



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Carbono orgânico do solo e dinâmica de crescimento de raízes finas em um cerrado sob
manejo da gramínea invasora *Melinis minutiflora* P. Beauv.

Lucas Evangelista Gonçalves

Orientadora: Profa. Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Brasília-DF
Setembro de 2012



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Carbono orgânico do solo e dinâmica de crescimento de raízes finas em um cerrado sob manejo da gramínea invasora *Melinis minutiflora* P. Beauv.

Lucas Evangelista Gonçalves

Orientadora: Profa. Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ecologia.

Linha de Pesquisa: Ecologia de Ecossistemas

Brasília-DF
Setembro de 2012



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Ecologia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Dissertação de mestrado

LUCAS EVANGELISTA GONÇALVES

Título:

“Carbono orgânico do solo e dinâmica de crescimento de raízes finas em um cerrado sob manejo da gramínea invasora *Melinis minutiflora* P. Beauv.”

Banca examinadora:

Profa. Dra. Mercedes Maria da Cunha Bustamante
Presidente /Orientadora
ECL/ UnB

Prof. Dr. Robilio Leandro Marchiio
Membro Titular
Embrapa

Prof. Dr. Alexandre de Siqueira Pinto
Membro Suplente
UnB

Prof. Dr. Carlos Romero Martins
Membro Titular
IBAMA

Brasília, 17 de setembro de 2012

À vida, ao cerrado, à sua diversidade e beleza.

Aos meus pais e à minha companheira.

Agradecimentos

A Deus, pai e mãe, arquiteto(a) supremo(a) do universo que dá a vida.

Aos meus pais Anilda M. G. dos Santos e Edvaldo. E. dos Santos, que me deram todo apoio necessário em todos os desafios de minha vida.

À Raquel S. Mendes, meu amor, que enfrentou comigo todas as adversidades que passei.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, especialmente à professora Ivone Rezende Diniz.

À professora Mercedes M. C. Bustamante pela orientação, dedicação, pelo exemplo de profissional e de ser humano.

Ao CNPq pelo pagamento da bolsa.

À FAPDF pelo financiamento de análises.

Ao Parque Nacional de Brasília que autorizou essa pesquisa.

Ao Dr. Carlos R. Martins pelo apoio e autorização de realização dessa pesquisa na área de seu experimento no Parque Nacional de Brasília.

Ao professor Cícero C. de Figueiredo e à equipe do laboratório de matéria orgânica do solo da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, por toda ajuda.

Aos funcionários da Embrapa Cerrados Jesuíno e Douglas, pela ajuda na coleta de campo e Francisco Delvico e Lucas pela ajuda nas análises de solo.

Aos colegas de laboratório Frederico Takahashi, Alexandre S. Pinto, Eloisa Ferreira, Divino Silvério e Denise Dias, sem os quais não conseguiria realizar este trabalho.

A todo o grupo do laboratório de ecologia de ecossistemas, especialmente aos estagiários(as) Maria Carolina, Carolina Gonzalez, Lucas Costa e Marcus e aos amigos Gilberto Cosac e Tamiel Jacobson.

Resumo

Todas as invasões biológicas são um componente das mudanças ambientais globais. Elas são ameaças à biodiversidade nos ecossistemas que invadem. No Brasil, várias gramíneas africanas foram introduzidas acidentalmente ou para a formação de pastagens, tornando-se invasoras em ecossistemas naturais, visto que encontraram aqui condições ambientais muito próximas das encontradas nas savanas africanas. A gramínea africana *Melinis minutiflora* P. Beauv., popularmente conhecida como capim-gordura, é uma espécie com características que a permitem competir de maneira eficiente com as gramíneas nativas do cerrado. O presente trabalho tem como objetivo avaliar qual o efeito de diferentes manejos de uma área invadida com *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília, na dinâmica de crescimento de raízes, no carbono orgânico do solo e suas frações particulada e associada aos minerais. A principal hipótese é que as parcelas controle e com manejo com fogo apresentariam maior crescimento de raízes finas e mais carbono orgânico particulado. Foram utilizadas duas diferentes técnicas de manejo. A primeira feita exclusivamente com fogo (F), com queimada controlada no ano de 2003, e a segunda, além de uma queimada controlada no mesmo ano, fez uso de herbicida no ano de 2004 e também arranque anual de plântulas a partir de 2005 até a atualidade. Nas parcelas que passaram pela segunda intervenção, referida como manejo integrado (M), o *M. minutiflora* foi praticamente eliminado. As parcelas controle (C) e aquelas manejadas com fogo apresentaram biomassas aéreas muito parecidas, poucos anos depois do manejo, sendo esses valores maiores que o das parcelas com manejo integrado. Não houve diferença significativa nos parâmetros analisados. Nesses aspectos, essa comunidade continua funcionando de maneira muito semelhante.

Palavras-chave: capim-gordura, manejo de espécie invasora, carbono orgânico do solo, biomassa subterrânea, raízes finas.

Abstract

All biological invasions are a component of global environmental change. They are threats to biodiversity in the ecosystem they invade. In Brazil, several African grasses were introduced or accidentally or for pasture establishment, becoming invasive in natural ecosystems since it finds here environmental conditions very close to those found in African savannas. The African grass *Melinis minutiflora* P. Beauv., known as molasses grass, is a species with characteristics that allow it to compete effectively with the native grasses of the cerrado. This study aims to evaluate what effect of different management of an area overrun with *M. minutiflora* in the Brazilian National Park, in the dynamic of root in soil organic carbon and their fractions particulate and associated with minerals. The main hypothesis is that the plots management with fire and control, have higher growth of fine roots and more particulate organic carbon. Two different management techniques were made. The first was made exclusively with fire (F), with controlled burning in 2003, and the second, besides a controlled burning in the same year, used herbicide in 2004 and also start annual seedlings from 2005 until today. In areas that passed the second intervention, known as integrated management, the *M. minutiflora*, was eliminated. The control (C) and fire plots, showed very similar aboveground biomass few years after managements, these values being higher than the plots with integrated management. There was no significant differences in the parameters analyzed. In these aspects, this community continues to function very similarly.

Keywords: molasses grass, management of invasive species. soil organic carbon. belowground biomass, fine roots.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do ciclo biogeoquímico do carbono em ecossistemas terrestres	14
Figura 2 – Estoque (em giga tonelada de carbono), fluxos (em giga tonelada de carbono por ano) e tempo estimado de residência dos diversos compartimentos do carbono na biosfera. Fonte: (Schulze <i>et al.</i> 2002).....	15
Figura 3 – Esquema das diversas maneiras em que a matéria orgânica do solo pode ser encontrada. COM secundários – C omplexo O rgano M ineral secundário formam os agregados do solo com minerais e MO; COM primários – C omplexo O rgano M ineral primários são formados por MO e partículas primárias do solo obtidas por textura (argila, silte e areia); MONC livre – M atéria O rgânica N ão C omplexada localizada por fora ou entre agregados; MONC oclusa – M atéria O rgânica N ão C omplexada oclusa, localizada dentro de agregados. As letras representam os mecanismos de proteção contra decomposição. A: recalitrância; B: oclusão; C: complexação com partículas minerais. Fonte: (Roscoe & Machado 2002).....	17
Figura 4 – <i>Melinis minutiflora</i> . Foto: Forest e Kim Starr. Local: Maui, Kula (Havaí). Fonte: wikipédia.....	20
Figura 5 – Localização do Parque Nacional de Brasília. Fonte: (Martins <i>et al.</i> 2011).....	24
Figura 6 – Ilustração das parcelas do experimento de manejo do <i>M. minutiflora</i> no Parque Nacional de Brasília. As parcelas em branco fazem parte do primeiro delineamento do experimento com queimada controlada realizada em maio de 2003 nas parcelas fogo e manejo integrado. As parcelas fogo e manejo integrado, com identificação da figura e utilizadas neste estudo, sofreram queima em setembro de 2003.....	26
Figura 7 – Ilustração da unidade amostral (parcela) do experimento de manejo de <i>M. minutiflora</i> no Parque Nacional de Brasília, mostrando a área útil (10m X 10m) e pontos de coleta de solo: os círculos mostram a localização onde foram realizadas coletas de amostras deformadas; o X é o ponto central onde foi coletada amostra indeformada.....	27
Figura 8 – Ilustração das parcelas do experimento de manejo do <i>M. minutiflora</i> no Parque Nacional de Brasília. As parcelas em branco foram desconsideradas	

neste estudo. Em cada parcela foram sorteados quatro pontos de coleta de solo para separação de raízes, no centro dos quadrantes de 3m.	28
Figura 9 – Tubo de PVC com 25cm de altura por 7,5 cm de diâmetro, confeccionado com arame de abertura de 3mm para acompanhar a dinâmica de crescimento de raízes na área do experimento de manejo de <i>M. minutiflora</i> no Parque Nacional de Brasília	29
Figura 10 – Precipitação média mensal; Temp. max - temperatura máxima (°C); Temp. med - temperatura média (°C); Temp. min - temperatura mínima (°C) de dezembro de 2010 a dezembro de 2012. Fonte: INMET. Conteúdo gravimétrico de água (média e desvio padrão) no solo de 0- 10cm de profundidade por tratamento.....	34
Figura 11 – Textura do solo por tratamento, controle (C), fogo (F) e manejo (M) e profundidade. As frações granulométricas de acordo com o diâmetro são areia grossa (2 – 0,2mm), areia fina (0,2 – 0,05mm), silte (0,05-0,002mm) e argila (<0,002mm).	37
Figura 12 – Biomassa e comprimento de raízes finas (menores que dois milímetros de diâmetro), na primeira coleta realizada em novembro de 2010, por tratamento, controle (C), fogo (F) e manejo (M). As barras verticais mostram o erro padrão.	40
Figura 13 – Comprimento (A) e biomassa de raízes finas (B), menores que dois milímetros de diâmetro de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012 para os tratamentos controle (C), fogo (F) e manejo integrado (M).	41
Figura 14 – Teor de Carbono Orgânico Total, Carbono Orgânico Particulado e Carbono Orgânico Associado aos Minerais ($g\ kg^{-1}$), de acordo com a profundidade nos três tratamentos controle (C), fogo (F) e manejo(M). As barras horizontais em cada ponto indicam o erro padrão.....	43
Figura 15 – Proporção entre os teores das frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais COAM.....	44
Figura 16 – Estoques de C em Mg/ha de acordo com o tratamento e as profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais valores dos dados meteorológicos para o ano de 2011, para o(s) mês(es) de ocorrência; precipitação (mm): total anual, mínima mensal, máxima mensal e total das estações secas e chuvosas com respectivas porcentagens da precipitação anual; temperatura do ar (°C): média anual, mínima média mensal e máxima média mensal; umidade relativa do ar (%).....	35
Tabela 2 – Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para parâmetros físicos do solo: textura (argila, silte, areia fina e grossa); densidade do solo e conteúdo gravimétrico de água. Asterisco indica diferença significativa a nível de significância de 0,05.	36
Tabela 3. Densidade aparente do solo nas quatro profundidades por tratamento	38
Tabela 4 - Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para biomassa e comprimento de raízes da primeira coleta (dezembro), biomassa e comprimento da dinâmica de crescimento de raízes no ano de 2011. Asterisco representa p significativo a 0,05.....	39
Tabela 5 - Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para carbono do solo: total, fração particulada, fração associada aos minerais e estoque. Para todos os parâmetros a profundidade foi significativa, indicado pelo asterisco.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 A ESPÉCIE MELINIS MINUTIFLORA	19
1.2 HISTÓRICO DO EXPERIMENTO	20
1.3 OBJETIVOS E HIPÓTESES	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 LOCAL DO ESTUDO	24
2.1.1 <i>Área experimental e delineamento</i>	25
2.3 BIOMASSA, DINÂMICA DE CRESCIMENTO E MORFOMETRIA DE RAÍZES	27
2.4 AMOSTRAGEM E ANÁLISES DE SOLO	30
2.4.1 <i>Conteúdo gravimétrico de água</i>	30
2.4.2 <i>Textura</i>	30
2.4.3 <i>Densidade do solo</i>	31
2.4.4 <i>Fracionamento físico granulométrico</i>	31
2.4.5 <i>Determinação do carbono orgânico</i>	31
2.4.6 <i>Cálculo do estoque de carbono do solo</i>	32
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
3 RESULTADOS	34
3.1 DADOS METEOROLÓGICOS E FÍSICOS DO SOLO	34
3.1.1 <i>Textura e densidade aparente do solo</i>	37
3.2 BIOMASSA E MORFOMETRIA DE RAÍZES FINAS	38
3.3 CARBONO ORGÂNICO DO SOLO.....	41
4 DISCUSSÃO	46
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1 Introdução

Invasões biológicas são um dos componentes das mudanças ambientais globais com consequências de longo prazo. As atividades antrópicas movem espécies de um lugar para o outro, tanto acidentalmente quanto intencionalmente. Como resultado dessa movimentação, táxons que evoluíram isoladamente um do outro estão sendo forçados a entrar em contato (D'Antonio & Vitousek, 1992).

Essas quebras de barreiras à dispersão são significativas por diversos motivos e os efeitos das invasões causadas por humanos são de longo prazo. A quebra de barreiras biogeográficas tem resultado em automanutenção e evolução de populações em regiões que não poderiam ter alcançado sem a intervenção antrópica. Finalmente, algumas invasões biológicas alteram os processos ecossistêmicos nas áreas nativas, causando, portanto, mudanças também na composição da comunidade (D'Antonio & Vitousek, 1992).

A maioria das espécies utilizadas na agricultura, reflorestamento e produção de proteína animal são exóticas e trazem benefícios para a humanidade, mas, por outro lado, podem apresentar-se como espécies invasoras representando uma das maiores ameaças à biodiversidade e impondo custos à agricultura, ao manejo de florestas e áreas nativas, à pesca e outros empreendimentos, bem como à saúde humana (Wittenberg & Cock, 2001).

Um programa global de espécies invasoras (*Global Invasive Species Programme – GISP*) vem sendo coordenado desde 1997 pelo Comitê Científico de Problemas em Meio Ambiente (*Scientific Committee on Problems of the Environment – SCOPE*), em colaboração com a União Global para a Conservação (*World Conservation Union – IUCN*) e Centro de Biociência Agrícola Internacional (*Centre for Agricultural Bioscience International CABI*). O objetivo do GISP é estabelecer o melhor conjunto de dados disponíveis sobre o problema de invasões biológicas no mundo e procurar estabelecer estratégias para a formulação de planos para espécies alienígenas. A primeira meta dessas estratégias deve ser a preservação e restauração de ecossistemas saudáveis (Wittenberg & Cock, 2001).

No Brasil, várias gramíneas africanas foram introduzidas acidentalmente ou para a formação de pastagens, tornando-se invasoras em ecossistemas naturais, visto que encontraram aqui condições ambientais muito próximas das encontradas nas savanas africanas, tais como o clima e o solo. Além dos fatores ambientais, o sucesso dessas invasões se deve, entre outros fatores, à grande capacidade de dispersão por reprodução vegetativa e por sementes, ao ciclo reprodutivo rápido, à eficiência fotossintética e no uso de nutrientes, às altas taxas de crescimento, à tolerância ao desfolhamento, à herbivoria e fogo, à alta capacidade de rebrotamento e à regeneração (Pivello & Freitas, 2005).

