevedo, 2016).

Foi realizada a análise espacial da biomassa arbustivo-arbórea e de gramíneas buscando identificar o padrão de distribuição dos dados. Para tanto realizou-se interpolações por meio de krigagem ordinária e utilizando o modelo esférico, disponíveis no programa ArcGIS 10.3 (ESRI, 2015).

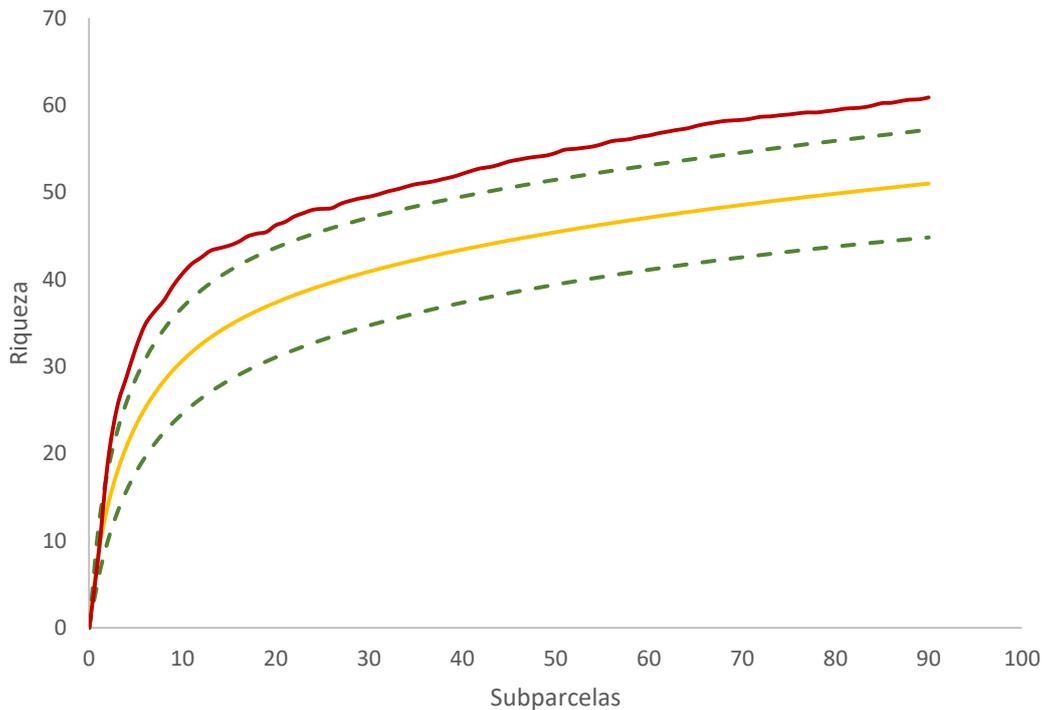
## **5. RESULTADOS e DISCUSSÃO**

### **5.1. Caracterização da vegetação arbustivo-arbórea**

Foram amostrados 1.334 indivíduos, pertencentes a 50 espécies, distribuídas em 45 gêneros e 28 famílias (Tabela 2). O número de espécies encontrado compreende o limite inferior descrito para áreas de Cerrado sentido restrito, quando amostrado um hectare, onde a riqueza varia entre 50 e 80 espécies (Felfili e Silva-Júnior 1993). Resultado similar também foi encontrado em outros trabalhos (Tabela 3). Cabe ressaltar a riqueza tanto maior, quando encontrada maior densidade de indivíduos, o que não parece ocorrer para o fragmento analisado, que, quanto a esse parâmetro, assemelha-se mais a um Cerrado sentido restrito tipo ralo.

A diversidade alfa da comunidade, medida pelo Índice de Shannon (H'), foi de 3,11 e o Índice de equabilidade de Pielou (J) de 0,80, evidenciando a alta diversidade e baixa dominância ecológica das espécies na área. Comparativamente com outras áreas de Cerrado sentido restrito (Tabela 3), a diversidade foi a menor, o que pode ser reflexo direto da baixa riqueza de espécies registrada na área.

A riqueza estimada pelo índice de Jackknife 1 foi de 60 espécies. A riqueza encontrada representa 84% da estimada para a área, evidenciando que o inventário foi satisfatório em descrever a composição florística para o fragmento. Além disso, a curva espécie-área mostrou tendência à formação de platô a partir da subparcela 66, quando foram amostradas 96% (48) de todas as espécies encontradas na área (Figura 4). Isso reafirma que o esforço amostral foi eficaz para a descrição florística do fragmento.



**Figura 4.** Curva espécie-área (linha contínua suavizada em amarelo), intervalos de confiança de 95% (linhas tracejadas em verde) e curva espécie-área para a riqueza estimada de Jackknife 1 (linha irregular em vermelho) de espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO.

Das 44 espécies identificadas até o nível de espécie, 19 (43%) apresentam ampla distribuição no Cerrado brasileiro, estando presente em 50% ou mais dentre 376 áreas distribuídas por todo o bioma, analisadas em Ratter et al. (2003). O mesmo trabalho apontou outras 23 espécies (52%) cuja distribuição se dá em dois ou mais sítios considerados no levantamento. Nenhuma das espécies encontradas na área é classificada como rara (densidade de 1 ind.  $ha^{-1}$ ) (Pedreira et al., 2011) ou ameaçada (Brasil, 2014). Isso retrata uma comunidade com espécies de ocorrência comum e ampla distribuição pelo domínio do Cerrado.

**Tabela 2.** Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) registradas em 90 subparcelas de  $7 \times 8$  m, em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO, dispostas em ordem decrescente do valor de importância (IVI), com suas respectivas famílias botânicas. DA: densidade absoluta ( $ind.ha^{-1}$ ), DR: densidade relativa (% de indivíduos da espécie em relação à comunidade), DoA: dominância absoluta ( $m^2.ha^{-1}$ ), DoR: dominância relativa (% de área basal da espécie em relação à comunidade), FA: frequência absoluta (% de parcelas em a espécie ocorre), FR: frequência relativa (% de parcelas onde a espécie ocorre em relação à comunidade). ‡ Espécies de ampla distribuição no bioma Cerrado ( $\geq 50$  locais). \*\* Espécies presentes em dois ou mais locais (Ratter et al., 2003).

Espécie	Família	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc. ‡	Calophyllaceae	433	16,34	1,49	10,84	77,78	9,01	36,19
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze **	Primulaceae	399	15,07	1,59	11,56	77,78	9,01	35,64
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart. **	Styracaceae	187	7,05	1,10	8,00	61,11	7,08	22,12
<i>Roupala montana</i> Aubl. ‡	Proteaceae	155	5,85	0,63	4,61	43,33	5,02	15,47
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St. Hil ‡	Erythroxylaceae	113	4,27	0,41	2,95	45,56	5,28	12,50
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. **	Malvaceae	73	2,77	0,96	6,99	20,00	2,32	12,08
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC. ‡	Malpighiaceae	93	3,52	0,38	2,79	42,22	4,89	11,20
<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby **	Fabaceae	69	2,62	0,62	4,52	18,89	2,19	9,33
<i>Psidium laruotteanum</i> Cambess. **	Myrtaceae	87	3,30	0,30	2,15	28,89	3,35	8,80
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville **	Fabaceae	58	2,17	0,44	3,22	27,78	3,22	8,61
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel ‡	Fabaceae	65	2,47	0,27	1,96	27,78	3,22	7,65
<i>Palicourea rigida</i> Kunth **	Rubiaceae	65	2,47	0,24	1,76	26,67	3,09	7,32
<i>Qualea parviflora</i> Mart. ‡	Vochysiaceae	54	2,02	0,40	2,87	18,89	2,19	7,08
<i>Plenckia populnea</i> Reissek **	Celastraceae	62	2,32	0,17	1,23	26,67	3,09	6,64
<i>Butia</i> sp.	Arecaceae	38	1,42	0,51	3,73	12,22	1,42	6,57
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. **	Fabaceae	58	2,17	0,22	1,62	21,11	2,45	6,24
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltdl.) Frodin **	Araliaceae	40	1,50	0,32	2,36	20,00	2,32	6,17
<i>Machaerium opacum</i> Vogel **	Fabaceae	48	1,80	0,22	1,62	22,22	2,57	6,00
<i>Annona</i> sp.	Annonaceae	34	1,27	0,33	2,37	13,33	1,54	5,18
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex ‡	Bignoniaceae	38	1,42	0,29	2,13	13,33	1,54	5,10
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth. ‡	Fabaceae	32	1,20	0,22	1,63	15,56	1,80	4,63
<i>Eremanthus glomerulatus</i> Less. **	Asteraceae	40	1,50	0,16	1,17	16,67	1,93	4,60
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth ‡	Malpighiaceae	30	1,12	0,20	1,42	16,67	1,93	4,47

