

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Mayara Pierozzi

**Abundância e atividade metabólica da microbiota do solo da rizosfera de gramíneas
nativas e invasoras em áreas de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina, SP.**

São Carlos – SP

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

Mayara Pierozzi

Abundância e atividade metabólica da microbiota do solo da rizosfera de gramíneas nativas e invasoras em áreas de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina, SP.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Mirna Helena Regali-Seleghim

São Carlos – SP

2017

Pierozzi, Mayara

Abundância e atividade metabólica da microbiota do solo da rizosfera de gramíneas nativas e invasoras em áreas de cerrado na Estação Ecológica de Itirapina, SP. / Mayara Pierozzi. -- 2017.

105 f. : 30 cm.

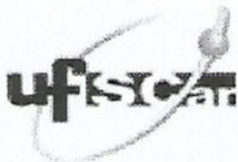
Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Dra Mirna Helena Regali Seleglim

Banca examinadora: Dr Marcos Rafael Gusmão, Dr Marcelo Mattos Cavallari, Dr Clovis Wesley O. de Souza, Dra Odete Rocha

Bibliografia

1. Bioinvasão. 2. Braquiária. 3. Capim gordura. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

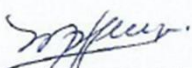


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

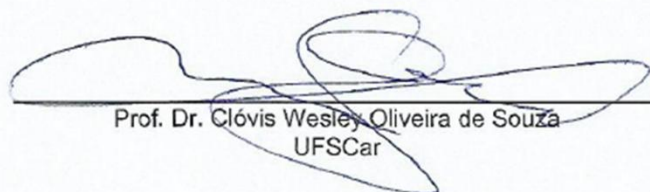
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Mayara Pierozzi, realizada em 12/09/2017:



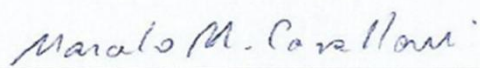
Profa. Dra. Mirna Helena Regali Seleglim
UFSCar



Profa. Dra. Odete Rocha
UFSCar



Prof. Dr. Clóvis Wesley Oliveira de Souza
UFSCar



Prof. Dr. Marcelo Mattos Cavallari
EMBRAPA



Prof. Dr. Marcos Rafael Gusmão
EMBRAPA

Dedico este trabalho aos meus pais Maria e Wilson, aos meus irmãos Maurício e Monise, e ao meu namorado Renato, por todo apoio, confiança, ensinamentos e pelo amor em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

A Deus, que sempre esteve ao meu lado, iluminando meu caminho e me protegendo.

À professora Dra Mirna pela orientação, incentivo, confiança e ensinamentos ao longo destes 8 anos trabalhando juntas.

À professora Dra Carolina Reigada Montoya por toda atenção, disposição, ajuda e ensinamentos.

À professora Dra Odete Rocha por toda atenção, disposição, ajuda e ensinamentos.

Ao Dr Marcos Rafael Gusmão, ao Dr Marcelo Mattos Cavallari, ao professor Dr Clovis Wesley O. de Souza e à professora Odete Rocha por aceitarem fazer parte da banca examinadora e pelas contribuições para conclusão desta tese.

À CAPES, pelo auxílio financeiro e a concessão da bolsa de doutorado.

Ao Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (DEBE), Laboratório de Ecologia de Microrganismos Aquáticos pela estrutura oferecida para a realização desta pesquisa.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais pela formação acadêmica, à Coordenação da Pós-Graduação e à Secretaria do Programa pelo apoio durante a realização do doutorado.

À técnica Darci Diniz da Consolação Javaroti (in memoriam), por todo auxílio em várias etapas deste trabalho, por ter sido fundamental na minha formação em laboratório e principalmente pela amizade, incentivo, confiança, carinho e por todo ensinamento inestimável.

À técnica Juriti Antônia Machado Milan, por todo auxílio laboratorial, ajuda e amizade, e ao Departamento de Hidrobiologia por disponibilizar a estrutura do laboratório.