A gramínea africana *Melinis minutiflora* P. Beauv., popularmente conhecida como capim-gordura, é uma espécie com as características supracitadas e com capacidade de competir de maneira eficiente com as gramíneas nativas do Cerrado, especialmente em formações campestres e savânicas. Ela é capaz de formar grandes manchas e afetar diretamente as populações de espécies nativas por competição, podendo causar perda direta de biodiversidade, descaracterizando a fisionomia e modificando sua estrutura (Hughes & Vitousek, 1993; Pivello & Freitas 2005)

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, com aproximadamente dois milhões de km², sendo superado em extensão somente pela floresta Amazônica (IBGE, 2004). Está presente em nove estados da federação, possui localização e importância estratégicas por estar, em grande parte, na região do Planalto Central com transições para os biomas da Amazônia, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica. Faz parte das bacias hidrográficas Amazonas, Tocantins Paraná, Paraguai, São Francisco e Parnaíba (RECOR, 2011). Além disso, é a savana com maior biodiversidade do mundo, possui altas taxas de endemismo, com mais de 44% da flora endêmica, segundo Klink & Machado (2005). Apesar de sua importância, vem sofrendo graves impactos ambientais devido às pressões antrópicas. Por esses motivos, o Cerrado é considerado um *hot spot* ou área prioritária para a conservação da biodiversidade (Myers *et al.* 2000).

A paisagem do cerrado é formada por diferentes fisionomias vegetais, que vão desde formações florestais (predomínio de estrato arbóreo), savânicas (coexistência de arbóreas, arbustos e gramíneas) até campos (predomínio de estrato herbáceo). A vegetação é rica e diversa, com distribuição espacial em

mosaicos (Felfili & Silva Júnior, 1993). Eiten (1972) classificou o cerrado como uma savana arborizada com cobertura de copa que varia de 10 a 60%. De fato a fisionomia mais comum, o cerrado em sentido restrito caracteriza-se pela coexistência de árvores, arbustos e gramíneas em diferentes proporções de cobertura (Ribeiro & Walter, 1998). Estima-se que essa fisionomia ocupava 70% do bioma (Felfili & Silva Júnior, 1993). Os levantamentos botânicos mais recentes catalogaram 11.637 espécies de plantas vasculares (Mendonça *et al.* 2008), sendo 4.151 espécies de plantas endêmicas com sementes, o que corresponde em 29,7% das espécies endêmicas do Brasil (Forzza *et al.*, 2010).

O bioma Cerrado possui nove classes de solo citadas por Reatto & Martins (2005), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2006). Uma das classes mais relevantes para o Brasil e o Cerrado são os Latossolos, que ocorrem em cerca de 268.156.600ha ou 31,66% do território nacional, segundo o novo mapa de solos do Brasil (Santos *et al.*, 2011), e em 48,66% do bioma Cerrado (Reatto *et al.*, 2008).

Os Latossolos são altamente intemperizados e ricos em óxidos de Fe e Al. Devido ao intemperismo e à alta lixiviação, a maior parte sílica dos materiais silicatos foi removida. São solos resistentes a compactação, por isso a água se move livremente pelo perfil. O teor de argila geralmente é alto, mas as argilas são de baixa atividade, pois têm capacidade muito limitada de reter cátions (nutrientes) como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , portanto esses solos tipicamente têm baixa fertilidade e são ácidos. A alta concentração de óxidos de Fe e Al dá a eles uma grande capacidade de adsorção de fósforo e essa deficiência em P frequentemente limita o crescimento vegetal (Brady & Weil, 2001).

Os Latossolos apresentam teor de matéria orgânica (MO) intermediário dentre as classes de solos. Por matéria orgânica do solo entende-se toda forma de composto orgânico presente no solo na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados (por exemplo, carvão), associados ou não à fração mineral (Roscoe & Machado, 2002). Para ser incorporada ao solo, a entrada da MO pode ser feita através da superfície da terra, como por exemplo, pela queda de folhas ou morte de animais, ou através do crescimento de raízes, que introduzem matéria orgânica diretamente no subsolo. Dentre os Latossolos, a subordem com maiores teores de MO são os Brunos que apresentam horizonte A

húmico, cujo teor de C deve ser inferior ao limite mínimo para caracterizar o horizonte hístico ou teores de C orgânico superior a 1% até 70cm ou mais de profundidade (Santos *et al*, 2006). O teor de matéria orgânica no solo (MOS) depende do balanço entre entrada e saída, ou seja, de quanto é depositado e de quão rápido ocorre a decomposição. Onde a decomposição é lenta ocorre acúmulo.

No ciclo biogeoquímico terrestre do carbono, as moléculas oxidadas inorgânicas de dióxido de carbono presente no compartimento atmosférico (CO_2), na presença de luz, são transformadas em moléculas mais complexas e reduzidas, ou seja, com maior valor energético, que são os compostos orgânicos. Essa matéria orgânica passa a fazer parte da vegetação e em seguida pode fluir pela teia alimentar até os consumidores e por fim chega aos organismos decompositores no solo. As reações químicas de respiração realizadas pelos organismos (produtores, consumidores e decompositores) por sua vez devolvem parte do CO_2 assimilado pelos vegetais pela fotossíntese de volta para a atmosfera (Figura 1).

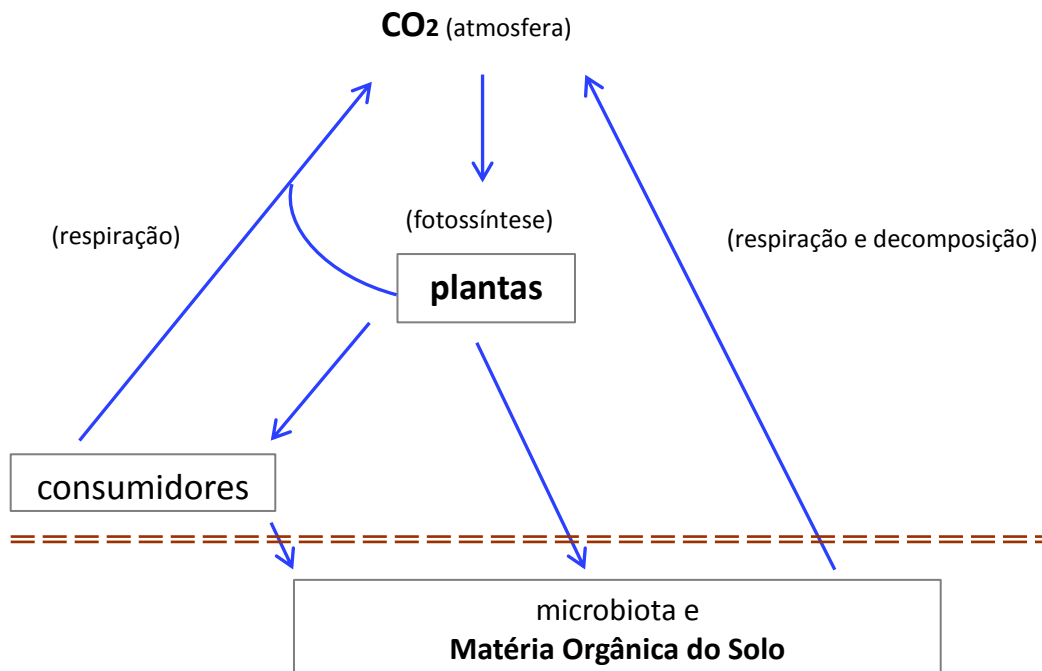


Figura 1 – Esquema do ciclo biogeoquímico do carbono em ecossistemas terrestres

A quantidade de carbono armazenada em cada compartimento não é fixa, ao contrário, varia ao longo do tempo. Cálculos para os estoques globais

de C para o início do século XXI estimam que a vegetação terrestre apresente cerca de 560 Gt (giga toneladas) de C, a atmosfera 750 Gt C, enquanto os solos 1500 Gt C. Esses valores mostram a importância da vegetação e solos para manutenção dos estoques de C. Na **Erro! Autoreferência de indicador não válida.**, é possível observar os estoques, os fluxos e o tempo médio de residência do átomo de C para os principais compartimentos em seu ciclo biogeoquímico (Schulze *et al*, 2002).

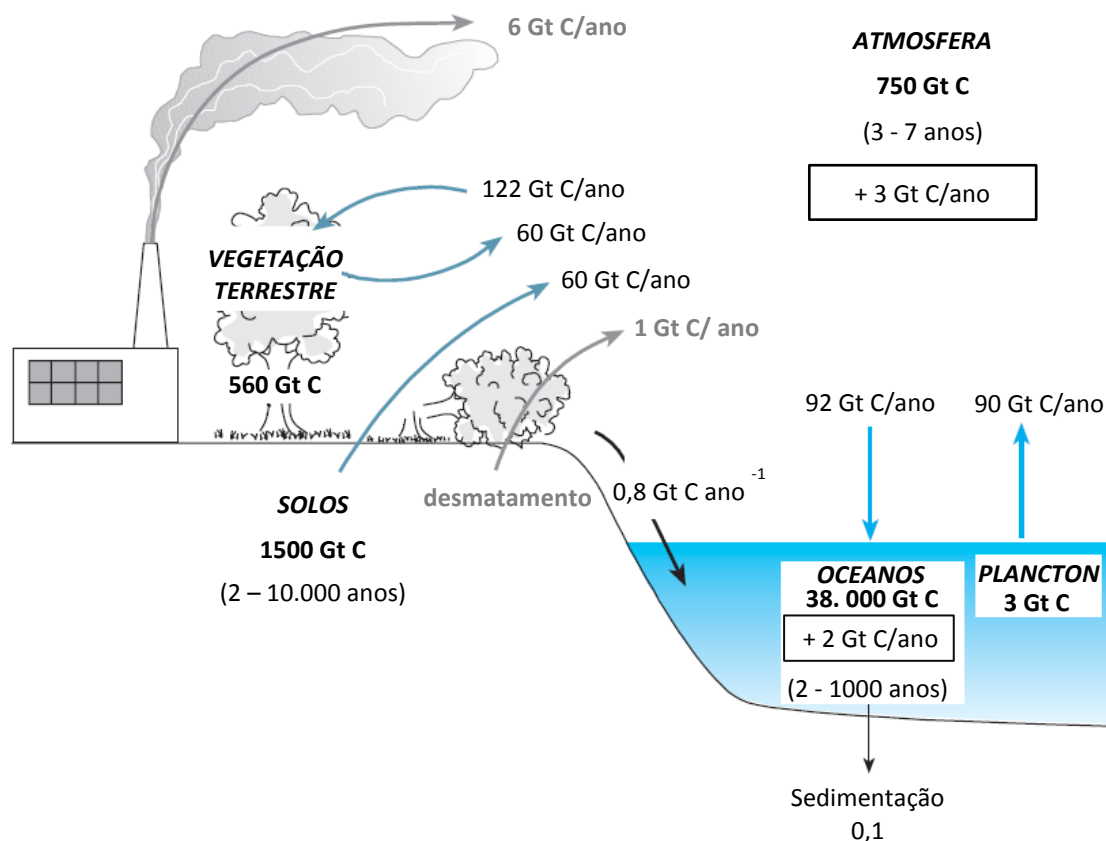


Figura 2 – Estoque (em giga tonelada de carbono), fluxos (em giga tonelada de carbono por ano) e tempo estimado de residência dos diversos compartimentos do carbono na biosfera. Fonte: (Schulze *et al*. 2002)

Quando os fluxos e as entradas se igualam, diz-se que o sistema entrou em equilíbrio, mas o que tem sido constatado é que a concentração de CO₂ na atmosfera tem aumentado com passar do tempo. O que se tem registrado há décadas é que as mudanças ambientais globais têm afetado esse ciclo, principalmente devido à ação antrópica. O desmatamento, as queimadas e a degradação do solo representam parcelas significativas no aumento dos níveis de gás carbônico da atmosfera e na diminuição dos estoques na vegetação e no

solo. Adicionalmente, a queima de combustíveis fósseis retira carbono de um compartimento isolado e passa a incorporá-lo no sistema.

Desde os níveis pré-industriais, a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou de cerca de 100ppm para 379ppm em 2005 (Rogner *et al*, 2007). Em 1968, dados precisos começaram a ser coletados e o que se observa é que a concentração de CO₂ na atmosfera desde 1970 subiu de aproximadamente 325ppm para 392ppm em junho de 2012 (Conway & Tans, 2012).

O efeito de aquecimento do planeta provocado pelos gases de efeito estufa (GEE), sendo o CO₂ o principal deles, é de extrema importância para a vida na Terra, pois sem ele as amplitudes térmicas seriam altíssimas, inviabilizando a diversidade da vida como a conhecemos. Porém o aumento na concentração desses gases e seus resultados podem gerar consequências que vão além do limite da capacidade que os ecossistemas podem suportar.

A MOS não é um componente do solo que pode ser entendido ou estudado em profundidade de maneira simplificada. Trata-se de um complexo de compostos em diversos estágios de decomposição que estão em constante transformação através de processos que podem ser rápidos (apenas dias ou semanas) e outros que podem levar milhares de anos. As substâncias resultantes desses processos, de diversos tipos, também formam estruturas complexas que podem ou não ser incorporadas às frações minerais do solo (Roscoe & Machado, 2002). Na tentativa de entender a MOS, diversos métodos de fracionamento com diferentes técnicas e abordagens vêm sendo desenvolvidas.

Os diversos tipos de fracionamento da MO procuram separar as frações quanto a natureza, dinâmica e função. A matéria orgânica pode estar presente no solo como partículas orgânicas livres ligadas às superfícies dos agregados ou como substâncias húmicas ou não húmicas, associadas à fração mineral de diferentes tamanhos de partículas (Pillon, Mielniczuk, & Ladislau 2002).

Segundo o modelo postulado por Christensen (2002), há dois tipos básicos de ocorrência da MO no solo: (1) a Matéria Orgânica não Complexada (MONC) quando não está ligada à fração mineral e (2) os Complexos Organo-Minerais (COM), nos quais a matéria orgânica está ligada aos minerais (Figura 3).

A matéria orgânica não complexada é uma fração geralmente maior que 2mm, mas que não é facilmente reconhecida como serapilheira e não está in-

corporada aos complexos organo-minerais. Consiste principalmente em resíduos particulados de animais e vegetais, parcialmente decompostos. Em solos em que a vegetação é frequentemente queimada, o carvão conta como uma proporção significativa da MONC. Essa fração é um *pool* transitório entre a serrapilheira e a MO associada aos minerais. Seu *turnover* é mais lento do que a liteira recém-caída, porém mais rápido que a MO ligada a silte e argila (Christensen, 2002).

Os complexos organo-minerais podem ser de dois tipos: primários, quando a MO está ligada às partículas primárias do solo (argila, silte e areia), e secundários, quando essas partículas se organizam em agregados. Na MONC-Livre, o único mecanismo de proteção contra decomposição é a recalcitrância, enquanto na MONC-Oclusa a proteção física devido a oclusão dificulta o acesso dos microrganismos à MO. Por fim, nas partículas primárias do solo, além desses dois mecanismos citados, a ligação com os minerais dificulta sua degradação.