Espécie	Família	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	IVI
<i>Qualea grandiflora</i> Mart. ‡	Vochysiaceae	28	1,05	0,27	1,99	12,22	1,42	4,45
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell **	Nyctaginaceae	28	1,05	0,18	1,28	11,11	1,29	3,62
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart. **	Erythroxylaceae	26	0,97	0,09	0,67	13,33	1,54	3,19
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. **	Fabaceae	4	0,15	0,28	2,00	2,22	0,26	2,41
<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill. ‡	Ochnaceae	16	0,60	0,10	0,73	7,78	0,90	2,23
<i>Connarus suberosus</i> Planch. ‡	Connaraceae	18	0,67	0,08	0,61	7,78	0,90	2,18
<i>Aegiphila lhotzkiana</i> Cham. **	Lamiaceae	14	0,52	0,06	0,45	7,78	0,90	1,88
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos ‡	Bignoniaceae	12	0,45	0,04	0,31	6,67	0,77	1,54
<i>Vernonia</i> sp.	Asteraceae	10	0,37	0,04	0,32	5,56	0,64	1,34
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil. **	Erythroxylaceae	8	0,30	0,02	0,17	4,44	0,51	0,98
<i>Casearia sylvestris</i> Sw. ‡	Saliaceae	8	0,30	0,02	0,14	4,44	0,51	0,96
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess. ‡	Caryocaraceae	6	0,22	0,06	0,47	2,22	0,26	0,95
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr. **	Fabaceae	6	0,22	0,04	0,31	3,33	0,39	0,92
<i>Diospyros burchellii</i> Hiern	Ebenaceae	8	0,30	0,02	0,16	3,33	0,39	0,84
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil. ‡	Lythraceae	6	0,22	0,03	0,19	3,33	0,39	0,80
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ‡	Anacardiaceae	4	0,15	0,03	0,21	2,22	0,26	0,62
<i>Vochysia rufa</i> Mart. **	Vochysiaceae	4	0,15	0,03	0,21	2,22	0,26	0,61
Ni 1	-	4	0,15	0,01	0,08	1,11	0,13	0,36
<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	2	0,07	0,01	0,11	1,11	0,13	0,31
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart.) A. Robyns **	Malvaceae	2	0,07	0,01	0,09	1,11	0,13	0,30
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. ‡	Sapotaceae	2	0,07	0,01	0,06	1,11	0,13	0,27
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. ‡	Annonaceae	2	0,07	0,01	0,06	1,11	0,13	0,27
<i>Siphoneugena densiflora</i> O. Berg **	Myrtaceae	2	0,07	0,01	0,06	1,11	0,13	0,26
<i>Kielmeyera speciosa</i> A. St.-Hil. **	Calophyllaceae	2	0,07	0,01	0,06	1,11	0,13	0,26
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi **	Anacardiaceae	2	0,07	0,01	0,05	1,11	0,13	0,26
<i>Bauhinia</i> sp.	Fabaceae	2	0,07	0,00	0,04	1,11	0,13	0,24
Ni 2	Myrtaceae	2	0,07	0,00	0,04	1,11	0,13	0,24
morta	-	153	5,77	0,78	5,65	57,78	6,69	18,12
<b>TOTAL</b>		<b>2.647</b>	<b>100</b>	<b>13,76</b>	<b>100</b>	<b>863,33</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

Dos 45 gêneros encontrados na área, 39 (87%) foram representados por apenas uma espécie. Isso indica que a comunidade apresenta poucas espécies congêneres, sendo os gêneros mais ricos *Erythroxylum* (3 espécies), *Byrsonima*, *Kielmeyera* e *Qualea* (2 espécies cada). Essa característica é comum em áreas de Cerrado sentido restrito (Líbano e Felfili, 2006). Esse padrão mostra coocorrência relativamente baixa para espécies arbustivo-arbóreas congêneres em áreas de Cerrado. A coexistência de espécies congêneres em ambientes naturais dependerá de sua complexidade estrutural, o que propicia a exploração diferenciada de recursos e seleção de nichos específicos, mesmo que por vezes, sobrepostos (Simon et al., 1999). Considerando que a ocupação dos nichos disponíveis é feita de forma a buscar os recursos escassos da melhor forma possível, a presença de espécies que apresentam similaridades quanto ao uso de recursos tende a decrescer caso não existam especializações de nicho (Begon et al., 2007). Outra implicação da baixa coocorrência para comunidades arbustivo-arbóreas no Cerrado é a necessidade de áreas extensas e amplamente distribuídas em todo o bioma para garantir a conservação de populações ecologicamente estáveis (Aquino et al., 2014).

As famílias que apresentaram o maior número de espécies foram Fabaceae com nove, Erythroxylaceae, Myrtaceae e Vochysiaceae com três espécies cada, Anacardiaceae, Annonaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Calophyllaceae, Malpighiaceae e Malvaceae com duas espécies cada. Comumente as famílias Fabaceae e Vochysiaceae são descritas como de alta riqueza florística em áreas de Cerrado sentido restrito (Felfili et al., 1992; 2002; Andrade et al., 2002; Balduino et al., 2005; Aquino et al., 2014). O sucesso adaptativo das espécies da família Fabaceae em áreas de Cerrado é discutido na literatura, uma vez que dadas as associações simbióticas com microrganismos de muitas espécies dessa família, o que produz potencial aumento da absorção de fósforo e absorção/fixação de nitrogênio (Moreira e Siqueira, 2006), elementos limitantes ao desenvolvimento de plantas especialmente nos solos distróficos de Cerrado, também pode-se esperar que as perdas de água, por transpiração, dessas espécies, também sejam elevadas. Considerando a sazonalidade da região do Cerrado, que compreende longos períodos de seca anualmente, o recurso hídrico também é fator limitante ao desenvolvimento de plantas, tornando notável a capacidade de muitas espécies de Fabaceae ao apresentarem sucesso na ocupação do Cerrado mesmo apresentando baixa eficiência no uso da água. Para Vochysiaceae, a vantagem competitiva sobre as demais espécies pode ser explicada pela capacidade de acumulação de alumínio que algumas espécies apresentam (Haridasan e Araújo, 1988), destacando-se em áreas de solos ácidos e ricos em alumínio como os do bioma Cerrado (Felfili e Silva-Júnior, 1993). As demais 17 (61%) famílias apenas apresentaram uma

espécie cada, padrão considerado comum para áreas de Cerrado sentido restrito (Bridgewater et al., 2004).

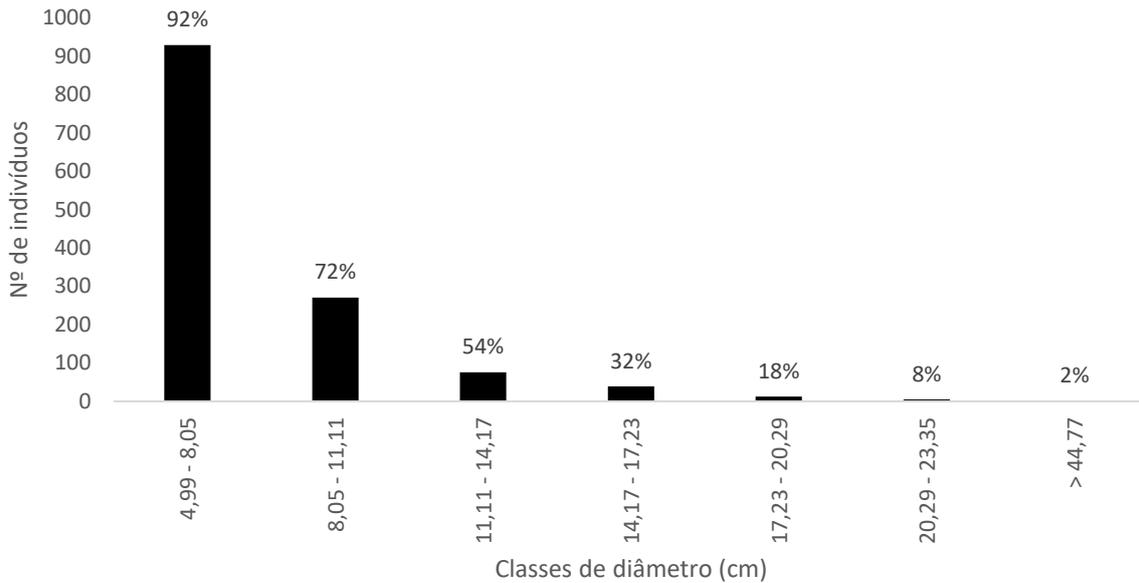
O percentual de árvores mortas chegou a 5,77%, valor similar aos registrado em outras áreas de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Minas Gerais e em Goiás (Felfili et al. (1992). A taxa de mortalidade em áreas de Cerrado tende a aumentar quando da ocorrência de fatores como a passagem de fogo, por exemplo, que pode elevar essa taxa para intervalos entre 13 e 16% (Sato e Miranda, 1996). O fragmento estudado está protegido de incêndio florestal a cerca de 9 anos, o que demonstra a mortalidade natural ocorrente na área. A comunidade apresentou densidade de 2.647 ind.ha<sup>-1</sup> e intervalo de confiança de  $\pm 330$  indivíduos com 95% de probabilidade e erro padrão de 12,45%, sendo classificada como Cerrado Denso (Ribeiro e Walter, 2008). O valor encontrado mostra-se relativamente acima de diversos trabalhos para áreas de Cerrado sentido restrito (Tabela 3), e pode ser explicado em parte, devido ao fato de que o fragmento não é submetido à passagem de fogo a pelo menos nove anos (Rodvalho, 2016), possibilitando maior número de indivíduos dentro do limite de inclusão usado no levantamento. O fogo apresenta influência positiva sobre a dispersão de sementes de diversas espécies anemocóricas em áreas de Cerrado, no sentido de facilitar sua reprodução sexuada (Coutinho, 1977), e, considerando a passagem do fogo a nove anos no fragmento, pode-se entender que exista influência sobre o número de indivíduos encontrados atualmente na área. Estudando a dinâmica em área queimada em regimes de cinco anos e em regimes mais frequentes, Ribeiro et al. (2012) encontraram uma redução significativa na densidade de indivíduos quando da maior frequência de incêndios, assim como redução no recrutamento, quando comparada com a área queimada em intervalos de cinco anos. Dessa forma, a isenção de queimadas no fragmento estudado pode parcialmente explicar sua alta densidade de indivíduos arbustivo-arbóreos.

A área basal foi de 13,76 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> com intervalo de confiança de  $\pm 1,89$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> com 95% de probabilidade e erro padrão de 13,71%, o que é esperado para o tipo de formação, onde se observa intervalos de 5,79 a 18,13 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (Tabela 3).

**Tabela 3.** Características da vegetação arbustivo-arbórea ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO, e em outros trabalhos de Cerrado sentido restrito consultados para comparação com o presente estudo. DA = Densidade absoluta ( $ind.ha^{-1}$ ), G = área basal ( $m^2.ha^{-1}$ ), S = número de espécies,  $H'$  = Índice de diversidade de Shannon, J = Índice de equabilidade de Pielou.

Área	DA	G	S	$H'$	J	Referência
BHRP, GO	2.647	13,76	50	3,11	0,80	Presente estudo
Chapada Pratinha, MG	981	5,79	68	3,53	-	Felfili et al. (1992)
RECOR/IBGE, DF	1.964	13,28	63	3,53	0,85	Andrade et al. (2002)
APA do Paranoá, DF	882	9,53	54	3,41	-	Assunção e Felfili (2004)
Flona de Paraopeba, MG	1.990	18,13	73	3,57	0,83	Balduino et al., (2005)
Serra de Jaraguá, GO	1.913	13,42	63	3,41	0,81	Abreu et al. (2012)
APM Mestre D'Armas, DF	960	8,61	75	3,39	0,78	Aquino et al. (2014)

O diâmetro médio foi de 7,60 cm, desvio padrão de 2,90 cm e com 70% dos indivíduos apresentando  $Db_{30cm} \geq 8,05$  cm (Figura 5), concentrado na primeira classe de diâmetro. Até a terceira classe de diâmetro ( $Db_{30cm} \leq 14,17$  cm) encontra-se 96% de todos os indivíduos amostrados. O caráter de “J-reverso” ou exponencial negativo da distribuição diamétrica revela a característica autorregenerativa da comunidade, onde a maior densidade de indivíduos de menor porte sustenta a hipótese de sustentabilidade da estrutura da comunidade ao longo do tempo (Silva-Júnior e Silva, 1988). Além disso, a alta riqueza de espécies apresentada nas primeiras classes de diâmetro corrobora a hipótese, ao mostrar a representatividade florística em cada classe. Esse padrão é descrito por Felfili e Silva-Júnior (1993) e considerado comum para o Cerrado sentido restrito, mostrando o caráter de menor porte para a maioria das espécies encontradas.

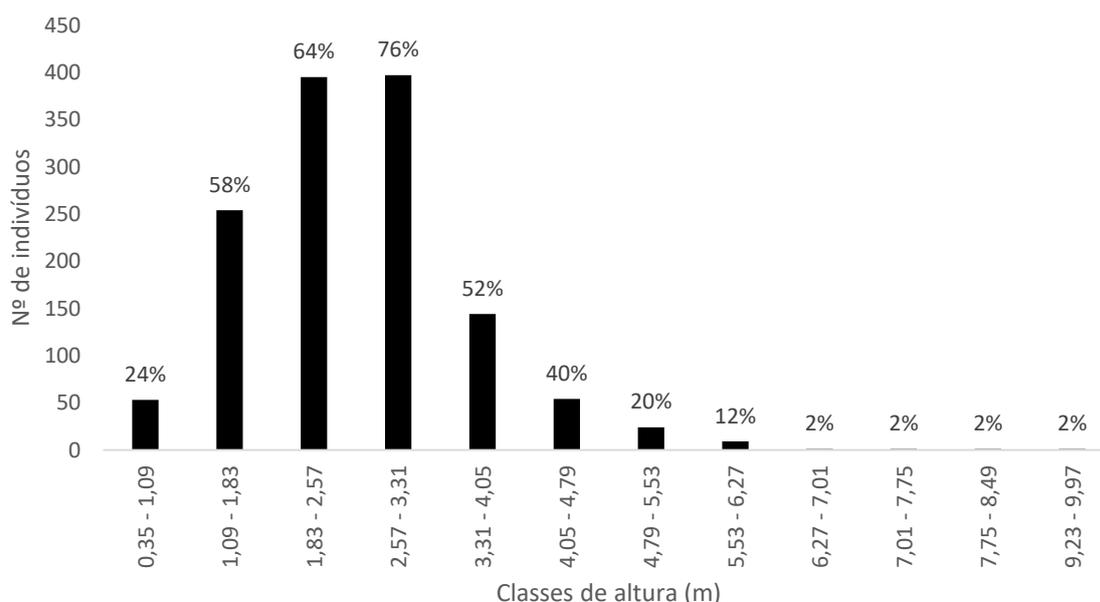


**Figura 5.** Distribuição de frequência em classes de diâmetro dos indivíduos arbustivo-arbóreos ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. O número em cima das barras representa o percentual de espécies encontrado por classe de diâmetro.

Apesar do caráter exponencial negativo da distribuição diamétrica, não foram observados indivíduos nas classes de diâmetro de 23,35 a 44,77 cm (sete classes), existindo um único indivíduo com diâmetro maior que 44,77 cm, da espécie *Copaifera langsdorffii*. É provável que a ocorrência desse indivíduo de porte muito superior ao restante da comunidade seja reflexo do potencial genético de crescimento da espécie, frequentemente encontrada com porte elevado, principalmente em áreas florestais do Cerrado (Silva-Júnior e Pereira, 2009), quando o potencial de crescimento de espécies tipicamente de Cerrado sentido restrito é reduzido (Silva-Júnior e Silva, 1988).

A altura média foi de 2,57 m, com desvio padrão de 0,98 m, caracterizada como distribuição normal assimétrica à direita (Figura 6). Este padrão comumente relatado para comunidades vegetais tropicais (Felfili e Silva-Júnior, 1993). As terceira e quarta classes (1,83 m – 3,31 m) apresentaram 60% dos indivíduos amostrados, enquanto as quatro últimas classes apresentaram, cada uma, apenas um indivíduo. Nove espécies (18%) se destacaram pelo porte em altura, compondo o estrato superior da comunidade: *Aspidosperma* sp., *Copaifera langsdorffii*, *Eriotheca pubescens*, *Schefflera macrocarpa*, *Tabebuia aurea* e *Stryphondendron adstringens* as quais apresentaram indivíduos com altura superior a 5,5 m.