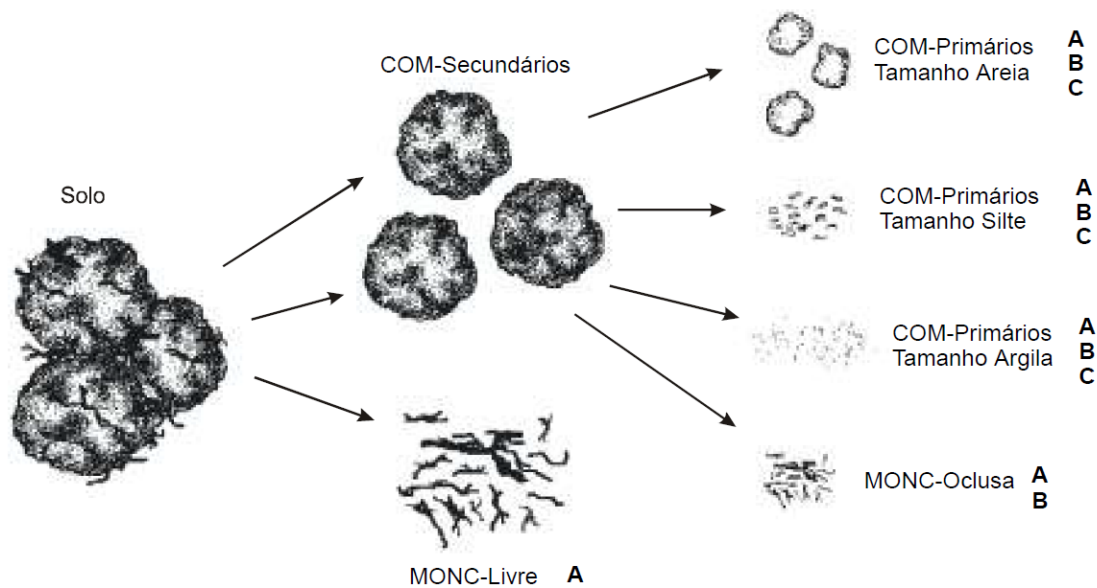


Figura 3 – Esquema das diversas maneiras em que a matéria orgânica do solo pode ser encontrada. COM secundários – **C**omplexo **O**rgano **M**ineral secundário formam os agregados do solo com minerais e MO; COM primários – **C**omplexo **O**rgano **M**ineral primários são formados por MO e partículas primárias do solo obtidas por textura (argila, silte e areia); MONC livre – **M**atéria **O**rgânica **N**ão **C**omplexada localizada por fora ou entre agregados; MONC oclusa – **M**atéria **O**rgânica **N**ão **C**omplexada oclusa, localizada dentro de agregados. As letras representam os

mecanismos de proteção contra decomposição. A: recalcitrância; B: oclusão; C: complexação com partículas minerais. Fonte: (Roscoe & Machado, 2002).

O fracionamento químico é baseado nas características de solubilidade dos compostos orgânicos em soluções ácidas e alcalinas (Roscoe & Machado, 2002) e consiste na extração de substâncias húmicas do solo e posterior obtenção de componentes: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas (Pillon *et al.*, 2002).

Os fracionamentos físicos diferem do fracionamento químico, pois não se preocupam com a natureza das substâncias, mas sim com as características dos componentes do solo como granulometria, que fornece informação sobre sua localização na matriz mineral, e densidade, que fornece informação sobre seu grau de associação com a fração mineral. Eles são considerados menos destrutivos, mais relacionados com função e estrutura da MO e baseados em suas características e dinâmica no estado natural (Roscoe & Machado, 2002). Trata-se de um procedimento utilizado para a quantificação de comparimentos da MOS visando estudos sobre sua dinâmica.

O método de fracionamento físico densimétrico consiste em separar as partículas e outros materiais através da flotação em líquidos com densidades conhecidas. As frações são denominadas leve e pesada. A fração leve é formada principalmente por MO não associada aos minerais, enquanto a fração pesada está associada a esses.

Outra abordagem que permite estudar a matéria orgânica do solo utilizando modelagem é a que leva em consideração o tempo de decomposição da diferentes frações. Antes de serem incorporados ao solo, os resíduos vegetais formam a camada de serapilheira acima do horizonte O e podem ser classificados em C estrutural (tempo médio de decomposição de três anos), que é composto principalmente por celulose e lignina, que são carboidratos resistentes à decomposição e C metabólico (tempo médio de decomposição de 0,5 anos), que pode ser prontamente utilizado pelos microrganismos. Parton *et al.* (1988) dividiram a matéria orgânica em três tipos: (1) MO da fração ativa do solo que consiste em microrganismos vivos e produtos microbiológicos com tempo de taxa de renovação de dois a quatro anos; (2) MO da fração lenta – consiste em matéria orgânica mais resistente a decomposição, devido a proteção física e

química, com tempo de taxa de renovação que varia de 20 a 50 anos; (3) MO da fração passiva do solo – consiste em matéria orgânica que é fisicamente protegida e quimicamente resistente, com tempo de taxa de renovação de 800 a 1200 anos. Nesse modelo de formação da matéria orgânica do solo, os resíduos vegetais são decompostos por microrganismos e os produtos microbiológicos tornam-se substratos para a formação de húmus. A polimerização dessas substâncias húmicas resulta em compostos com peso molecular relativamente alto que são capazes de se ligar química e fisicamente com as argilas minerais e colóides minerais amorfos. A amplitude em que essas substâncias conseguem ser estabilizadas no solo parece estar relacionada com a textura do solo. A contínua humificação desses compostos estabilizados formam compostos com menor peso molecular, que são mais aromáticos e progressivamente mais resistentes biologicamente (Parton *et al* 1988).

1.1 A espécie *Melinis minutiflora*

A gramínea *Melinis minutiflora* da família Poaceae foi descrita pela primeira vez em nível de espécie por Palosot Beavois em 1882. Os nomes populares de capim-gordura, capim melado ou capim meloso, se devem ao exsudado presente nas folhas que liberam odor adocicado característico e as deixam com textura pegajosa. No Brasil é considerada uma espécie naturalizada (Saraiva *et al* 1993) e de acordo com Parsons (1972) a primeira descrição científica foi publicada em 1812 a partir de um espécime coletado no Rio de Janeiro, sendo que foi identificada como nativa da África quase meio século depois.

Ela ocorre como tufos perenes de até 150 cm de altura (Figura 4), muitas vezes, pegajosos, com odor característico de melão ou cominho; folhas lâminares pubescentes; panícula com 10-30 cm de comprimento com pequenas espiguetas glabras de 1,5 a cerca de 2,5 mm de comprimento e arestas de 6-16 mm (Skerman & Riveros, 1990).



Figura 4 – *Melinis minutiflora*. Foto: Forest e Kim Starr. Local: Maui, Kula (Havaí). Fonte: wikipédia.

1.2 Histórico do Experimento

O presente estudo foi realizado no Parque Nacional de Brasília (PNB), na área experimental do projeto “Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (*M. minutiflora*): uma espécie invasora do cerrado” (Martins 2006). O objetivo do projeto foi descrever a espécie *M. minutiflora*, em seus aspectos botânicos, filogenéticos e ecológicos. Foi estabelecido um experimento com a finalidade de avaliar dois diferentes tipos de manejo para controlar a gramínea invasora e avaliar a recuperação da cobertura vegetal por espécies nativas do cerrado. A escolha da área experimental foi feita a partir de uma avaliação preliminar dos aspectos de zoneamento do PNB, da facilidade de acesso e da predominância do *M. minutiflora* (Martins 2006).

Os dois tratamentos realizados foram manejo com fogo e manejo integrado. O primeiro teve utilização exclusiva de fogo e o segundo, além de utilizar fogo, também utilizou herbicida e arranque manual. O herbicida utilizado foi o glifosato, comercialmente conhecido como Roundup® NA³ (sal de Isopropi-

lamina de N-(fosfometil) glicina). O uso desse herbicida não significa sugestão de sua utilização.

O experimento iniciou-se em 2003 e as queimadas controladas foram realizadas em maio (antes da floração do *M. minutiflora*) e em setembro (após a floração), tanto nas parcelas com manejo fogo quanto nas parcelas com manejo integrado. Depois da queimada, as parcelas do manejo fogo não sofreram mais intervenção, enquanto as parcelas de manejo integrado tiveram aplicação de herbicida nas touceiras de *M. minutiflora* em janeiro de 2004 e em abril nas plântulas.

A terceira fase no manejo iniciou-se em janeiro de 2005 e estendeu-se até maio com o arranque manual das plântulas de *M. minutiflora*. Desde então, anualmente, sempre no mês de maio, toda plântula de *M. minutiflora* é arrancada das parcelas de manejo integrado.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas divididas, sendo que houve queimadas (para ambos os tratamentos) em dois meses do ano, primeiro em maio (antes da floração do *M. minutiflora*) e setembro (depois da floração) (Martins 2006).

Em abril de 2005, 23 e 19 meses após a implantação das técnicas que visaram o controle do *M. minutiflora*, a dinâmica de recuperação da vegetação mostrou que os valores do índice de cobertura total nos tratamentos fogo/mayo e fogo/setembro não apresentaram diferença significativa dos valores encontrados antes da intervenção na área (Martins 2006), portanto no presente estudo, que teve início em 2010, foram consideradas apenas as parcelas com queimadas em setembro. As parcelas controle não sofreram qualquer tipo de manejo e têm a cobertura vegetal original desde o início do experimento.

Os resultados do experimento mostraram que uso exclusivo do fogo não foi suficiente para eliminar o *M. minutiflora*, assim nessas parcelas a cobertura retornou a valores semelhantes de antes da queimada e das parcelas controle (sem intervenção) que ficam em torno de 50 a 60%. Já as parcelas que passaram por manejo integrado podem ser consideradas livres da invasora, com cobertura predominante de nativas. Portanto formaram-se na área três tipos de comunidades vegetais: controle – coexistência de gramíneas nativas e de *M. minutiflora*; fogo – cerrado que sofreu queimada e possui coexistência de gramíneas nativas e *M. minutiflora*; e manejo integrado – cerrado que sofreu

queima, e vem sendo eliminado o *M. minutiflora* (Martins 2006)

1.3 Objetivos e hipóteses

O *M. minutiflora* produz mais biomassa aérea (Silva & Haridasan, 2007; Barbosa, 2009; Martins *et al*, 2011), grande quantidade de sementes com elevado poder germinativo e grande potencial dispersor (Martins, *et al* 2009) se comparada às gramíneas nativas do Cerrado. O *M. minutiflora* é resiliente e estimulado pelo fogo (pouco frequente) (Williams & Baruch 2000), e igualou sua biomassa do tratamento fogo com o tratamento controle em 2008 (Martins C. Romero., dados não publicados).

Considerando a necessidade de manejar e controlar a invasão por gramíneas exóticas em áreas de cerrado, em especial, em unidades de conservação, e a relevância dos estoques de carbono na forma de matéria orgânica em Latossolos de cerrado, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tratamentos de controle de *M. minutiflora* em uma área de cerrado nativo sob os estoques e frações de carbono orgânico do solo e sob a dinâmica de crescimento de raízes finas.

Baseado no histórico do experimento o presente estudo apresenta dois objetivos específicos:

- Avaliar qual o efeito da mudança da cobertura vegetal devido ao manejo com fogo e ao manejo integrado, na biomassa subterrânea, e na dinâmica de crescimento de raízes, através de estimativas de massa e parâmetros morfométricos.
- Avaliar qual o efeito da mudança da cobertura vegetal devido aos manejos com fogo e manejo integrado no carbono orgânico do solo total e frações particulada e associada aos minerais.

Devido à eficiência competitiva em relação à vegetação nativa de cerrado sentido restrito do PNB, levantaram-se as seguintes hipóteses:

- O solo das parcelas controle e fogo terão maior biomassa de raízes que as parcelas manejo integrado.
- As raízes da parcela com tratamento controle e fogo apresentarão maior capacidade de recolonizar o solo e apresentarão parâmetros morfométricos

superiores (comprimento e área) em comparação com o tratamento manejo integrado.

- O solo das parcelas controle e fogo terão mais C orgânico particulado do que o solo das parcelas manejo.

2 Material e Métodos

2.1 Local do Estudo

O Parque Nacional de Brasília foi criado em novembro de 1961 pelo decreto nº 24 e está localizado no Distrito Federal, ocupando cerca de 5,2% de seu território com uma área de 30.566,60ha (demarcação de 1996) nas coordenadas geográficas 15°35' a 15°45' de latitude sul e 47°55' a 48°55' de longitude oeste. Os seus limites foram redefinidos em março de 2006, pela lei federal nº 11.285 e atualmente possui 42.389 ha (Figura 5) (ICMBIO, 2012).

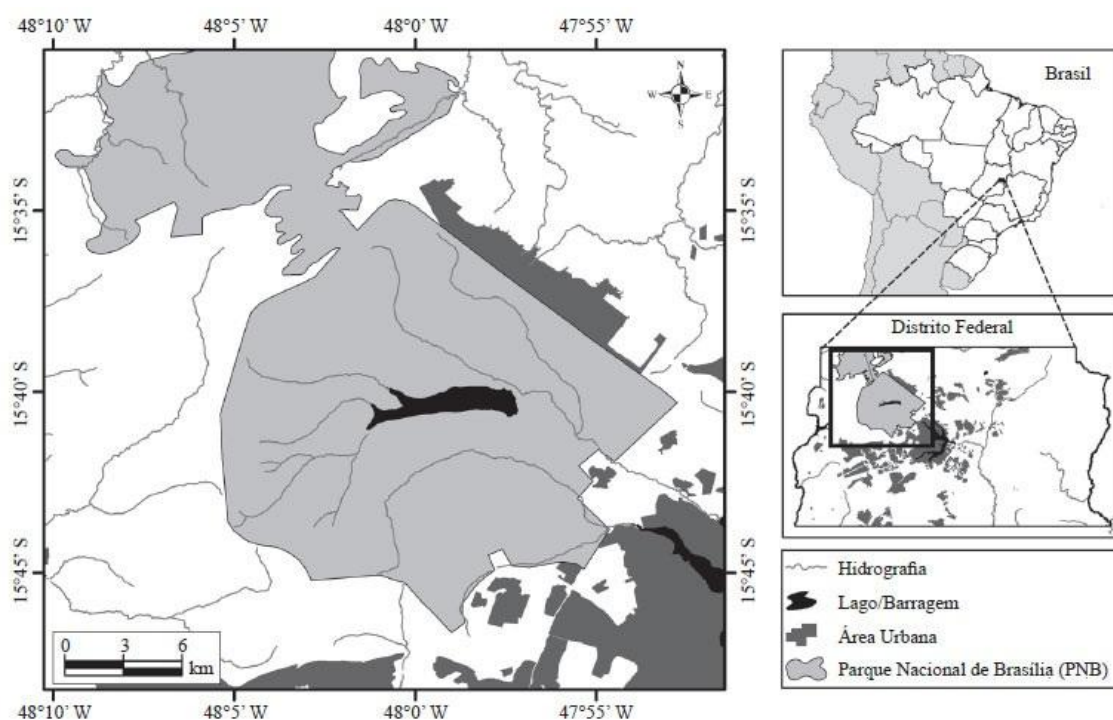


Figura 5 – Localização do Parque Nacional de Brasília. Fonte: (Martins *et al.* 2011)

Essa Unidade de Conservação (UC) está totalmente inserida no bioma Cerrado, dentro do Distrito Federal. Por não possuir estação meteorológica própria, a fonte de dados escolhida para caracterizar meteorologicamente o período do estudo foi o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distante 7km ao sul do PNB.

O clima da região central do Brasil, na qual o bioma Cerrado está inserido, é classificado como Aw, pela classificação climática de Köppen-Geiger (Kottek *et al.*, 2006). A estação seca vai de abril a setembro, enquanto a esta-

ção chuvosa vai de novembro a março. A média anual de pluviosidade varia entre 1200 e 1700mm (Farias *et al.*, 2008) sendo que a maior parte das chuvas, devido a sazonalidade, ocorre em apenas seis meses do ano, podendo chegar a valores próximos a 95% de toda a precipitação anual. A temperatura média anual é próxima a 22°C e a umidade relativa do ar média mensal pode variar de um máximo de 80% na estação chuvosa a 32% no mês mais seco.