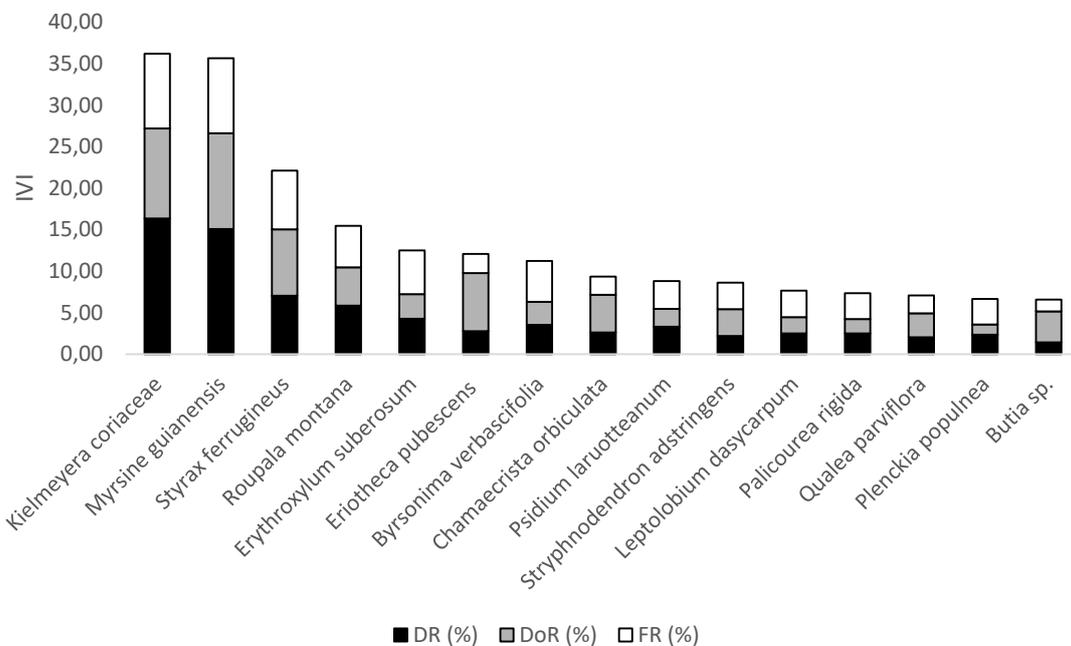
Embora as espécies *Aegiphila lhotzkiana*, *Byrsonima verbascifolia* e *Myrsine guianensis* sejam encontradas nos Cerrados do Planalto Central e descritas como espécies de pequeno porte (Silva-Júnior, 2012), elas também foram registradas na área ocupando o estrato superior, fato que se deu pela ocorrência de apenas um indivíduo de cada espécie com altura superior a 5,5 m, que podem ser considerados *outliers* nas suas respectivas populações.



**Figura 6.** Distribuição de frequência em classes de altura dos indivíduos arbustivo-arbóreos ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. O número em cima das barras representa o percentual de espécies encontradas por classe de altura.

Das quinze espécies mais importantes para a área, em termos de índice de valor de importância – IVI (Figura 7), *Kielmeyera coriacea*, *Myrsine guianensis* e *Roupala montana* se destacaram pela equidade entre os valores de densidade, dominância e frequência. *Eriotheca pubescens*, *Chamaecrista orbiculata*, *Qualea parviflora* e *Butia* sp. apresentaram como principal componente do IVI, a dominância relativa, mostrando que seus indivíduos apresentam porte diamétrico relativamente elevado dentro da comunidade. Já as espécies *Erythroxylum suberosum*, *Byrsonima verbascifolia*, *Palicourea rigida* e *Plenckia populnea*, que de modo geral não apresentaram porte elevado em diâmetro, destacaram-se, principalmente, pela ampla frequência na comunidade, evidenciando sua ótima distribuição pela área. Os diferentes comportamentos quanto aos parâmetros de densidade, dominância e

frequência das espécies na comunidade fornecem indicativos de suas estratégias de ocupação do território, podendo ainda ser interpretados como respostas aos fatores ambientais e bióticos, devendo ser levados em consideração para o planejamento de ações de conservação e manejo (Pinto et al., 2015).



**Figura 7.** Composição do Índice de Valor de Importância das 15 espécies arbustivo-arbóreas ( $Db_{30cm} \geq 5cm$ ) amostrados em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. DR: densidade relativa, DoR: dominância relativa, FR: frequência relativa.

## 5.2. Biomassa aérea e estoque de carbono

A biomassa verde da vegetação arbustivo-arbórea para a comunidade estudada chegou a 26,91 ton. ha<sup>-1</sup> (IC:  $\pm 5,68$  ton. ha<sup>-1</sup>,  $p < 0,05$ ), a biomassa seca foi de 16,52 ton. ha<sup>-1</sup> (IC:  $\pm 2,68$  ton. ha<sup>-1</sup>,  $p < 0,05$ ), e o estoque de carbono foi estimado em 8,26 ton. ha<sup>-1</sup> (IC:  $\pm 1,34$  ton. ha<sup>-1</sup>,  $p < 0,05$ ). O estoque de carbono da vegetação acima do solo é descrito em intervalos de 1,8 ton. ha<sup>-1</sup>, em savanas sem cobertura de árvores a 30 ton. ha<sup>-1</sup> onde a vegetação arbustivo-arbórea mostra-se substancial (Grace et al., 2006). Os fluxos de carbono em áreas de savana são fortemente influenciados pela sazonalidade, transformando o Cerrado em sumidouro durante a estação chuvosa, enquanto na estação seca a absorção de carbono declina pelo fechamento dos estômatos e troca de folhas de um elevado número de espécies (Miranda et al., 1997).

A biomassa verde do estrato herbáceo chegou a  $12,62 \text{ ton.ha}^{-1} \pm 3,31 \text{ ton.ha}^{-1}$ , enquanto a biomassa seca foi de  $9,09 \text{ ton. ha}^{-1} \pm 2,44 \text{ ton. ha}^{-1}$ , sendo esta composta em 58% por Capim-gordura ( $5,26 \text{ ton. ha}^{-1} \pm 1,46 \text{ ton. ha}^{-1}$ ). Para as gramíneas nativas, a estimativa de biomassa seca foi de  $3,83 \text{ ton. ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ ton. ha}^{-1}$ . Considerando-se a invasão biológica por Capim-gordura, o valor encontrado para a biomassa do estrato rasteiro de Cerrado sentido restrito encontra-se dentro de intervalos para biomassa do estrato rasteiro apontados por Miranda et al., (2004), que, descrevem variar entre 6,9 a  $10 \text{ ton. ha}^{-1}$  para áreas do bioma Cerrado a depender do período de proteção contra o fogo e fisionomia. Por meio da assinatura isotópica de  $\text{CO}_2$  da respiração da vegetação em áreas de Cerrado, Miranda et al. (1997) encontraram que 40% da produção primária apresentava origem em plantas  $\text{C}_4$ . Isso sugere que em áreas sob invasão por gramíneas exóticas as perdas de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, por meio da respiração foliar, tendem a aumentar, podendo gerar alterações nos fluxos e estoque de carbono a longo prazo.

### 5.3. Análises de correlação

A análise de associação entre as variáveis (Tabela 4) apresentou correlação negativa e significativa entre a biomassa de Capim-gordura e com o diâmetro da base e com a riqueza de espécies arbustivo-arbórea. Por outro lado, apresentou correlação positiva e significativa entre a relação C/N e a densidade, diâmetro da base e riqueza de espécies arbustivo-arbórea; e para a correlação negativa entre as concentrações de amônio e área basal, diâmetro da base, altura total, biomassa verde, seca e carbono da vegetação arbustivo-arbórea. As demais associações não apresentaram correlações significativas.

A presença de Capim-gordura em áreas de Cerrado tende a aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo (Rodvalho, 2016) processo gerado pelo aumento do pH no solo, característico da invasão, e consequente alteração na proporção fungo/bactéria em solos de Cerrado (Hoffmann e Haridasan, 2008). Decorrente disso, ocorre aumento na quantidade de bactérias nitrificadoras no solo, havendo alteração nas concentrações das formas inorgânicas de nitrogênio disponível  $\text{NH}_4^+$  (amônio) e  $\text{NO}_3^-$  (nitrato), indicando também, maiores perdas de nitrogênio para a atmosfera (Rodvalho, 2016). De modo geral, infestações de Capim-gordura apresentam tendência a gerar alterações na dinâmica do nitrogênio a longo prazo quando comparado com condições naturais de Cerrado, o que é refletido em maior ciclagem de nitrogênio que se traduz em maior disponibilidade do nutriente e maiores taxas de transformações deste no solo (Rodvalho, 2016). A intensificação da dinâmica de nitrogênio

no solo acaba por gerar também maiores perdas de gases nitrogenados para a atmosfera (Cantarella, 2007), tornando-se fator de importante contribuição para o aumento do efeito estufa. Ademais, perdas maximizadas de componentes nitrogenados do solo para a atmosfera e que se dão de forma constante, podem ter efeitos a longo prazo na dinâmica do sistema solo-vegetação, especialmente no que concerne a reduções significativas dos estoques de nitrogênio do solo, o que pode potencializar a redução da capacidade de suporte dos solos no futuro (Figueira, 2006).

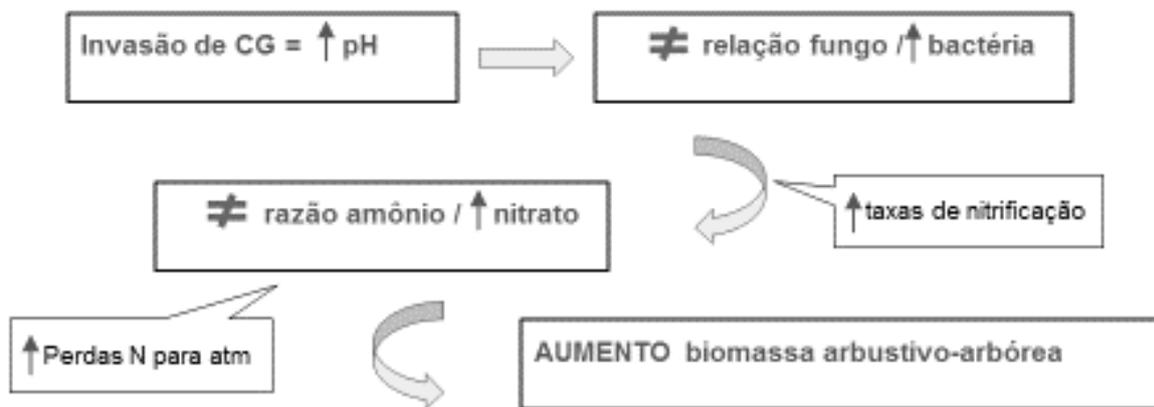
**Tabela 4.** Matriz de Correlação de Pearson para a interação entre biomassa seca de Capim-gordura (BS<sub>CG</sub>), Concentração de C, N, amônio e nitrato, estoques de C e N, pH em água e razão C/N, e as variáveis DA (densidade absoluta), G (área basal), D<sub>b</sub> (diâmetro da base), H (altura toral), S (riqueza), BV<sub>arb</sub> e BS<sub>arb</sub> (biomassa verde e seca referente à vegetação arbustivo-arbórea) e C<sub>arb</sub> (estoque de carbono na vegetação arbustivo-arbórea), amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO.

Var./Var.	DA	G	D <sub>b</sub>	H	S	BV arb	BS arb	C arb
BS <sub>CG</sub>	-0,0910 <sup>NS</sup>	0,0313 <sup>NS</sup>	<b>-0,1963*</b>	-0,0455 <sup>NS</sup>	<b>-0,2402*</b>	0,1311 <sup>NS</sup>	0,1208 <sup>NS</sup>	0,1208 <sup>NS</sup>
Conc. C <sub>solo</sub>	0,0757 <sup>NS</sup>	0,0560 <sup>NS</sup>	0,0972 <sup>NS</sup>	0,0922 <sup>NS</sup>	-0,0120 <sup>NS</sup>	-0,0070 <sup>NS</sup>	0,0181 <sup>NS</sup>	0,0181 <sup>NS</sup>
Conc. N <sub>solo</sub>	-0,0487 <sup>NS</sup>	-0,0384 <sup>NS</sup>	-0,0109 <sup>NS</sup>	0,0168 <sup>NS</sup>	-0,1091 <sup>NS</sup>	-0,0385 <sup>NS</sup>	-0,0269 <sup>NS</sup>	-0,0269 <sup>NS</sup>
Estoque C <sub>solo</sub>	0,0755 <sup>NS</sup>	0,0566 <sup>NS</sup>	0,1000 <sup>NS</sup>	0,0950 <sup>NS</sup>	-0,0112 <sup>NS</sup>	-0,0063 <sup>NS</sup>	0,0188 <sup>NS</sup>	0,0188 <sup>NS</sup>
Estoque N <sub>solo</sub>	-0,0070 <sup>NS</sup>	0,0068 <sup>NS</sup>	0,0323 <sup>NS</sup>	0,0611 <sup>NS</sup>	-0,0769 <sup>NS</sup>	-0,0002 <sup>NS</sup>	0,0154 <sup>NS</sup>	0,0154 <sup>NS</sup>
pH <sub>H2O</sub>	-0,0425 <sup>NS</sup>	-0,0948 <sup>NS</sup>	0,0302 <sup>NS</sup>	-0,0018 <sup>NS</sup>	0,0119 <sup>NS</sup>	-0,1248 <sup>NS</sup>	-0,1250 <sup>NS</sup>	-0,1250 <sup>NS</sup>
C/N	<b>0,2477*</b>	0,1490 <sup>NS</sup>	<b>0,2204*</b>	0,1310 <sup>NS</sup>	<b>0,1926*</b>	0,0223 <sup>NS</sup>	0,0111 <sup>NS</sup>	0,0111 <sup>NS</sup>
Conc. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,1521 <sup>NS</sup>	<b>-0,2239*</b>	<b>-0,2697**</b>	<b>-0,3433**</b>	-0,1519 <sup>NS</sup>	<b>-0,2664**</b>	<b>-0,2767**</b>	<b>-0,2767**</b>
Conc. NH <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0006 <sup>NS</sup>	0,1159 <sup>NS</sup>	0,1779 <sup>NS</sup>	0,1873 <sup>NS</sup>	0,0759 <sup>NS</sup>	0,1793 <sup>NS</sup>	0,1646 <sup>NS</sup>	0,1646 <sup>NS</sup>

Valores em negrito representam as correlações significativas. \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p \leq 0,01$ ). \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). <sup>NS</sup> não significativo.

Dado o aumento do pH em trechos sob invasão de Capim-gordura com consequente acréscimo nas concentrações de nitrato e redução nas concentrações de amônio geradas, e, considerando-se a interação negativa entre a concentração de amônio e as variáveis dendrométricas área basal, diâmetro e altura, e a biomassa verde e seca e estoque de carbono da vegetação arbustivo-arbórea, pode-se inferir que a presença de Capim-gordura causa modificações no balanço de nitrogênio do solo local, levando a um potencial acréscimo no

desenvolvimento e biomassa dos indivíduos arbustivo-arbóreos no fragmento (Figura 8). Apesar de detectada influência da invasão de Capim-gordura sobre o aumento da biomassa arbustivo-arbórea no fragmento, as maiores contribuições de material aportado ao solo pela gramínea invasora C<sub>4</sub> pode implicar também em maiores perdas de carbono para a atmosfera pela decomposição acelerada desses compostos (Moreira e Siqueira, 2006; Rodovalho, 2016), podendo, potencialmente, gerar impactos sobre o estoque de carbono do solo a longo prazo.



**Figura 8.** Representação esquemática decorrente da invasão de Capim-gordura em áreas de Cerrado sentido restrito. O aumento gerado no pH do solo leva a acréscimos da proporção de bactérias no solo, que resulta em maior nitrificação e perdas de nitrogênio para a atmosfera, com conseqüente redução nas concentrações de amônio do solo. A correlação negativa e significativa da concentração de amônio com a biomassa arbustivo-arbórea leva à conclusão do aumento da última, quando da invasão de Capim-gordura.

A interação negativa entre riqueza de espécies arbustivo-arbórea e a biomassa seca de Capim-gordura sugere que tanto maior a ocupação espacial pela gramínea invasora, tanto menor é o número de espécies do componente arbustivo-arbóreo. Em área sob invasão biológica por *Lantana camara* na Austrália, Gooden et al. (2009) demonstraram que a riqueza de espécies lenhosas não foi afetada em trechos onde a cobertura da invasão se dava em até 75% da área, havendo declínio no número de espécies nativas quando a infestação ultrapassou esse valor. Martins et al. (2011), entretanto, não encontraram diferenças significativas ao analisar a riqueza de espécies em Cerrado sentido restrito sob invasão de Capim-gordura com

colonização de 62% sobre a biomassa rasteira total. A baixa riqueza de espécies registrada no fragmento pode, portanto, ser explicada pela invasão biológica ocorrente na área.