Em relação ao solo, das nove classes mais comuns para o cerrado, cinco são encontrados no PNB, segundo Farias *et al.* (2008): Latossolo (Vermelho e Vermelho-Amarelo), Cambissolo, Glesissolo, Plintossolo, Neossolos (Quartzarenicos e Litólicos), além da classe Espodosolo. O Solo do local do estudo é classificado como Latossolo Vermelho.

2.1.1 Área experimental e delineamento

A fitofisionomia da área é classificada como Cerrado Ralo, um subtipo da fisionomia vegetacional cerrado sentido restrito (Ribeiro e Walter, 2008). Esta tem como característica a predominância de estrato herbáceo/arbustivo com árvores espaçadas. Na área experimental, o índice de cobertura inicial do estrato rasteiro, registrado em dezembro de 2002, ficou entre 92% e 94,5%, enquanto a contribuição média do *M. minutiflora* variou entre 42% e 68%. A biomassa total registrada ficou entre 6,7 e 8,9 Mg/ha, no entanto, a contribuição do *M. minutiflora* variou de 4,6 Mg/ha a 5,9 Mg/ha (Martins, 2006).

Na área experimental, Martins (2006) registrou 409 espécies distribuídas em 208 gêneros e 65 famílias. Nos tratamentos considerados no presente estudo foram encontrados os seguintes números de espécies : controle – 247; fogo – 277; manejo integrado – 314.

Do total de espécies listadas, 13 (3,2%) foram encontradas em todas as parcelas estudadas, 61 (14,8%) foram encontradas em apenas uma parcela e 29 (7%) espécies são exóticas. Entre as exóticas o *M. minutiflora* encontrava-se em todas as parcelas. O estrato herbáceo-arbustivo apresentou superioridade em número de espécies, sendo aproximadamente 70%, quando comparado com as espécies de hábito arbustivo-arbóreo

A área experimental está localizada na zona de uso especial do PNB (15° 43' 55,42" S e 47° 55' 36,00") com uma área de 2.904m² (44m x 66m). As

parcelas são quadrados com 11m de lado, com bordaduras de 0,5m, formando área útil de 100m² e distância entre parcelas de 1m (Martins, 2006). O delineamento do experimento é de blocos ao acaso com três tratamentos (controle, fogo e manejo integrado) e quatro repetições (blocos de I a IV) (

Figura 6 e 7).

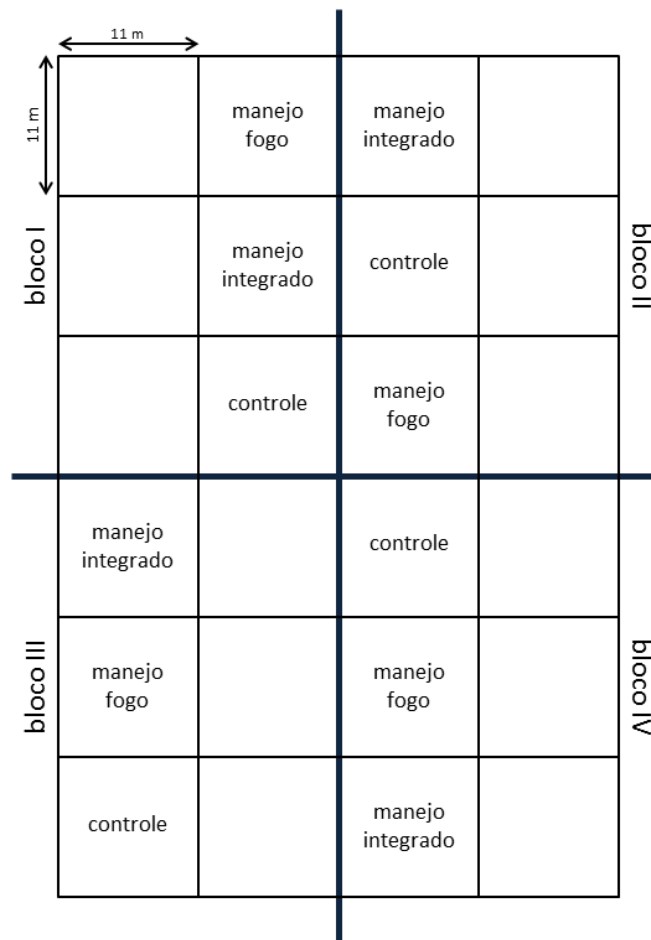


Figura 6 – Ilustração das parcelas do experimento de manejo do *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília. As parcelas em branco fazem parte do primeiro delineamento do experimento com queimada controlada realizada em maio de 2003 nas parcelas fogo e manejo integrado. As parcelas fogo e manejo integrado, com identificação da figura e utilizadas neste estudo, sofreram queima em setembro de 2003.

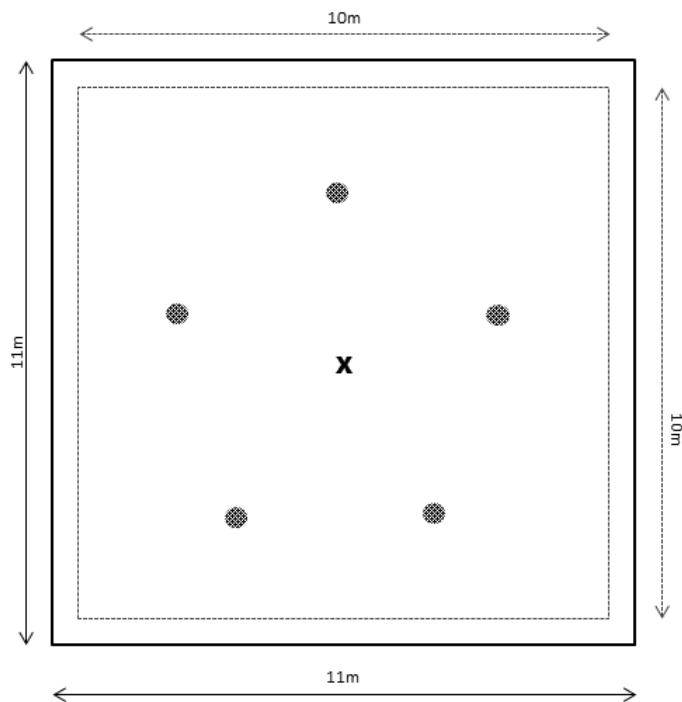


Figura 7 – Ilustração da unidade amostral (parcela) do experimento de manejo de *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília, mostrando a área útil (10m X 10m) e pontos de coleta de solo: os círculos mostram a localização onde foram realizadas coletas de amostras deformadas; o X é o ponto central onde foi coletada amostra indeformada.

2.3 Biomassa, dinâmica de crescimento e morfometria de raízes

A primeira coleta de solo com fins de estudo de raízes foi realizada em novembro de 2010. Foi utilizado trado comum para perfurar quatro pontos com 30cm de profundidade por 10cm de diâmetro em cada parcela. Para a escolha do local de coleta foram realizados sorteios entre nove quadrados de 3m de lado traçados em cada parcela. O ponto de coleta corresponde à região central desses quadrantes (Figura 8). Depois de coletado, o solo foi levado para o laboratório para triagem das raízes. Após a triagem foi obtido um solo sem raízes (raízes muito finas foram desconsideradas).

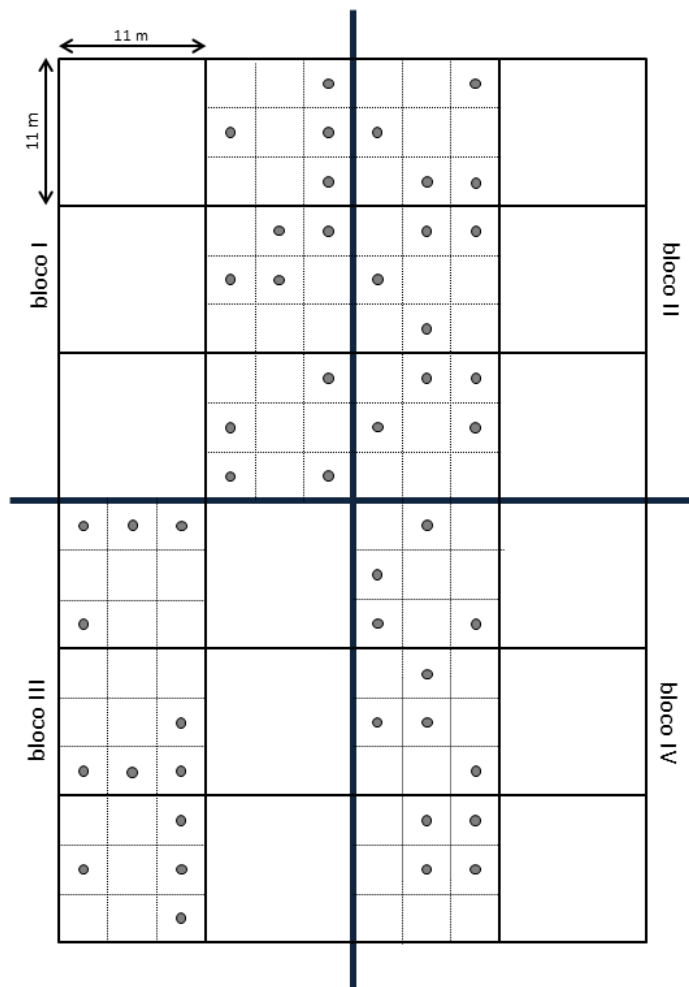


Figura 8 – Ilustração das parcelas do experimento de manejo do *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília. As parcelas em branco foram desconsideradas neste estudo. Em cada parcela foram sorteados quatro pontos de coleta de solo para separação de raízes, no centro dos quadrantes de 3m.

Após a separação das raízes das amostras, estimou-se a biomassa subterrânea das parcelas experimentais, sete anos após a primeira intervenção para o manejo. Em campo, um tubo para acompanhamento do crescimento de raízes foi instalado nos mesmo pontos de coleta e preenchido com o solo sem raízes, obtido a partir da triagem. O solo colocado em cada tubo foi o mesmo retirado de cada ponto da primeira coleta. (Oliveira *et al*, 2000). Cada tubo foi confeccionado com canos de PVC de 25cm de altura por 7,5 cm de diâmetro e tela de arame com abertura de 3mm (Figura 9).



Figura 9 – Tubo de PVC com 25cm de altura por 7,5 cm de diâmetro, confeccionado com arame de abertura de 3mm para acompanhar a dinâmica de crescimento de raízes na área do experimento de manejo de *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília

Na triagem, as raízes foram pinçadas e separadas do solo em duas classes de diâmetros, a saber, (1) menores que 2mm; (2) maiores que 2mm .

A partir da segunda coleta, o tempo de permanência do solo em capô foi de dois meses. Então ao final desse período o solo era trazido para o laboratório e todas as raízes eram retiradas e triadas. Então o solo retornava para o campo por mais dois meses. Ao todo foram feitas seis coletas.

As raízes, depois de triadas, foram lavadas em água destilada para retirada de resíduos do solo e sofreram processo de secagem em estufa de circulação de ar a 60 ° C por, no mínimo 24h, depois foram pesadas em balança de precisão (OHAUS Precision Standard; 0,001g). Para obtenção de imagens digitalizadas, utilizou-se o *scanner* Epson Perfection V700 Photo, com duas lâmpadas, desenvolvido para obtenção de imagens em profundidade e o programa WinRHIZO Pro 2008. Os dados morfométricos analisados foram comprimento, área superficial, área projetada e volume. As análises realizadas foram em nível de comunidade rizosférica, sem diferenciação de espécie ou tipo funcional.

2.4 Amostragem e análises de solo

Uma amostra por parcela foi composta a partir de cinco amostras deformadas individuais. O solo foi retirado com auxílio de trado coletor comum. Cada amostra individual que compõe a amostra composta foi retirada de um ponto de coleta, sendo que o conjunto de pontos forma um círculo na região central da parcela, distante 2m da borda de área útil da parcela (Figura 7). O solo foi homogeneizado em campo e uma alíquota retirada para o laboratório. O solo não utilizado foi devolvido para os poços formados a fim de diminuir o impacto gerado pela coleta. Foram coletadas amostras em quatro profundidades: (1) 0-5cm; (2) 5-10cm; (3) 10-20cm; (4) 20-30cm

Os protocolos utilizados para processamento de solo, conteúdo gravimétrico de água, textura e densidade aparente encontra-se no manual de análise de solos da Embrapa (Donagena *et al*, 2011). Para obtenção de TFSA (terra fina seca ao ar), o solo secou ao ar, os agregados foram desfeitos e então o solo foi passado em peneira de 2mm.

2.4.1 Conteúdo gravimétrico de água

Em cada subparcela, o solo foi coletado em três pontos com auxílio de cilindro de PVC para o cálculo de conteúdo gravimétrico. O solo foi retirado de 0cm a 10cm de profundidade, colocado em lata de alumínio e vedado. Posteriormente as latas com amostra natural (fresca) foram pesadas em balança (precisão 0,1g). Após esse procedimento, o solo foi seco em estufa de circulação de ar por, no mínimo, 72h a 105° C. A fórmula para o cálculo de conteúdo gravimétrico é:

$$C_g = \frac{P_f - P_s}{P_s - P_l} \times 100$$

Onde C_g = conteúdo gravimétrico de água; P_f = peso fresco; P_s = peso seco; P_l = peso da lata.

2.4.2 Textura

A análise de textura foi feita a partir da TFSA pelo método da pipeta. O método consiste em retirar alíquotas a determinadas alturas na proveta e em tempo específico. Sabendo-se o tempo de sedimentação das partículas é possível determinar a proporção relativa de cada uma na amostra (porcentagem).

As partículas primárias do solo que foram consideradas com respectivos diâmetros são: areia grossa (2 – 0,2 mm), areia fina (0,2 – 0,05mm), silte (0,05-0,002mm) e argila (<0,002).

2.4.3 Densidade do solo

Para a análise de densidade, amostras de solo indeformadas foram coletadas nas mesmas profundidades supracitadas para obtenção de TFSA, com cilindros volumétricos metálicos com 5cm de altura por 5cm de diâmetro. Depois de secar em estufa com circulação de ar a 105° C, por no mínimo, 72h, os anéis com o solo foram pesados.

O cálculo de densidade aparente foi feito com a fórmula:

$$D_a = P_s / V_c$$

Onde D_s = densidade do solo; P_s = peso seco do solo dentro do cilindro; V_c = volume do cilindro.

2.4.4 Fracionamento físico granulométrico

O fracionamento físico granulométrico realizado é uma adaptação dos trabalhos de Bayer *et al.* (2004) e Cambardella & Elliott (1992), conforme descrito a seguir: (1) pesou-se 20g de TFSA em erlenmeyer de 250 ml; (2) adicionou-se 70ml de hexametáfosfato de sódio na concentração 5g.L⁻¹; (3) agitou-se a mistura por 15h a 130 rotações por minuto em mesa agitadora circular; (4) após a agitação, todo o conteúdo do frasco foi lavado com água corrente em peneira de 53µm.

A lavagem desse solo resulta na perda de toda a fração silte, argila e seus compostos adsorvidos, ficando retida areia e matéria orgânica particulada (>53µm). Essa solução sofreu processo de secagem em estufa com circulação de ar a 60° C por, no mínimo, 48h, até a obtenção de peso seco constante.

2.4.5 Determinação do carbono orgânico

Para análise de carbono orgânico total (feito a partir do TFSA) e carbono orgânico particulado (feito a partir do material retido na peneira), as amostras foram moídas em graal de porcelana e passadas em peneira de 149 µm.