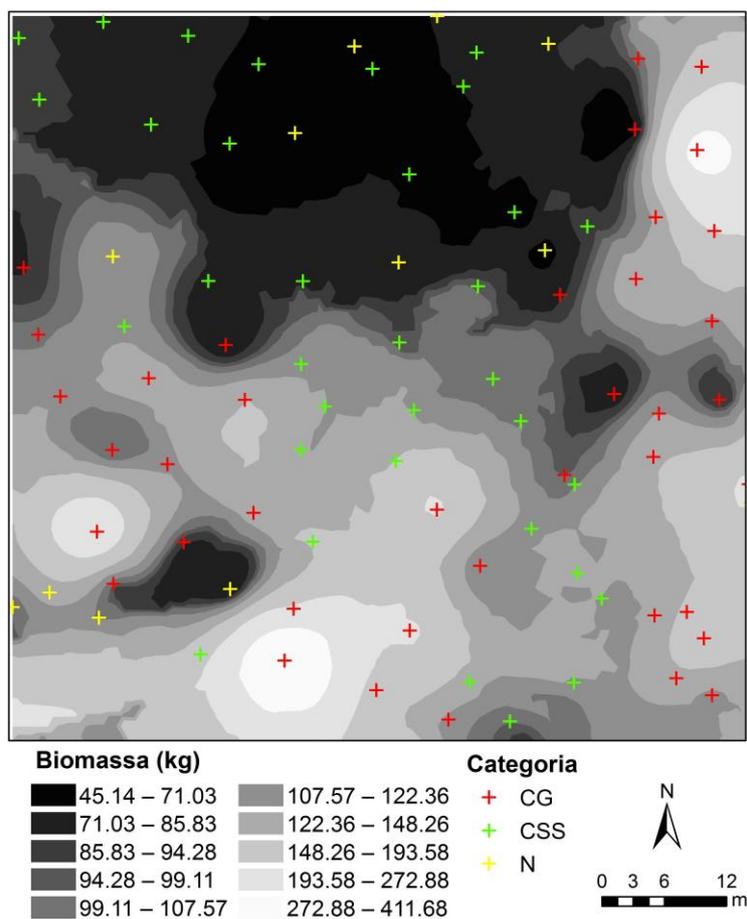
A relação negativa encontrada entre a biomassa seca de Capim-gordura e o diâmetro da base retrata a influência da invasão sobre o crescimento secundário do componente arbustivo-arbóreo no fragmento. Isso explica como que, apesar da densidade de árvores e arbustos ter se mostrado acima de valores descritos para áreas de Cerrado sentido restrito, a área basal desses indivíduos está dentro dos limites para esse tipo de vegetação, resultado dos diâmetros reduzidos encontrados para a grande maioria dos indivíduos amostrados.

A interação positiva da densidade de indivíduos arbustivo-arbóreos com a relação C/N é explicada pela decomposição mais lenta descrita para áreas de maior influência dessa vegetação no Cerrado. Como o material aportado ao solo, nesses casos, é composto de folhas comumente coriáceas e material lenhoso, de composição majoritariamente celulósica e ricos em lignina (Eiten, 1972), sua transformação no solo é atrasada quando comparada à decomposição dos resíduos da vegetação herbácea, gerando acumulação no solo de resíduos relativamente ricos em carbono, propiciando acréscimos na relação C/N. Em última instância isso tende a diminuir a disponibilidade de nitrogênio no solo, reduzindo a atividade de microrganismos e a ciclagem de nutrientes nos trechos de maior dominância arbustivo-arbórea.

As análises de correlação não indicaram nenhuma variável que explicasse, de forma direta, a alta densidade de indivíduos arbustivo-arbóreos. Pode-se supor, contudo, que o resultado para esse parâmetro seja consequência da isenção de queimadas e consequente redução da mortalidade de plantas, e pelo e capacidade de resiliência de muitas espécies, inclusive daquelas classificadas como de maior importância para a área em estudo, como *K. coriacea*, *M. guianensis*, *S. ferrugineus* (Hoffmann, 1998; Sena e Pinto, 2008), que, mesmo em ambiente com infestação de gramíneas invasoras, mostram sucesso na ocupação espacial do território.

A geoestatística para a autocorrelação espacial da variável biomassa (arbustivo-arbórea e de gramíneas) mostrou padrão de distribuição na área amostrada (Figura 9). As áreas de maior biomassa aérea dos dois estratos analisados correspondem aos trechos da maior invasão pelo Capim-gordura. Esse resultado corrobora os demais encontrados neste trabalho ao retratar a influência do Capim-gordura sobre o aumento de biomassa, não apenas restringindo-se ao estrato rasteiro, mas com potencial de modificar a produção de biomassa do componente arbustivo-arbóreo. Pode-se observar ainda, a predominância da frequência de subparcelas de

Capim-gordura sobre as subparcelas caracterizadas como majoritariamente sob cobertura de gramíneas nativas. Isso mostra, de forma indireta, o potencial de exclusão competitiva da gramínea exótica sobre a vegetação rasteira nativa. Estudando campos nativos protegidos e sob invasão biológica no estado do Rio Grande do Sul, Silva (2014) encontrou riqueza de espécies significativamente menor nas áreas invadidas, com predominância especialmente de gramíneas invasoras africanas, dentre elas, o Capim-gordura. De forma similar, Rolim et al. (2014) relataram importância expressiva de gramíneas C<sub>4</sub> de origem africana em áreas campestres no sul do Brasil, as quais, em maioria, foram classificadas como invasoras.



**Figura 9.** Autocorrelação espacial para a biomassa arbustivo-arbórea e de gramíneas amostradas em fragmento de Cerrado sentido restrito, Formosa – GO. Os valores retratados para a biomassa representam o total medido em cada subparcela de 56 m<sup>2</sup>.

Para o Cerrado, o sucesso do Capim-gordura se dá especialmente pela elevada dormência inata nas suas sementes, pela emergência de plântulas especialmente a partir da superfície do solo e pela capacidade de estabelecimento em ambientes adversos (Martins et al., 2009), o que contribui para sua expansão e, conseqüentemente age como barreira que dificulta a chegada das sementes de espécies nativas ao solo (Hughes e Vitousek, 1993).

A distribuição espacial da ocorrência do Capim-gordura também evidencia outro aspecto da invasão biológica, quando sua maior biomassa se concentra nas bordas do fragmento, sugerindo que esses trechos sofrem maior influência das modificações decorrentes da fragmentação. Hoffmann et al. (2004) encontraram presença de Capim-gordura quase três vezes maior quando da existência de estradas próximas às bordas de ecótonos no Cerrado. Os autores também descrevem correlação negativa entre a presença e índice de área foliar de Capim-gordura e a abundância de espécies de árvores e arbustos na camada superficial do solo, corroborando a influência negativa da invasão biológica sobre a riqueza arbustivo-arbórea em áreas fragmentadas.

As demais variáveis registradas para a vegetação arbustivo-arbórea não apresentaram padrão de distribuição espacial na área. A estrutura e biomassa da vegetação é definida e sofre modificações pela ação de diferentes agentes ambientais, os quais podem determinar os padrões da distribuição espacial da biota do solo, e conseqüentemente da decomposição, da oferta de nutrientes e da herbivoria de raízes (Ettema e Wardle, 2002).

## 6. CONCLUSÕES

- O fragmento de Cerrado sentido restrito apresenta comunidade arbustivo-arbórea similar a outras estudadas na mesma fitofisionomia no Planalto Central, diferenciando-se quanto à alta densidade de indivíduos;
- Foram encontrados 26,91 ton. ha<sup>-1</sup>, 16,52 ton. ha<sup>-1</sup> e 8,26 ton. ha<sup>-1</sup> para a biomassa verde, biomassa seca e estoque de carbono da vegetação arbustivo-arbórea, respectivamente. Para o Capim-gordura a biomassa seca foi de 5,26 ton. ha<sup>-1</sup> e para as gramíneas nativas, 3,83 ton. ha<sup>-1</sup>;
- A invasão biológica de Capim-gordura apresentou tendência a aumentar a biomassa e reduzir a riqueza da vegetação arbustivo-arbórea no fragmento de Cerrado sentido restrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, T.A.L.; PINTO, J.R.R.; LENZA, E.; MEWS, H.A.; SANTOS, T.R.R. dos. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado sentido restrito na Serra de Jaraguá, Goiás, Brasil. **Heringeriana**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 42-53. 2012.
- ALHO, C.J.R.; SCHNEIDER, M.; VASCONCELLOS L.A. Degree of threat to the biological diversity in the Ilha Grande State Park (RJ/Brasil) and guidelines for conservation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62 n. 3, p. 375-385, 2002.
- ALVES, R. P. **Carbono no solo e sua relação com a paisagem no Alto São Bartolomeu, região de Cerrado do Brasil Central**. 2015. 107f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília. 2015.
- ANDRADE, L.A.Z; FELFILI, J.M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de Cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 2, p. 225-240, 2002.
- Angiosperm Phylogeny Group** – APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc*, v. 181, p. 1-20. 2016.
- AQUINO, F. de G.; PEREIRA, C.S.; PASSOS, F.B.; OLIVEIRA, M.C. de. Composição florística e estrutural de um cerrado sentido restrito na área de proteção de manancial Mestre D'armas, Distrito Federal. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 565-575, 2014.
- ART, H.W. (ed) **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. Rio Claro: Ed. UNESP, Melhoramentos. 583 p. 2001.
- ASNER, G. P.; BEATTY, S. W. Effects of an African grass invasion on Hawaiian shrubland nitrogen biogeochemistry. **Plant & Soil**, v. 186, p. 205-211. 1996.
- ASSUNÇÃO, S.L.; FELFILI, J.M. Fitossociologia de um fragmento de cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 903-909, 2004.
- BALDUINO, A. P. C.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A.; DA SILVA, A. F.; SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e análise comparativa da composição florística do cerrado da flora de Paraopeba-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.25-34, 2005.