Para a determinação do carbono orgânico das amostras nas frações C total e C particulado, foi utilizado o protocolo adaptado do método proposto pela primeira vez por Walkley-Black (Silva *et al.* 1998; Silva *et al.*, 1999). O procedimento utilizado é descrito a seguir. (1) Pesou-se 0,5000g em balança de precisão (0,0001) depois (2) adicionou-se 10 ml de dicromato de potássio e (3) 20 ml de ácido sulfúrico à solução. Em seguida a solução foi (3) aquecida em placa aquecedora elétrica a 70° C por 30min. Posteriormente foram acrescentados (4) 200ml de água destilada e (5) 10 ml de ácido fosfórico. Para acompanhar a mudança de cor da solução durante a titulação com sulfato ferroso amoniacal, adicionou-se duas gotas do indicador ferroin.

2.4.6 Cálculo do estoque de carbono do solo

O estoque de carbono do solo foi calculado de acordo com Fernandes & Fernandes (2008) segundo a fórmula:

$$Ec = Tc \times Ds \times e$$

onde E_c = estoque de carbono do solo em $Mg.ha^{-1}$; T_c = teor de carbono da amostra em $g.kg^{-1}$; D_s = densidade do solo em $g.dm^3$; e = espessura da camada de solo em cm.

2.5 Análises estatísticas

Nas análises dos dados de raízes, foi testado o efeito do tratamento, mês de coleta e a interação destas variáveis nos parâmetros morfométricos por meio de modelos lineares mistos. Nesses modelos, foram considerados efeitos aleatórios o bloco e a parcela na qual cada medição foi realizada afim de excluir as diferenças entre blocos (em um delineamento experimental de blocos aleatórios) e pseudo-repetições relacionadas às medições repetidas ao longo do tempo nas mesmas parcelas. Foi realizado o processo de seleção de modelos partindo do modelo completo (tratamento, mês e interação entre essas duas variáveis) com a retirada sequencial de variáveis seguida de testes de razão de verossimilhança para verificar a relevância de cada variável. A estimativa por máxima verossimilhança é um método para estimar parâmetros de um modelo estatístico

Foi verificada no modelo completo e no melhor modelo obtido se ocorriam padrões nos resíduos e se estes apresentavam heterocedasticidade. Para verificar se havia heterocedasticidade, foram plotados gráficos com os resíduos.

Na análise de solos, foi testado o efeito da profundidade, do tratamento e a interação dessas variáveis nos parâmetros indicadores de matéria orgânica do solo, textura e densidade aparente, por meio de modelos lineares mistos. Nesses modelos, foram considerados efeitos aleatórios o bloco e a parcela na qual cada amostra foi obtida afim excluir diferenças entre blocos (em um delineamento experimental de blocos aleatórios) e pseudo-repetições relacionadas a amostras de profundidades diferentes serem obtidas na mesma parcela. Foi realizado processo de seleção de modelos partindo do modelo completo (tratamento, profundidade e interação entre essas duas variáveis) com a retirada sequencial de variáveis seguida de testes de razão de verossimilhança para verificar a relevância de cada variável. Foi verificada no modelo completo e no melhor modelo obtido se ocorriam padrões nos resíduos e se esses apresentavam heterocedasticidade. Com a retirada sequencial de variáveis foi possível verificar qual delas era significativa para determinar o valor encontrado. A significância foi determinada pelo valor de p a 5%. Todas as análises foram realizadas com o programa R versão 2.15.0 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) utilizando o pacote nlme versão 3.1-104.

3 Resultados

3.1 Dados meteorológicos e físicos do solo

Na Figura 10, são mostrados dados de precipitação, temperatura e conteúdo gravimétrico de água, correspondentes a dezembro de 2010 e todo o ano de 2011. Os dados climáticos mostram o padrão sazonal típico do Cerrado e da região Centro-Oeste brasileira, com duas estações bem definidas. Nela podemos observar a distribuição de chuvas e variação de temperatura ao longo dos meses. Os dados de temperatura e precipitação foram medidos na estação climatológica 83377 do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET localizada no setor sudoeste em Brasília – DF, distante aproximadamente 6,190 km do local do experimento (fonte: Google Earth)

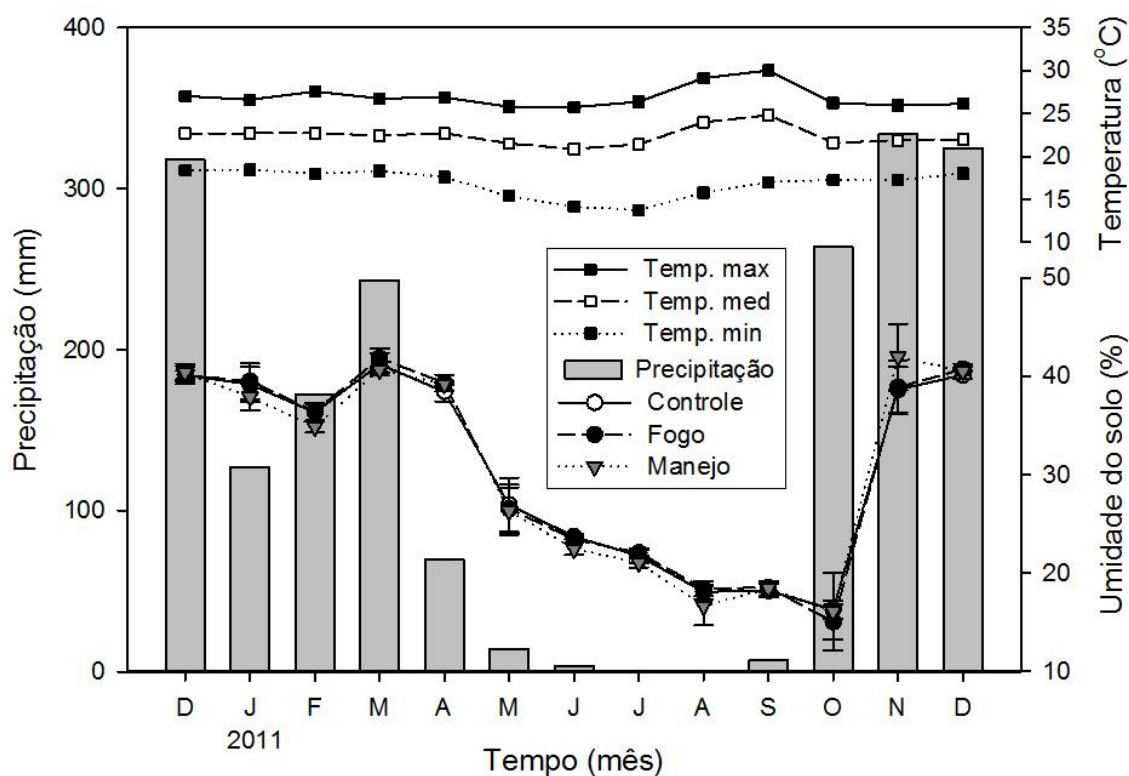


Figura 10 – Precipitação média mensal; Temp. max - temperatura máxima (°C); Temp. med - temperatura média (°C); Temp. min - temperatura mínima (°C) de dezembro de 2010 a dezembro de 2011. Fonte: INMET. Conteúdo gravimétrico de água (média e desvio padrão) no solo de 0-10cm de profundidade por tratamento.

O mês com a menor temperatura média observada foi julho (13,8°C) e o mês com maior foi setembro (30,0°C) (tabela 1). Já a temperatura média mensal variou da mínima de 20,9°C em junho para 24,8°C em setembro. A umidade relativa do ar apresentou a menor média mensal em setembro com 31,6% e a maior 76,2 % em dezembro.

Tabela 1 – Principais valores dos dados meteorológicos para o ano de 2011, para o(s) mês(es) de ocorrência; precipitação (mm): total anual, mínima mensal, máxima mensal e total das estações secas e chuvosas com respectivas porcentagens da precipitação anual; temperatura do ar (°C): média anual, mínima média mensal e máxima média mensal; umidade relativa do ar (%)

Temperatura do ar	(°C)	Mês
Mínima média mensal	13,8	jul
Máxima média mensal	30,0	set
Anual (2010)	22,31	jan – dez
Umidade relativa do ar	(%)	Mês
Mínima média mensal	31,6	Set
Máxima média mensal	76,2	Dez
Precipitação (acumulada)	mm	Mês
Total anual	1559,3	jan – dez
Mínima mensal	0	jul – ago
Máxima mensal	333,8	nov
Total estação seca (% precipitação anual)	94,2 (6,0)	abr – set
Total est. Chuvosa (% precipitação anual)	1465,1 (94%)	jan – mar e out – dez

A precipitação anual acumulada de janeiro a dezembro de 2011 foi de 1559,3mm. A estação seca, de abril a setembro, apresentou 94,2mm de precipitação, o que corresponde a 6% do total da precipitação anual. Já os meses considerados da estação chuvosa, de janeiro a março e de outubro a dezembro, mostraram precipitação bem superior: 1465,1mm pluviométricos ou 94% do total para o ano de 2011 (Figura 10 e Tabela 1)

Um padrão semelhante ao da precipitação pode ser observado em relação ao conteúdo gravimétrico de água do solo. Nos meses chuvosos, de dezembro a março, o solo apresentou entre 35% e 45% de água, enquanto nos meses de seca, de abril a setembro, esses valores caíram para 15% a 20% (Figura 10). Houve efeito significativo da época de coleta sobre o conteúdo gravimétrico, ou seja, os valores de umidade do solo dependem do mês de coleta, sendo de maneira geral valores menores na estação seca e valores maiores na estação chuvosa (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para parâmetros físicos do solo: textura (argila, silte, areia fina e grossa); densidade do solo e conteúdo gravimétrico de água. Asterisco indica diferença significativa ao nível de significância de 0,05.

Variável dependente	Fonte de Variação	Razão de verossimilhança
argila	tratamento : profundidade	4,071
	tratamento	1,826
	profundidade	15,394*
silte	tratamento : profundidade	1,528
	tratamento	0,780
	profundidade	13,051*
areia fina	tratamento : profundidade	9,734*
	tratamento	10,166*
	profundidade	9,742*
areia grossa	tratamento : profundidade	0,383
	tratamento	1,281
	profundidade	0,109
densidade do solo	tratamento : profundidade	3,555
	tratamento	1,953
	profundidade	3,553
conteúdo gravimétrico de água	tratamento : mês	10,992
	tratamento	0,226
	mês	1176,11*

3.1.1 Textura e densidade aparente do solo

O solo apresenta porcentagem de argila variando entre mínimo de 38,4% para o tratamento controle na profundidade de 10-20cm e máximo de 48,45% para o mesmo tratamento na profundidade entre 0-5cm. O silte variou de um mínimo de 28,91% para o tratamento controle de 0-5cm de profundidade, para o máximo de 40,0% no controle de 10-20cm de profundidade (Figura 11). A soma de areia fina e grossa ficou sempre abaixo de 25%. De acordo com o triângulo de classificação de textura de solo (Brady & Weil 2001b), nesse intervalo de valores, o solo é classificado como argiloso e franco-argiloso. Para argila, silte e areia fina, a profundidade teve efeito significativo (Tabela 2).

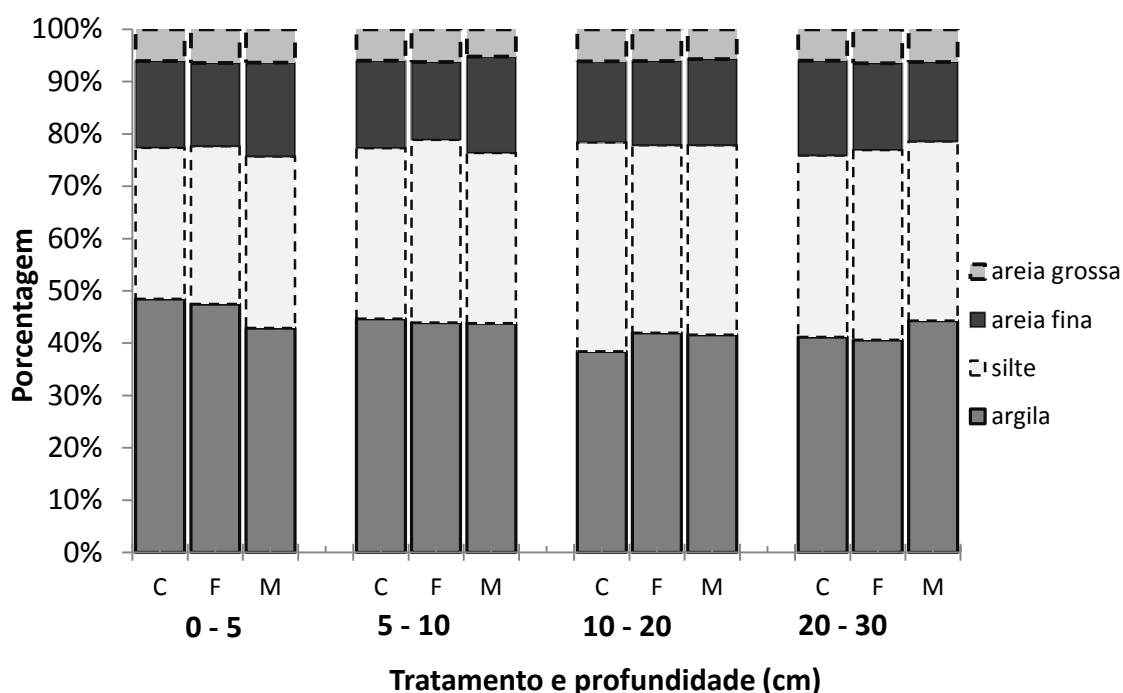


Figura 11 – Textura do solo por tratamento, controle (C), fogo (F) e manejo (M) e profundidade. As frações granulométricas de acordo com o diâmetro são areia grossa (2 – 0,2mm), areia fina (0,2 – 0,05mm), silte (0,05-0,002mm) e argila (<0,002mm).

A densidade do solo variou do mínimo 0,949 g.cm⁻³ para o tratamento fogo na profundidade de 0-5 cm até o máximo de 1,037 g cm⁻³ para o tratamento fogo de 10-20 cm de profundidade. Enquanto as três primeiras profundidades apresentaram pequenas variações de acordo com o tratamento, de 0-30 cm os valores podem ser considerados idênticos a 0,99 g.cm⁻³. Não há diferença significativa entre tratamentos (p=0,162) ou profundidades (p=0,169) (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade aparente do solo nas quatro profundidades por tratamento

Tratamento	Profundidade	Média (g.cm⁻³)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Controle		0.968	0.040	4.178
Fogo	0-5 cm	0.949	0.029	3.038
Manejo		0.986	0.022	2.253
Controle		0.961	0.033	3.484
Fogo	5-10 cm	0.968	0.056	5.797
Manejo		1.029	0.018	1.725
Controle		0.988	0.060	6.042
Fogo	10-20 cm	1.037	0.026	2.525
Manejo		1.000	0.040	3.970
Controle		0.988	0.034	3.416
Fogo	20-30 cm	0.985	0.029	2.941
Manejo		0.986	0.030	3.035

3.2 Biomassa e morfometria de raízes finas

Em todas as análises estatísticas foi encontrada heterocedasticidade relacionada ao mês de coleta, sendo esse padrão incluído no modelo. Em nenhum parâmetro analisado houve efeito significativo de tratamento, mas houve do mês de coleta para biomassa e comprimento na dinâmica de crescimento de raízes.

Tabela 4 - Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para biomassa e comprimento de raízes da primeira coleta (dezembro), biomassa e comprimento da dinâmica de crescimento de raízes no ano de 2011. Asterisco representa p significativo a 0,05

Variável Dedependente	Fonte de variação	Razão de Verossimilhança
raízes finas dezembro 2010 (1ª coleta)	comprimento : tratamento	3,450
	biomassa : tratamento	1,864
dinâmica de raízes finas (biomassa)	tratamento : mês	6,289
	tratamento	2,387
	mês	422,973*
dinâmica de raízes finas (comprimento)	tratamento : mês	13,206
	tratamento	1,349
	mês	187,792*

Todos os dados morfométricos analisados, comprimento, área superficial, área projetada e volume apresentaram o mesmo padrão de distribuição, portanto foi escolhido o comprimento para representar o conjunto dos dados de arquitetura radicular (Figura 12 e Figura 13). Os valores de biomassa e comprimento radicular não apresentaram diferenças significativas, no nível de significância de 0,05 (Figura 12).

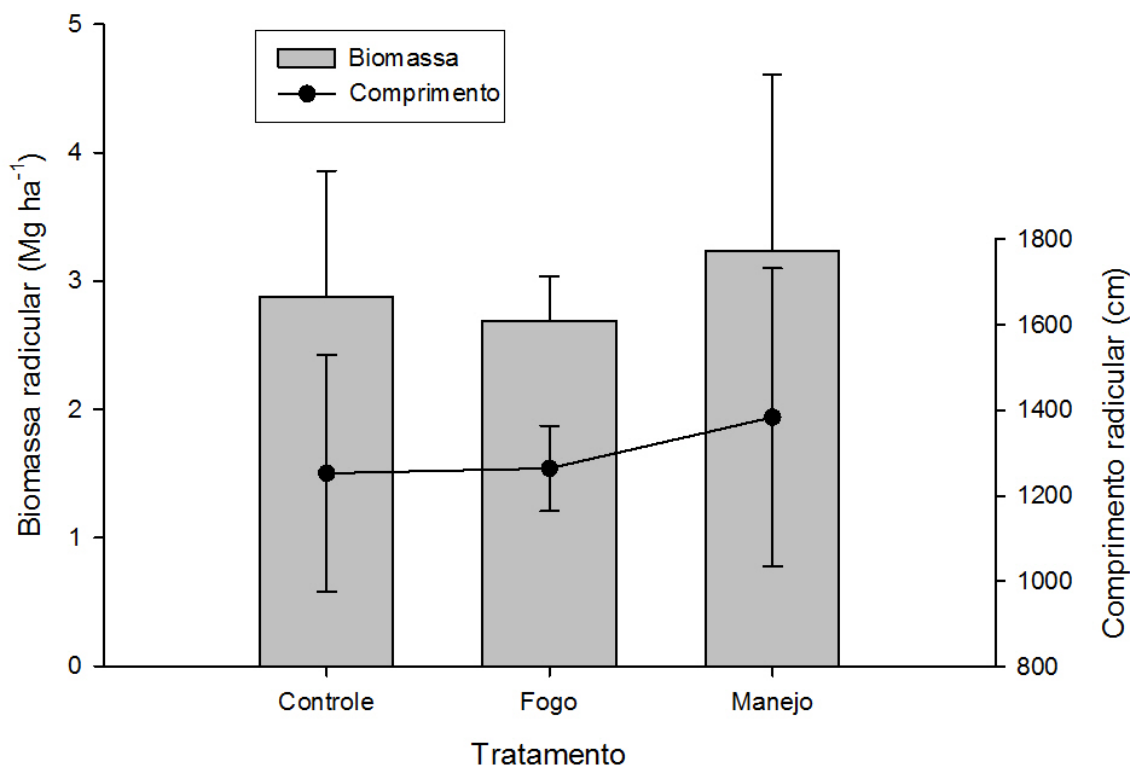


Figura 12 – Biomassa e comprimento de raízes finas (menores que dois milímetros de diâmetro), na primeira coleta realizada em novembro de 2010, por tratamento, controle (C), fogo (F) e manejo (M). As barras verticais mostram o erro padrão.

Nas coletas seguintes, houve decréscimo contínuo de raízes seja em biomassa ou comprimento devido aos meses de seca (Figura 13). A partir de outubro, com as chuvas, foi possível visualizar uma tendência de crescimento (figura 13 A). O mês de coleta foi sempre significativo para determinar os valores, mas em nenhum deles houve diferença significativa entre tratamentos.

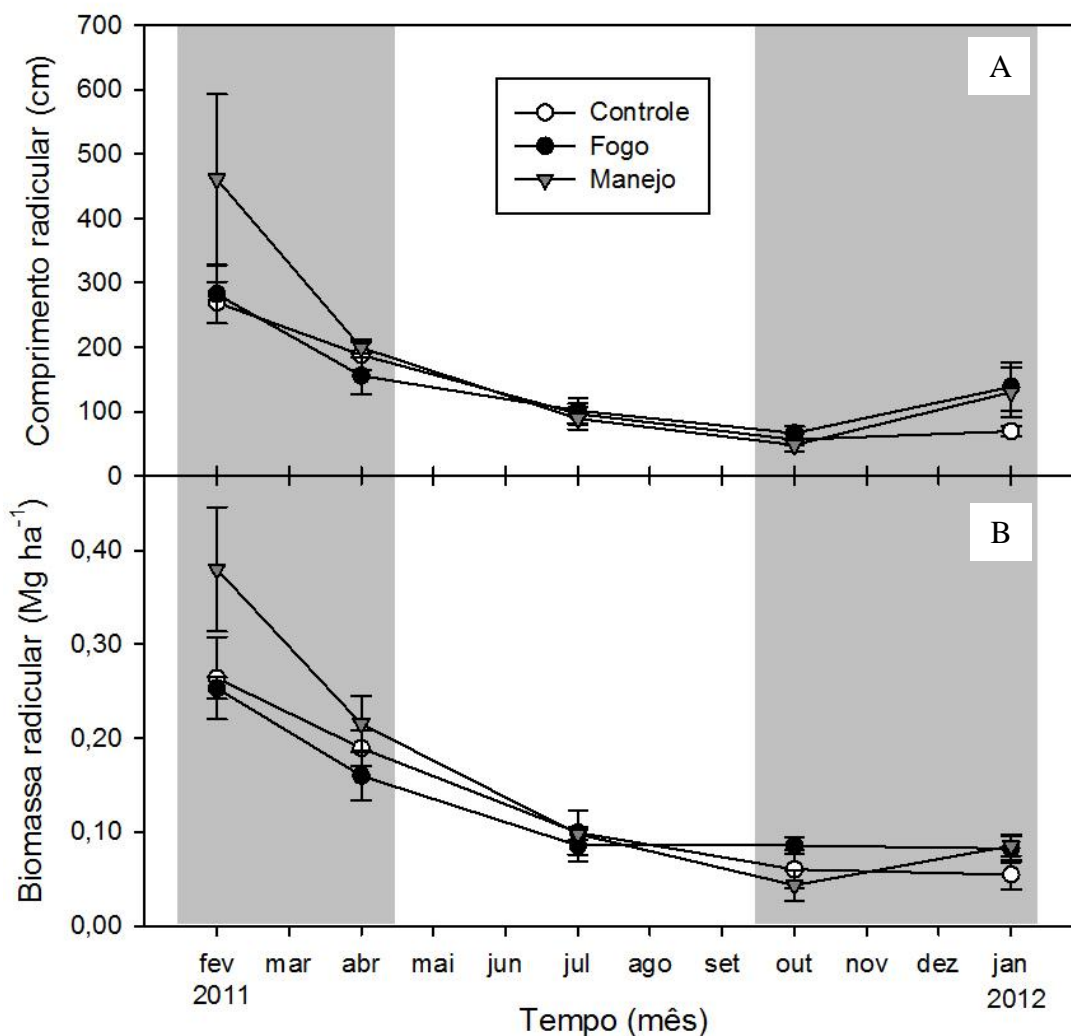


Figura 13 – Comprimento (A) e biomassa de raízes finas (B), menores que dois milímetros de diâmetro de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012 para os tratamentos controle (C), fogo (F) e manejo integrado (M).

3.3 Carbono orgânico do solo

Nos resultados das análises estatísticas do carbono orgânico do solo, foi encontrada heterocedasticidade relacionada à profundidade amostrada, sendo

esse padrão incluído no modelo estatístico. Para os parâmetros analisados não houve efeito significativo de tratamento, mas houve efeito de profundidade para todos (Tabela 5).

Tabela 5 - Resultados das análises estatísticas, com valores do teste razão de verossimilhança e para carbono do solo: total, fração particulada, fração associada aos minerais e estoque. Para todos os parâmetros a profundidade foi significativa, indicado pelo asterisco.

Variável Dependente	Variável Independente	Razão de Verossimilhança
carbono orgânico total	tratamento : profundidade	5,030
	tratamento	1,171
	profundidade	58,358*
carbono orgânico particulado	tratamento : profundidade	4,959
	tratamento	5,492
	profundidade	46,953*
carbono orgânico minerais	tratamento : profundidade	5,365
	tratamento	3,349
	profundidade	19,574*
estoque de carbono	tratamento : profundidade	4,213
	tratamento	0,040
	profundidade	52,775*

Os teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM) não mostraram diferença significativa entre tratamentos, porém houve diferença significativa entre profundidades para todos os parâmetros (Figura 14).

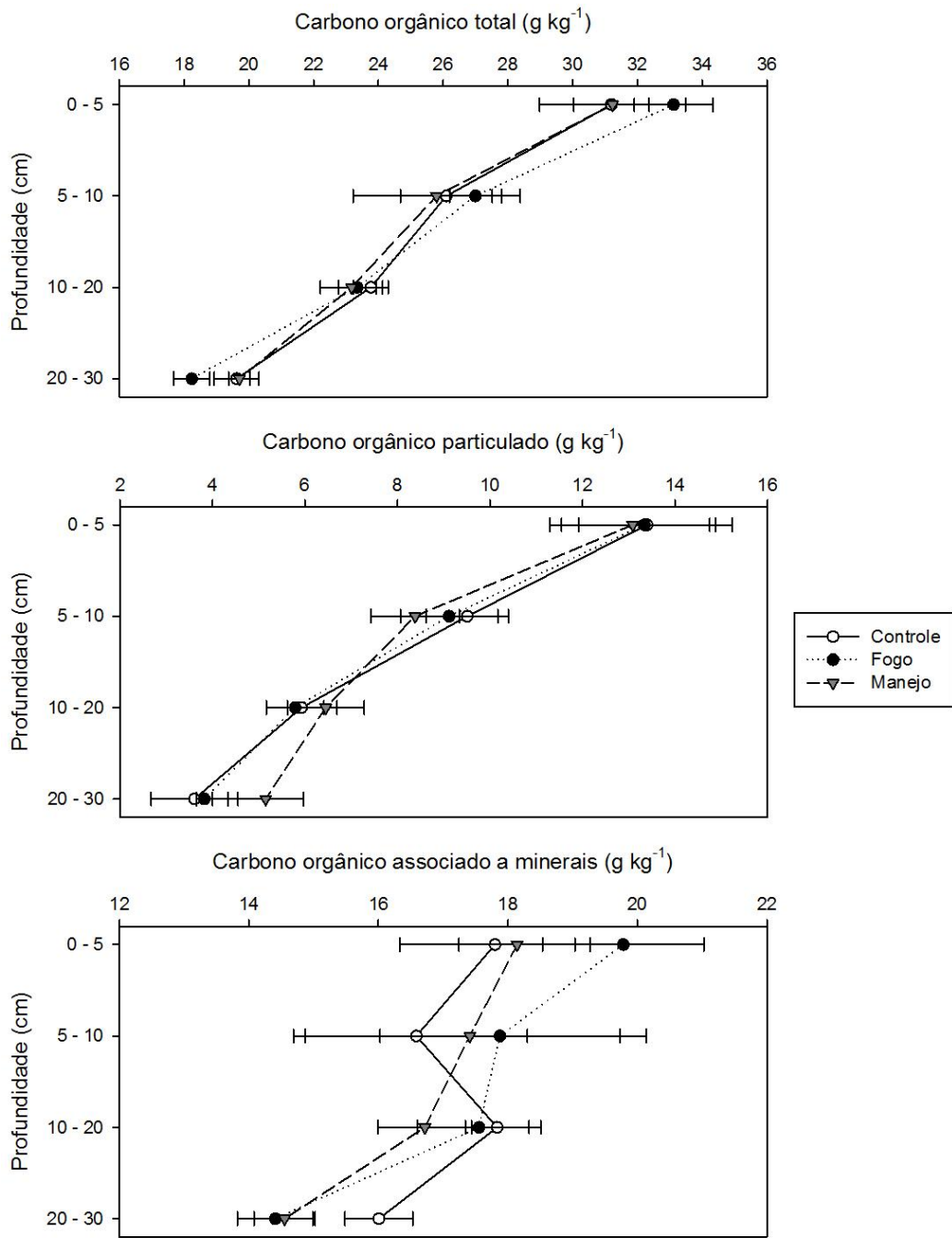


Figura 14 – Teor de Carbono Orgânico Total, Carbono Orgânico Particulado e Carbono Orgânico Associado aos Minerais (g kg^{-1}), de acordo com a profundidade nos três tratamentos controle (C), fogo (F) e manejo (M). As barras horizontais em cada ponto indicam o erro padrão.

De modo geral, quanto maior a profundidade, menor foi o teor de carbono encontrado. As duas frações de COT, quando plotadas em conjunto, mostram um padrão de distribuição, segundo a qual a proporção relativa de COAM aumenta sempre com o aumento da profundidade para todos os tratamentos. Da profundidade de 0-5cm para 20-30cm, o controle aumentou de 57% para 82%; o fogo de 60% para 79%; e manejo de 58% para 74% (Figura 15)

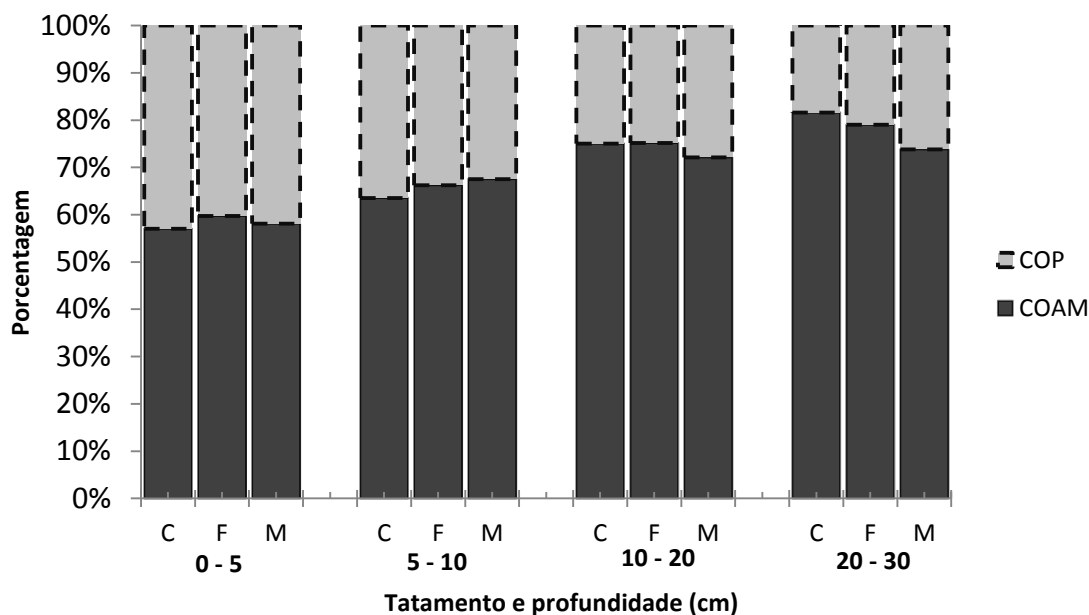


Figura 15 – Proporção entre os teores das frações carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais COAM.