- BARBOSA, A.A. Aspectos da ecologia reprodutiva de três espécies de *Qualea* (Vochysiaceae) de um cerrado de Brasília – DF. 1983. 104f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília. 1983.
- BARROS, M.A.G. **Studies on the Pollination Biology and Breeding Systems of Some Genera with Sympatric Species in the Brazilian Cerrados.** 1990. 274f. Tese (Doutorado em Science) Faculty of Science – University of St. Andrews. 1990.
- BARUCH Z.; LUDLOW M. M.; DAVIS R. Photosynthetic responses of native and introduced C4 grasses from Venezuelan savannas. **Oecologia**, v. 67, p. 388-393. 1985.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas.** 4ª edição. Porto Alegre: Artmed. 752p, 2007.
- BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDONZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 219-227. 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". Portaria Nº 443, de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de dezembro de 2014, Seção1, p.110.
- BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F. Biogeographic patterns, B-diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Holanda, v. 13, p. 2295-2318, 2004.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. SBCS, Viçosa, 2007. In: **Fertilidade do Solo**, 1017 p. (eds. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.).
- CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e re, n. comendações de políticas públicas.** Brasília: MMA/SBF. 2003. p. 23-40.
- COLLI, G. R. et al. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: uma Síntese. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de Ecossistemas:**

- causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: 2005. p. 317-324.
- COLWELL, R.K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.0.0. Persistent URL <<http://purl.oclc.org/estimates>>. 7.5 ed. 2005.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II - as queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 5, p. 57-63. 1977.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in the Tropical Biota**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 82-105.
- D'ANTONIO, C.M. & VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual Reviews of Ecology and Systematics** v. 23, p. 63-87, 1992.
- DÍAZ-BALTEIRO, L.; ROMERO, C. Carbon captured as a new instrument in Forest management: some implications. **Scientia Forestalis**, v. 63, p. 103-114. 2003
- DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN JR, L.; PÁDUA, C. V.; RUDRAN, R. (Org). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2003. p. 455-479.
- DURIGAN, G.; MELO, A. C. G.; MAX, J. C. M.; VILAS BOAS, O.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. **Manual para recuperação da vegetação do Cerrado**. 3. ed. São Paulo: SMA, 2011, 19 p.
- EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, p. 201-341, 1972.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999, 412p.
- ESRI. **ArcGIS for Windows Version 10.3**. Licence type ArcInfo. [S.I]: ESRI – Environmental Systems Research Institute, 2015.
- ETTEMA, C.H.; WARDLE, D.A. Spatial soil ecology. **TRENDS in Ecology & Evolution**. v. 17, n. 4, p. 177-183. 2002.

- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology & Systematics**, v. 34, p.487–515, 2003.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR. M. C.; REZENDE, A.V.; MACHADO, B.M.T.; SILVA, P.E.N.; HAY, J.D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado *sensu stricto* na Chapada Pratinha, DF – Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 6, n. 2, p. 27-46, 1992.
- FELFILI J.M.; SILVA JÚNIOR. M. C. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 277-289. 1993.
- FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 16, n. 1, p.103-112, 2002.
- FELFILI, J.M.; CARVALHO, F.A.; HAIDAR, R.F. **Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 60 p.
- FERNSE, P.M. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 80, p. 21-34. 1996.
- FIEDLER, N. C.; RODRIGUES, T. O.; MEDEIROS, M.B. Avaliação das condições de trabalho de brigadistas de combate a incêndios florestais. **Revista Floresta**, v. 34, n. 2, p. 89-94. 2004.
- FIGUEIRA, A.M.E.S. **Mudanças no uso e cobertura do solo na Amazônia e suas implicações no ciclo de nitrogênio**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- FILGUEIRAS, T.S. Africanas no Brasil. Gramíneas introduzidas da África. **Cadernos de Geociências**, v. 5, p. 57-63. 1990.
- FISZON, J. T. et al. Causas Antrópicas. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.). **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF. 2003. p. 66-99.

**Flora do Brasil 2020 em construção.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 14 dez. 2016

FREITAS, G.K. **Invasão biológica pelo capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) em um fragmento de Cerrado (A.R.I.E Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP).** 1999. 152f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

GANEM, R. S. **Políticas de conservação da biodiversidade e conectividade entre remanescentes de Cerrado.** 2007. 427 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334. 2003.

GOODEN, B.; FRENCH, V.; TURNER, P.J. Invasion and management of wood plant, *Lantana camara* L., alters vegetation diversity within wet sclerophyll forest in southeastern Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 257, p. 960-967. 2009.

GOULDEN, M.L. et al. Sensibility of boreal forest carbon balance to soil thaw. **Science**, v. 279, p. 214-217. 1998.

GRACE, J.; JOSÉ, S.J.; MEIR, P.; MIRANDA, H.S.; MONTES, R.A. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 387-400. 2006.

GROPPO, J.D.; LINS, S.R.M.; CAMARGO, P.B.; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; MARTINS, S.C.; SALGADO, P.R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E.E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; MARTINELLI, L.A. Changes in soil carbon, nitrogen, and phosphorus due to land-use changes in Brazil. **Biogeosciences**, v. 12, p. 4765-4780, 2015.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Aluminium accumulating species in two forest communities in the cerrado region of the central Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 24, p. 15-26, 1988.

HARPER, K.A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

- HAY, J.D.; BIZERRIL, M.X.; CALOURO, A.M.; COSTA, E.M.N.; FERREIRA, A.A.; GASTAL, M.L.A.; GOES JUNIOR, C.D.; MANZAN, D.J.; MARTINS, C.R.; MONTEIRO, J.M.G.; OLIVEIRA, S.A; RODRIGUES, M.C.M.; SEYFFARTH, J.A.S.; WALTER, B.M.T. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista brasileira de Botânica**, v. 23, n. 3, p. 341-347, 2000.
- HOFFMANN, W.A. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology**, v 35, n. 3, p. 422-433. 1998.
- HOFFMANN, W.A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. **Austral Ecology**. v. 33, p. 29-36, 2008.
- HOFFMANN, W.A; LUCATELLI, V.M.P.C; SILVA, F.J.; AZEVEDO, I.N.C.; MARINHO, M.daS.; ALBUQUERQUE, A.M.S.; LOPES, A.deO.; MOREIRA, S.P. Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. **Diversity and Distributions**, v. 10, p. 99-103. 2004.
- HUGHES, F.; VITOUSEK, P.M. Barriers to shrub establishment following fire in the seasonal submontane zone of Hawaii. **Oecologia**, v. 93, p. 557-563. 1993.
- JANSSEN, B. H. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. **Plant & Soil**, v. 181, p. 39-45. 1996.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. New York, John Wiley & Sons. 1992.
- LAPOLA, D. M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35. 2014.
- LAURANCE, W. F. Hyperdynamism in fragmented habitats. **Journal of Vegetation Science**, v. 13, n. 4, p. 595-602. 2002.
- LAURANCE, W. F et al. Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. **PLoS One**, v. 2, n. 10, e 1017. 2007.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. Amsterdam, Elsevier Science B.V. 1998.

- LEHMANN, C. E. R. et al. Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. **Science**, v. 343, p. 548-552, 2014.
- LIBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sentido restrito do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 20, p. 927-936, 2006.
- LONGHI, R. V.; LONGHI, S. J.; CHAMI, L. B.; WATZLAWICK, L. F.; EBLING, A. A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrients em três grupos florísticos de uma floresta ombrófila mista, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 699-710. 2011.
- LOPES, S. F.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; SCHIAVINI, I. Análise comparativa da estrutura e composição florística de Cerrado no Brasil Central. **Interciência**, Caracas, v. 36, n. 1, p. 8-15, 2011.
- MACHADO, R.B.; RAMOS-NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.F.; GONSALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.
- MAGURRAN, A.E. **Measuring Biological Diversity**. Blackwell Science, Oxford. 2004.
- MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; CARMONA, R. Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no Cerrado brasileiro – características de sementes e estabelecimento de plântulas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 713-722. 2009.
- MARTINS, C. R.; HAY, J. D. V.; WALTER, B. M. T.; PROENÇA, C. E. B.; VIVALDI, L. J. Impacto da invasão e do manejo do capim gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 1, p. 73-90. 2011.
- MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. **O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros**. Cienc. Cult. [online], v. 61, n.1, p. 27-30. 2009.
- MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com história de usos diferentes no nordeste do Pará-Brasil**. 2004. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Esalq/USP, Piracicaba, 2004.

- MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JUNIOR, M.C.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. & FAGG, C.W. 2008. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. Pp. 423-1279. In: S.M. Sano; Almeida, S.P. & J.F. Ribeiro (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. v. 2. Brasília, Embrapa Informação e Tecnologia.
- MIRANDA, I.S. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. **Revista brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 235-240, 1995.
- MIRANDA, A.C.; MIRANDA, H.S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; FRANCEY, R.J.; MCINTYRE, J.A.; MEIR, P.; RIGGAN, P.; LOCKWOOD, R.; BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado, an analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 315–328. 1997.
- MIRANDA, H.S.; SATO, M.N.; ANDRADE, S.M.; HARIDASAN, M.; MORAIS, H.C. 2004. Queimadas de Cerrado: caracterização e impactos. In **Cerrado: ecologia e caracterização**. (L.M.S. Aguiar, & A.J.A. Camargo, eds.). Brasília, Embrapa Cerrados, p.69-123.
- MITTERMEIER, R.A.; ROBLES, P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G.B. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Ecoregions**. Conservação Internacional/CI; Agrupación Sierra Madre. 2005. 392 p.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547p.
- MYROLD, D. D.; PETT-RIDGE, J.; BOTTOMLEY, P. J. Nitrogen mineralization and assimilation at millimeter scales. In: KLOTZ, M. G.; STEIN, L. Y. (eds): **Methods in Enzymology**, Vol. 496, Burlington: Academic Press, 2011, p. 91-114.
- OLIVEIRA, P.E. Reproductive biology, evolution and taxonomy of Vochysiaceae in Central Brazil. In: OWENS, S.J.; RUDALL, P.J. (eds). **Reproductive Biology**, pp. 381-393. Royal Botanic Gardens, Kew. 1998.

- OLIVEIRA FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of Cerrado in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. v. 5, p. 413-431, 1989.
- PEDREIRA, F.R.B.; ALVES, L.R.; LOLIS, S.F.; VIANA, R.H.O. Composição Florística e fitossociologia de espécies arbóreas em uma área de Cerrado *sensu strictu* no município de Porto Nacional, TO. **Global Science and Technology**. v. 4, n. 1, p. 08-15, 2011.
- PINTO, J.R.R.; MEWS, H.A.; SANTOS, T.R.R.; LENZA, E. Fitossociologia em áreas de Cerrado Rupestre: aplicação de parâmetros convencionais e de análises e abordagens pouco usadas. In: **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**, vol. II. (Eds. EISENLOHR, P.V., FELFILI, J.M., MELO, M.M.R.F., ANDRADE L.A., MEIRA NETO, J.A.A.). Editora UFV, Viçosa, pp. 213-227. 2015.
- PIVELLO, V.R.; SHIDA, C.N.; MEIRELLES, S.T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v.8, p. 1281- 1294. 1999a.
- PIVELLO, V.R.; CARVALHO, V.M.C; LOPES, P.F.; PECCININI A.A; ROSSO, S. Abundance and distribution of native and alien grasses in a “Cerrado” (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica** v. 31, n. 1, p. 71-82, 1999b.
- PIVELLO, V.R. Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. **Ecologia**. INFO 33. 2011.
- RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F.; DIAS, T.A.B; SILVA, M.R. da. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido restrito nos estados compreendidos pelo bioma Cerrado. **Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, 5: 5-43. 2000.
- RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J.F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 57-109. 2003.
- REZENDE, A.V.; VALE, A.T.; 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**, n. 71, p. 65-76, 2006.

- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC. p. 89-166. 1998.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados, Planaltina. p.151-212. 2008.
- RIBEIRO K.T.; FILIPPO, D.C.; PAIVA, C.L.; MADEIRA, J.A.; NASCIMENTO, J.S. Ocupação por *Bachiararia* spp. no Parque Nacional da Serra do Cipó e infestação decorrente da obra de pavimentação da rodovia MG-010 na APA Morro da Pedreira, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS, 1 **Anais...** Brasília, 2005.
- RIBEIRO, M.N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. da S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 203-217. 2012.
- RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D.; WEST, C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v. 6, p. 93-107, 2000.
- RIES, L. et al. Ecological Responses to habitat edges: mechanisms, models and variability explained. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 491-522, 2004.
- RODOVALHO, N.L.; NARDOTO, G.B. Distribuição dos trabalhos sobre Capim-gordura no território brasileiro: uma análise histórico-espacial. **Espaço & Geografia**, v. 17, n. 1, p. 97-113, 2014.
- RODOVALHO, N.L. **Efeito do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a dinâmica de nitrogênio em fragmento de cerrado sentido restrito circundado por matriz agrícola**. 2016.79p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ROLIM, R.G.; FERREIRA, P.M.A.; SCHNEIDER, A.A.; OVERBECK, G.E. How much do we know about distribution and ecology of naturalized and invasive alien plant species? A case study from subtropical southern Brazil. **Biol Invasions**, v. 17, p. 1497-1518. 2015.

- ROSSI, R. D.; FIGUEIRA, J. E.C.; MARTINS, C. R. Capim-gordura, invasão biológica, conservação do Cerrado e regime de fogo. **MG Biota**, v. 3, n. 3, p. 4-27, 2010.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G.; BEZERRA, H.S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Pp. 1199-1206. Natal, Brasil.2009.
- SATO, M.N.; MIRANDA, H.S. Mortalidade de plantas lenhosas do cerrado *sensu stricto* submetidas a diferentes regimes de queima. In: MIRANDA, H. S; C. H. SAITO; B. F. S. DE SOUZA DIAS (eds). **Impactos de queimadas em áreas de cerrado e restinga**. p. 102-111. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C. Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savanna trees. **Tree Physiology**, v. 22, p. 603-612. 2002.
- SCOLFORO, J. R. **Inventário florestal**. Lavras: ESAL/FAEP. 1993. 228p.
- SCOLFORO, J. R. et al. Diversidade, equabilidade e similaridade no domínio da caatinga. In: MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual - Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 6, p.118-133.
- SENA, A.L.M.; PINTO, J.R.R. Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do Cerrado. **Anais...** In: IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Brasília, DF, 2008.
- SENA-SOUZA, J.P. **Utilização de parâmetros do relevo para a subdivisão fisiográfica da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade de Brasília. 2013.
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res.** vol. 11, n. 39, p. 3733-3740. 2016.
- SILVA, J. S. O.; HARIDASAN, M. Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* P. Beauv. e gramíneas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 337-344, 2007.

- SILVA, I. R. da; MENDONÇA, E. de. Matéria orgânica do solo. SBCS, Viçosa, 2007. **Fertilidade do Solo**, 1017 p. (eds. NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.).
- SILVA, A.L.P. **Estrutura, riqueza e diversidade de campo dominado por gramíneas exóticas em um morro granítico no sul do Brasil**. Trabalho de Conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.
- SILVA-JÚNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado - sentido restrito: guia de campo**. Brasília: Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2012. 304 p.
- SILVA-JÚNIOR, M.C.; PEREIRA, B.A. da S. + **100 árvores do Cerrado – Matas de Galeria: guia de campo**. Brasília: Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2009. 288 p.
- SILVA-JÚNIOR, M.C.; SILVA, A.F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do cerrado na Estação Florestal Experimental de Paraopeba (EFLEX) - MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 2, n. 12, p. 107-126. 1988.
- SILVEIRA, E. P. da. **Florística e estrutura da vegetação de Cerrado *sensu stricto* em terra indígena no noroeste do estado de Mato Grosso**. 2010. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
- SIMON, J.E.; RIBON, R.; MATTOS, G.T.; ABREU, C.R.M. A avifauna do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 23, n. 1, p. 33-48, 1999.
- TABARELLI, M. VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. Aspectos da sucessão secundária em trecho da floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 1, p. 99-112, 1993.
- TAMBOSI, L. R.; BARBOSA, E. G. Uso de modelos de nicho ecológico, gerados em escala local, para identificação de áreas suscetíveis à invasão de gramíneas africanas em uma reserva de Cerrado do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal - Brasil. **Anais... INPE**, 2009. 3111-3118.
- ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. 4ªed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p +212App.
- ZILLER, S.R. O processo de degradação ambiental originado por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, v. 30, n. 178, p. 2, 2001.