Os estoques de carbono mostraram o mesmo padrão de decréscimo de valor de acordo com o aumento da profundidade. Houve decréscimo de aproximadamente 28Mg/ha na profundidade de 0-10cm para 23 Mg/ha de 10-20cm e finalmente para 18 Mg/ha de 20-30cm (Figura 16).

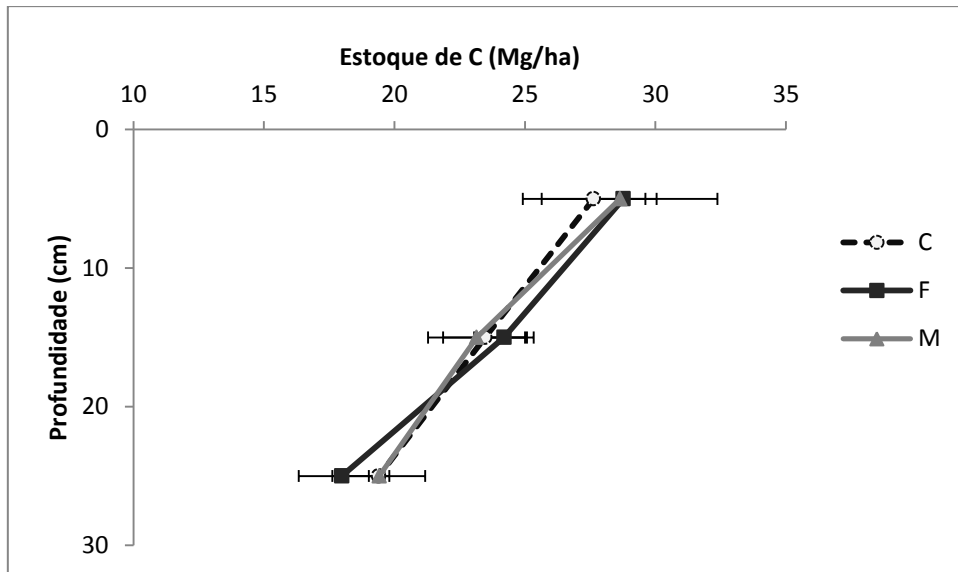


Figura 16 – Estoques de C em Mg/ha de acordo com o tratamento e as profundidades de 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm.

4 Discussão

Em ambientes com forte sazonalidade pluviométrica, como o cerrado, a drenagem e a capacidade do solo de reter umidade são controlados principalmente pela textura, estrutura e profundidade do perfil (Eiten, 1972). O Latossolo vermelho sob a vegetação de cerrado ralo invadido por *M. minutiflora* do PNB apresentou textura argilosa e franco-argilosa. Isso permite ao solo, juntamente com sua estrutura física, ser bem drenado e reter umidade. Os resultados mostram que o mês de abril de 2010 apresentou somente 69,5mm de precipitação, em comparação com os 180,8mm em média dos três meses anteriores. Mas apesar da baixa pluviosidade para o mês, o conteúdo gravimétrico de água teve média muito próxima a 40%, valor semelhante aos 41% de março. Isso se deve a capacidade do solo em reter umidade. Já em outubro, depois de seis meses com baixa precipitação, mesmo os 263,9mm de precipitação não foram suficientes para aumentar o conteúdo gravimétrico de água. Essas primeiras chuvas foram absorvidas rapidamente e os valores próximos a 40% voltaram a ser apresentados somente em novembro. Não houve diferença entre tratamentos em relação ao conteúdo gravimétrico de água.

Outra propriedade física analisada neste trabalho e que não sofreu efeito com o manejo, foi a densidade do solo (Ds), que é a massa de solo seco por unidade de volume. (Brady & Weil, 2001). A densidade pode ser usada como um parâmetro da condição estrutural geral de um determinado solo. A densidade da maioria dos solos varia de 1 Mg m⁻³ a 1,6 Mg m⁻³. Solos com baixos valores de densidade, ou seja, com menos de 1 Mg m⁻³, tem volume de espaço poroso que constituem mais de 50% do seu volume total, apresentando portanto rápida infiltração e percolação, mas com retenção de água (Fageria & Stone, 2006). Os valor máximo de densidade do solo encontrada neste trabalho foi de 1,04 Mg m⁻³ (o mesmo que g cm⁻³) e a mínima de 0,95 Mg m⁻³. Os resultados mostram, portanto que não houve diferença significativa entre tratamentos e que o manejo integrado foi eficiente em eliminar o *M. minutiflora* sem alteração dessa propriedade física. Isso é um resultado esperado visto que não houve utilização de máquinas e o pisoteio na área foi evitado ao máximo, com demar-

cação de trilhas fora da área útil das parcelas. Os pontos de coleta escolhidos foram em manchas de vegetação na qual não houve pisoteio.

Os resultados de biomassa total coletada em 2005 (Martins, 2006) mostram que as parcelas controle apresentaram em média 6,7 Mg/ha, fogo 4,5 Mg/ha e manejo 3,5 Mg/ha. No ano de 2008 houve aumento de biomassa em todos os tratamentos sendo 7,1 Mg/ha para C, 7,0 Mg/ha para F e 5,0 Mg/ha para M. Para fogo e manejo a biomassa de *M. minutiflora* foi maior que 2 Mg/ha e no tratamento manejo foi zero (Martins, dados não publicados).

Apesar de possuir menos biomassa aérea e de não apresentar manchas de *M. minutiflora* em suas parcelas, o manejo integrado não apresentou diferenças significativas de biomassa subterrânea e carbono do solo.

O estoque de carbono de 0-20cm de profundidade ficou próximo a 51 Mg ha⁻¹, um valor menor quando comparado com cerrado denso encontrado por Castro 1996 ~57 Mg ha⁻¹ (Castro, 1996) e um cerrado sentido restrito na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília 59,7 Mg ha⁻¹ (Paiva & Faria, 2007)

A conservação do solo é importante para a manutenção de sua qualidade, que depende basicamente de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Um solo de qualidade não só aumenta a produtividade em terras agrícolas, mas também contribui como mais um fator para o equilíbrio do ecossistema, seja em áreas de cultivo ou em remanescentes de vegetação nativa. Essas propriedades supracitadas podem ser modificadas ou melhoradas por meio das práticas de manejo, embora algumas propriedades, tais como profundidade, declividade, textura, e mineralogia, que são fatores determinantes para suas características, são muito pouco ou nada modificadas com o manejo do solo e vegetação (Fageria & Stone, 2006).

A textura descreve o tamanho das partículas no solo e em qual proporção elas ocorrem. Em conjunto, a textura e a estrutura ajudam a determinar a habilidade que os solos têm de conter e conduzir ar, água e outras substâncias (Brady & Weil, 2001). Saber a proporção entre argila, silte e areia é o primeiro passo na tentativa de descrever os fenômenos relacionados ao solo. Quando comparamos a mesma massa de argila e areia, a argila apresenta área superficial milhares de vezes maior que a areia. Por esse motivo, solos argilosos

apresentam mais área de contato para adsorção de água e outras substâncias em relação a solos com teores inferiores de partículas.

A textura é uma propriedade física que está diretamente relacionada às propriedades químicas, por isso também é referida como uma propriedade físico-química. Ela não é afetada pelo manejo do solo ou da vegetação. A textura influencia a capacidade de retenção de água, as taxas de percolação, a infiltração, a aeração e, por consequência, o crescimento das plantas. O conteúdo gravimétrico de água, que estima a umidade do solo, está relacionado diretamente com a precipitação, o tipo de solo e vegetação do local. Solos grosseiros têm baixa capacidade de retenção de água, já solos francos têm geralmente densidade intermediária, boa agregação, boa taxa de infiltração e nenhum impedimento à drenagem (Fageria & Stone, 2006).

Araújo *et al* (2007) encontraram valores de densidade do solo em cerrado sentido restrito na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, nas mesmas profundidades desse trabalho, que variaram de 0,75 Mg m⁻³ a 0,83 Mg m⁻³. Os autores compararam esse valores de cerrado nativo com diferentes usos do solo e verificaram diferenças significativas para a profundidade de 0-5cm nas áreas de pastagem e plantio convencional, que apresentaram os maiores valores de Ds, como resultado do pisoteio de animais e trânsito de máquinas.

Textura e umidade do solo estão fortemente relacionadas entre si, e esses dois fatores por sua vez têm efeito direto no crescimento de raízes, biomassa aérea e teor de MOS. O teor de argila pode alterar a umidade do solo, o que, por sua vez, afeta tanto a decomposição do carbono orgânico do solo (COS) quanto à entrada de carbono pela produtividade da vegetação (McLauchlan 2006). Mudanças na umidade e disponibilidade de nutrientes podem levar a mudanças no crescimento de raízes. Além disso, a seca claramente causa o decréscimo na taxa de extensão do comprimento da raiz (Pregitzer *et al*, 2000).

Silva & Haridasan (2007) encontraram maior biomassa aérea viva de *M. minutiflora* no Parque Nacional de Brasília, quando comparada com gramíneas nativas, apenas na época de sua floração, no período de seca e no início da estação chuvosa. Não foi verificada diferença significativa na quantidade de biomassa aérea morta em pé entre as nativas e a invasora. Na comparação, a

variação sazonal foi semelhante entre elas. Martins *et al.* (2011), por outro lado, no mesmo local do presente estudo, encontraram o dobro de biomassa aérea de *M. minutiflora* quando comparada com as nativas em áreas onde o índice de infestação da invasora era superior a 98%. Hoffmann & Haridasan (2008) em estudo conduzido na Reserva Ecológica do IBGE-DF, encontraram mais que o dobro (147%) de biomassa de *M. minutiflora* quando compararam parcelas dominadas por essa gramínea com parcelas de gramíneas nativas.

Rodin (2004) encontrou resultados semelhantes ao avaliar diferenças de biomassa subterrânea em áreas de cerrado nativo e pastagem plantada. Os três ecossistemas nativos estudados foram cerrado denso, cerrado sentido restrito e campo sujo. A pastagem era formada pela gramínea africana *Brachiaria brizantha*. Essa autora encontrou valores semelhantes de biomassa de raiz fina entre os quatro diferentes sistemas. Já a biomassa subterrânea grossa (diâmetro > 2mm) foi a fração que apresentou a maior contribuição para a biomassa total do ecossistema e foi significativamente diferente, sendo maior naqueles onde havia maior densidade de vegetação lenhosa.

Por outro lado, Guo *et al* (2007) encontraram diferenças entre biomassa de raízes finas sob coberturas vegetais diferentes. Nas pastagens nativas, a massa de raízes finas foi 36% maior e comprimento nove vezes maior do que na plantação de pinus. Muito menos raízes compridas são produzidas e a taxa com que essas raízes são renovadas também foi menor na plantação, tomando por base as observações da dinâmica de raízes com minirhizotrons.

Bustamante e colaboradores (2012), utilizaram as mesmas técnica do presente estudo, em cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do IBGE – DF e encontraram padrões de dinâmica de crescimento de raízes parecidos, com decréscimo dos valores de biomassa no período de seca. Os autores encontraram aproximadamente 2,6 g de biomassa de raízes nas parcelas controle para a primeira coleta realizada. Esse valor é mais que o dobro (2,6 vezes) do que o encontrado neste estudo (1,1g). A biomassa aérea encontrada por Bustamante *et al.* (2012) foi cerca de 5 Mg ha⁻¹, enquanto no PNB foi encontrada 7 Mg ha⁻¹). Neste trabalho Bustamante *et al.* (2012) estudaram o efeito do aumento da disponibilidade dos nutrientes cálcio, nitrogênio, fósforo e fósforo mais nitrogênio (Ca, N, P e N+P) na diversidade de espécies e biomassa do estrato herbáceo. Foi constatado que as parcelas com fósforo, seja sozinho (P)

ou em combinação com nitrogênio (N+P), apresentou aumento da probabilidade de ocorrência da espécie invasora *M. minutiflora* e redução do investimento em raízes finas, devido a maior disponibilidade de nutrientes.

Castro-Neves (2007) avaliou o efeito de quatro diferentes regimes de queima sobre a vegetação do cerrado. Seu trabalho fez parte do projeto fogo realizado pela Universidade de Brasília, em parceria com a Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com o objetivo de avaliar os efeitos de queimadas prescritas na vegetação do Cerrado. Três queimadas controladas foram realizadas a cada dois anos nos meses de junho, agosto e setembro e a última a cada quatro anos no mês agosto. Os resultados mostram diferença entre áreas apenas na parte aérea, o que indica que o regime de fogo não traz diferenças entre áreas para a biomassa de raízes finas. Neste trabalho, foram consideradas raízes finas aquelas com diâmetro igual ou menor que cinco milímetros.

Uma característica marcante do cerrado é a alta proporção de biomassa subterrânea em comparação com a biomassa aérea (Haridasan 2000). A proporção de raízes finas, com diâmetro menor que dois milímetros é maior no cerrado, se comparado com outros ecossistemas, principalmente florestas. Essa diferença provavelmente seja devido a presença de estrato herbáceo contínuo (Abdala *et al*, 1998). Essa também parece ser a razão de não haver diferenças significativas entre a quantidade de raízes finas encontradas nesse trabalho ou para Rodin (2004) e Castro-Neves (2007), apesar das diferenças de cobertura vegetal e frequências de queimadas.

A produtividade primária alocada abaixo do solo é frequentemente maior do que a alocada acima do solo e a entrada anual de nutrientes para o solo através de raízes finas muitas vezes se iguala ou ultrapassa a de folhas. Raízes também são um proeminente estoque de C adquirido pela produtividade primária líquida (Jackson *et al*, 1997). Raízes finas frequentemente contribuem para a maior parte da produtividade abaixo da superfície do solo e sua expectativa de vida varia de semanas a anos, dependendo da espécie e das condições ambientais (Jackson *et al*, 1996).

As gramíneas apresentam grande potencial de fornecimento de carbono ao solo, por apresentarem sistema radicular extenso, que é constantemente renovado (Rossi *et al*, 2012). Em ecossistemas com predomínio de estrato her-

báceo, as raízes são a principal contribuição de carbono orgânico no solo. O COP é uma fração lábil e apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos, sendo que é tida como uma fração relativamente sensível a manejos do solo. Acessar as frações particuladas e associada aos minerais é uma abordagem para entender a dinâmica da MOS (Bayer *et al*, 2002).

Por ser mais lábil, o COP pode ser rapidamente decomposta, constituindo-se, portanto em uma reserva frágil de carbono do solo. A diminuição dessa fração pode significar aumento das emissões de CO₂ (Figueiredo, 2009). A alta proporção de COP encontrada no solo do PNB sob invasão do *M. minutiflora* (aproximadamente 40% na profundidade de 0-5 cm), merece atenção em relação ao manejo a ser adotado. A taxa de sequestro de C pela conversão de terras em sistemas conservativos é geralmente mais lento do que a taxa de depleção de C devido à conversão de áreas nativas para agricultura ou manejos inadequados. As perdas de carbono do solo, portanto são rápidas e drásticas, mas os ganhos são lentos e variáveis (Lal *et al*, 2006).

Conforme constatado, não houve mais entrada de C por biomassa de raízes finas, em nível de comunidade, portanto o balanço se manteve sem alteração, apesar do manejo da vegetação. Com isso, é possível entender a diferença não significativa do carbono do solo entre tratamentos.

5 Conclusões

O *M. minutiflora* compete de maneira eficiente em relação à vegetação nativa de cerrado sentido restrito do Parque Nacional de Brasília. As hipóteses formuladas foram:

1 – o solo das parcelas controle e fogo (com presença de *M. minutiflora*) terão maior biomassa de raízes que as parcelas manejo integrado;

2 – o solo das parcelas controle e fogo terão mais C orgânico particulado do que o solo das parcelas manejo;

3 – as raízes da parcela com tratamento controle e fogo apresentarão maior capacidade de recolonizar o solo e parâmetros morfométricos maiores (comprimento e área) em comparação com o tratamento manejo integrado.

Após oito anos da primeira intervenção realizada, nenhum resultado deste trabalho indica diferenças significativas entre os manejos adotados. A biomassa subterrânea, o crescimento de raízes, a densidade aparente, o conteúdo gravimétrico de água, o COT, o COP, o COAM e o estoque de carbono não foram afetados. O manejo integrado que vem sendo realizado (Martins, 2006) foi eficiente em eliminar o *M. minutiflora*, manter a dinâmica de raízes e as propriedades do solo analisadas.

6 Referências bibliográficas

- Abdala, G.C., Caldas, L.S., Haridasan, M. & Eiten, G. (1998) Above and below-ground organic matter and root: shoot ratio in a cerrado in central Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, **2**, 11–23.
- Araújo, R., Goedert, W.J. & Lacerda, M.P.C. (2007) Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **31**, 1099–1108.
- Barbosa, E.G. (2009) *Eficiência do manejo no controle de duas espécies de gramíneas invasoras em cerrados paulistas*. Dissertação mestrado, 1-83 São Paulo-SP.
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J. & Pavinato, A. (2004) Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **39**, 677–683.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Martin-Neto, L. & Ernani, P.R. (2002) Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil*, **238**, 133–140.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. (2001). *The Nature and Properties of Soils*, 13^a ed pp. 75–120. 1-960. New Jersey.
- Bustamante, M.M. da C., Brito, D.Q., Kozovits, A.R., Luedemann, G., Mello, T.R.B., Siqueira Pinto, A., Munhoz, C.B.R. & Takahashi, F.S.C. (2012) Effects of nutrient additions on plant biomass and diversity of the herbaceous-subshrub layer of a Brazilian savanna (Cerrado). *Plant Ecology*, **213**, 795–808.
- Cambardella, C.A. & Elliott, E.T. (1992) Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, **56**, 777–783.
- Castro, E.A. de. (1996) *Biomass, Nutrient Pools and Response to Fire in the Brazilian Cerrado*. Oregon State University.
- Castro-Neves, B.M. (2007) *Efeito de queimadas em áreas de cerrado stricto sensu e da biomassa de raízes fina*. 1-82. Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- Christensen, B.T. (2002) Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, **52**, 345–353.
- Conway, T. & Tans, P. (2012) Trends in Carbon Dioxide, Disponível em <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>. Acessado em jul/2012

- Donagena, G.K., Campos, D.V.B. de, Calderano, S.B., Teixeira, W.G. & Viana, J.H.M. (2011) *Manual de métodos de análise de Solos. Documentos 132*, 2 ed. Embrapa solos, Rio de Janeiro - RJ.
- D'Antonio, C.M. & Vitousek, P.M. (1992) Biological Invasions by Exotic Grasses, the Grass/Fire Cycle, and Global Change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **23**, 63–87.
- Eiten, G. (1972) The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical review*, **38**, 201–341.
- Fageria, N.K. & Stone, L. fernando. (2006) Qualidade do solo e meio ambiente, 35.
- Farias, M.F.R., Carvalho, Ana Paula Ferreira de Martins, É. de S., Júnior, O.A. de C., Adriana, R. & Gomes, R.A.T. (2008) *Levantamento de solos do parque nacional de Brasília, Escala 1:50.000*, 1ª ed. Embrapa Cerrados, Planaltina - DF.
- Felfili, J.M. & Silva Júnior, M.C. (1993) A comparative study of cerrado sensu stricto vegetation in Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, **9**.
- Fernandes, F.A. & Fernandes, A.H.B.M. (2008) Comunicado Técnico: Cálculo dos estoques de carbono do solo sob diferentes condições de manejo., 1-4.
- Figueiredo, C.C. (2009) *Compartimentos Da Matéria Orgânica Do Solo Sob Diferentes Sistemas De Manejo e Vegetação Natural Do Cerrado*. Universidade Federal de Goiás.
- Forzza, R.C., Baumgratz, José Fernando A. , Bicudo, C.E.M., Canhos, D.A.L., Carvalho Jr, A.A., Costa, A., Costa, D.P., Hopkins, M., Leitman, P.M., Lohmann, L.G., Lughadha, E.N., Maia, L.C., Martinelli, G., Menezes, M., Morim, M.P., Coelho, M.A.N., Peixoto, A.L., Pirani, J.R., Prado, J., Queiroz, L.P., Souza, S. de, Souza, V.C., Stehmann, J.R., Sylvestre, L.S., Walter, B.M.T. & Zappi, D. (2010) *Catálogo de plantas e fungos do Brasil - Volume 1*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ.
- Guo, L.B., Wang, M. & Gifford, R.M. (2007) The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation. *Plant and Soil*, **299**, 251–262.
- Haridasan, M. (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **12**, 54–64.
- Hoffmann, W.A. & Haridasan, M. (2008) The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*, **33**, 29–36.

- Hughes, F. & Vitousek, P.M. (1993) Barriers to shrub reestablishment following fire in the seasonal submontane zone of Hawai'i. *Oecologia*, **93**, 557–563.
- IBGE. (2004) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de biomas do Brasil., Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169. Acessado em jul/2012
- ICMBIO. (2012) Parna de Brasília, Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2095-parna-de-brasilia>. Acessado em jul/2012
- Jackson, R.B., Canadell, J., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E. & Schulze, E.D. (1996) A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, **108**, 389–411.
- Jackson, R.B., Mooney, H.A. & Schulze, E.-D. (1997) A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **94**, 7362–7366.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. (2005) Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation Biology*, **19**, 707–713.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. & Rubel, F. (2006) World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, **15**, 259–263.
- Lal, R., Cerri, C.C., Bernoux, M., Etchevers, J. & Cerri, E. (2006) *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. New York.
- Martins, C.R. (2006) *Caracterização e Manejo Da Gramínea Melinis Minutiflora P. Beauv. (Capim-gordura): Uma Espécie Invasora Do Cerrado*.
- Martins, C.R., Hay, J.D.V. & Carmona, R. (2009) Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro-características de sementes e estabelecimento de plântulas. *Revista Árvore*, **33**, 713–722.
- Martins, C.R., Hay, J.D.V., Walter, B.M.T., Proença, C.E.B. & Vivaldi, L.J. (2011) 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*, **34**, 73–90.
- McLauchlan, K.K. (2006) Effects of soil texture on soil carbon and nitrogen dynamics after cessation of agriculture. *Geoderma*, **136**, 289–299.
- Mendonça, R.S., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva Júnior, M.C., Rezende, A.V., Filgueira, T.S. & Nogueira, P.E. (2008) Flora Vascular do Cerrado. *Cerrado: Ecologia e Flora*

- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**, 853–858.
- Oliveira, M. do R.G., M, van N., Gaze, S.R., Brouwer, G., Bona, S., Mosca, G. & Hairiah, K. (2000) Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. *Root methods: a handbook* pp. 175–210. Berling.
- Paiva, A.O. & Faria, G.E. (2007) Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. *Revista Trópica–Ciências Agrárias e Biológicas*, **1**, 59.
- Parsons, J.J. (1972) Spread of african pasture grasses to the american tropics. *Journal of Range Management*, **25**, 12–17.
- Parton, W.J., Stewart, J.W.B. & Cole, C.V. (1988) Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochemistry*, **5**, 109–131.
- Pillon, C.N., Mielniczuk, J. & Ladislau, M.N. (2002) Métodos de fracionamento e caracterização da matéria orgânica do solo. Embrapa clima temperado. Documentos 106.
- Pivello, V.R. & Freitas, G.K. (2005) A ameaça das gramíneas exóticas à biodiversidade. *O cerrado Pé-de-Gigante. Parque estadual de Vassununga. Ecologia e Conservação*, 233–248.
- Pregitzer, K.S., King, J.S., Burton, A.J. & Brown, S.E. (2000) Responses of tree fine roots to temperature. *New Phytologist*, **147**, 105–115.
- RECOR. (2011) Reserva Ecológica do IBGE, Disponível em: <http://www.recor.org.br/index.php/conheca-recor/cerrado>. Acessado em jul/2012
- Reatto, A., Correia, J.R., Spera, S.T. & Martins, É. de S. (2008) Solos do Bioma Cerrado. Aspectos pedológicos. *Cerrado: Ecologia e Flora*, 1^a (eds S.M. Sano, S.P. de Almeida & J.F. Ribeiro), 109–149. Embrapa Cerrados, Brasília-DF.
- Reatto, A. & Martins, É. de S. (2005) Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. *Cerrado: Ecologia Biodiversidade e Conservação*, 49–59. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *Cerrado Ambiente e Flora* pp. 89–166. Embrapa Cerrados, Planaltina - DF.
- Rodin, P. (2004) *Distribuição da biomassa subterrânea e dinâmica de raízes finas em ecossistemas nativos e uma pastagem plantada no Cerrado do Brasil Central*, 1-97.

- Rogner, H.-H., Dadi, Z., Bradley, R., Crabbé, P., Edenhofer, O., Hare, B., Kuipers, L. & Yamaguchi, M. (2007) Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Introduction. *Adapting to climate change: an international perspective* pp. 95–116. Cambridge University Press.
- Roscoe, R. & Machado, P.L.O. de A.P.L.O. de A. (2002) *Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica*, 1^a. Embrapa Solos, Dourados - RJ.
- Rossi, C.Q., Pereira, M.G., Giácomo, S.G., Betta, M. & Polidoro, J.C. (2012) Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. *Revista Ciência Agronômica*, **43**, 38–46.
- Santos, H.G. dos, Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C. dos, Oliveira, V.Á. de O., Oliveira, J.B. de, Coelho, M.R., Lumbreras, J.F. & Cunha, T.J.F. (2006) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro - RJ.
- Santos, H.G. dos, Júnior, W. de C., Dart, R. de O., Ágilo, M.L.D., Souza, J.S. de, Pares, J.G., Fontana, A., Martins, A.L. da S. & Oliveira, A.P. (2011) *O novo mapa de solos do Brasil. Legenda atualizada. Documentos 130*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro - RJ.
- Saraiva, O.F., Carvalho, M.M. & Oliveira, F.T.T. de. (1993) Nutrientes limitantes ao crescimento de capim-gordura em um latossolo vermelho-amarelo álico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **28**, 963–968.
- Schulze, E.-D., Beck, E. & Müller-Hohenstein. (2002) *Plant Ecology*. Springer, Heidelberg - Germany, 1-702.
- Silva, F.C., Eira, P.A. da, Barreto, W. de O., Pérez, D.V. & Silva, C.A. (1998) *Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. Métodos usados na embrapa solos. Documentos N° 3*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro - RJ.
- Silva, J.S.O. & Haridasan, M. (2007) Acúmulo de biomassa aérea e concentração de nutrientes em *Melinis minutiflora* P. Beauv e gramíneas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, **30**, 341–350.
- Silva, A.C., Torrado, P.V. & Abreu Jr, J. de S. (1999) Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. *Revista da Universidade de Alfenas*, **5**, 21–26.
- Skerman, P.J. & Riveros, F. (1990) *Tropical Grasses. FAO Plant Production and Protection Series*. Roma. Google Livros. Disponível em http://books.google.com.br/books?id=tCydcW6MK60C&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acessado em jul/2012.

Williams, D.G. & Baruch, Z. (2000) African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological invasions*, **2**, 123–140.

Wittenberg, R. (ed) & Cock, M.J.W. (ed). (2001) *Invasive Alien Species: A toolkit of best prevention and management practices* -. Wallingford, Oxon, UK. Google Livros. Disponível em:
http://books.google.com.br/books?id=tCydcW6MK60C&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acessado em jul/2012.

Anexo

Autorização para atividades com finalidade científica número 25462-8



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 25462-8	Data da Emissão: 23/11/2011 10:04
Dados do titular	
Nome: Lucas Evangelista Gonçalves	CPF: 730.509.381-53
Título do Projeto: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE CERRADO: IMPACTOS SOBRE OS ESTOQUES E FLUXOS DE CARBONO NO SOLO	
Nome da Instituição : FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	CNPJ: 00.038.174/0001-43

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de raízes	09/2010	01/2011
2	Coleta de amostra de solo	09/2010	01/2012

De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES). Em caso de material consignado, consulte www.icmbio.gov.br/sisbio - menu Exportação.
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/gen .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.
9	As atividades contempladas nesta autorização NÃO abrangem espécies brasileiras constantes de listas oficiais (de abrangência nacional, estadual ou municipal) de espécies ameaçadas de extinção, sobreexplotadas ou ameaçadas de sobreexplotação.

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Felipe Pires Soares	Assistente de Campo	031.575.851-18	2783249 SSP-DF	Brasileira
2	José Carlos Souza Oliveira	Assistente de Campo	322.121.118-00	415791522 SSP-SP	Brasileira
3	Gilberto do Banho Cosac	Assistente de Campo	012.950.681-84	2286031 SSP-DF	Brasileira
4	Augusto Arcela	Assistente de Campo	000.279.541-88	2322295 SSP-DF	Brasileira
5	Marcus Vinicius Vitor Pereira	Assistente de Campo	016.790.911-82	2363175 SSP-DF	Brasileira
6	Carolina Rodrigues Gonzalez	Assistente de Campo	024.842.161-14	2511708 sspdf-DF	Brasileira
7	MARIA CAROLINA BEIRIZ SILVA	Assistente de Campo	034.924.061-22	2881603 SSP-DF-DF	Brasileira
8	Lucas Silva Costa	Assistente de Campo	041.137.771-01	2759658 SSP-DF	Brasileira
9	Alexandre de Siqueira Pinto	Co-orientador	578.252.621-15	1301906 SSP-DF	Brasileira

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 72873968



Página 1/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 25462-8	Data da Emissão: 23/11/2011 10:04
Dados do titular	
Nome: Lucas Evangelista Gonçalves	CPF: 730.509.381-53
Título do Projeto: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE CERRADO: IMPACTOS SOBRE OS ESTOQUES E FLUXOS DE CARBONO NO SOLO	
Nome da Instituição : FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	CNPJ: 00.038.174/0001-43

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	BRASILIA	DF	PARQUE NACIONAL DE BRASILIA	UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Coleta de material botânico, fungico ou microbiológico	Angiospermae (*Qtde: 1)

* Qtde. de indivíduos por espécie/localidade/unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

Material e métodos

1	Amostras biológicas (Plantas)	Raízes
2	Método de captura/coleta (Plantas)	Coleta manual

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	Depósito do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 72873968



Página 2/3



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 25462-8	Data da Emissão: 23/11/2011 10:04
Dados do titular	
Nome: Lucas Evangelista Gonçalves	CPF: 730.509.381-53
Título do Projeto: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE CERRADO: IMPACTOS SOBRE OS ESTOQUES E FLUXOS DE CARBONO NO SOLO	
Nome da Instituição : FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	CNPJ: 00.038.174/0001-43

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº154/2007, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 72873968



Página 3/3