A todos os funcionários do DEBE, em especial à secretária Edna Aparecida Petroneri Balbino, à técnica Carla Andrea Leite e ao técnico Luiz Aparecido Joaquim por todo auxílio durante as coletas e pela grande amizade.

À minha família por todo amor, incentivo e apoio. Em especial aos meus pais Maria e Wilson, meus irmãos Monise e Maurício, meus cunhados Larissa e Gabriel, minhas avós Agripina e Dorides e meu tio Roberto pela eterna confiança, carinho, atenção e apoio.

Ao meu amado namorado Renato, pelo amor, amizade, confiança, carinho, incentivo, uma gigantesca paciência, dedicação e ajuda em todos os momentos, principalmente para a realização deste trabalho. Obrigado por você estar presente na minha vida.

À minha segunda família por todo carinho, apoio e incentivo. Em especial aos meus futuros sogros Magali e Agnaldo, e cunhados João e Natália.

Às queridas amigas Josiane e Priscila pela amizade, apoio, carinho e paciência em todos os momentos.

Aos amigos(as) do laboratório: Bruna Vacondio, Adislaine, Karina, Caio, Mariana, Luciana, Helena e Zaryf pela amizade, incentivo e momentos de descontração.

E a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo de travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmo.”

(Fernando Pessoa)

Resumo

As invasões biológicas são consideradas a segunda maior causa de perda de diversidade biológica e invasões por gramíneas constituem um dos mais severos casos de invasões biológicas em formações vegetais nativas, modificando de forma intensa as características funcionais dos ecossistemas. Espécies invasoras modificam importantes processos ecossistêmicos em formações vegetais como a ciclagem dos nutrientes, decomposição e regime de queimadas. Segundo alguns autores as gramíneas invasoras podem alterar a microbiota do solo, de forma que esta desempenhe um papel de facilitadora para o estabelecimento das mesmas. Este estudo visou comparar a abundância e a atividade metabólica da microbiota no solo da rizosfera de gramíneas invasoras e de gramíneas nativas. A pesquisa foi realizada na Estação Ecológica de Itirapina, São Paulo, em quatro áreas, duas de campo cerrado e duas de campo sujo, onde foram realizadas duas coletas, uma em março e outra em setembro de 2015. Foi avaliado o solo da rizosfera de 3 espécies de gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix*, *Tristachya leiostachya*, e *Panicum* sp) e 3 espécies de gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora*, *Melinis repens* e *Urochloa decumbens*) tendo sido avaliadas a densidade de microrganismos (bactérias, fungos e protozoários), o conteúdo de carbono (C) e nitrogênio (N) da biomassa microbiana, a atividade metabólica (respiração microbiana) e um indicador da eficiência de incorporação de carbono na biomassa microbiana, o quociente metabólico. Foram realizadas medidas das características físicas (granulometria, temperatura) e químicas (pH, umidade, conteúdo de C, N e matéria orgânica total) no solo da rizosfera das espécies de gramíneas estudadas. Tanto para o campo cerrado quanto para o campo sujo foram obtidas diferenças significativas entre o solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras quanto à densidade de fungos, conteúdo de C e N da biomassa microbiana, C e N orgânico total e quociente metabólico. Os valores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e também C e N orgânico total do solo foram maiores para as gramíneas nativas quando comparadas às invasoras, e o quociente metabólico revelou altos valores para gramíneas invasoras quando comparados com as nativas, indicando que a microbiota na rizosfera das espécies invasoras tem menor eficiência na incorporação de carbono em sua biomassa o que pode ser consequência de alterações no solo da rizosfera das gramíneas exóticas invasoras.

Palavras-chave: bioinvasão, *Urochloa decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Melinis repens*, bactérias, fungos, protozoários, quociente metabólico.

Abstract

Biological invasions are considered the second major cause of biodiversity losses and invasions by exotic grasses constitute one of the most severe cases of invasions in native plant formations, intensely modifying ecosystems functioning. Invasive species change important ecosystem processes such as nutrient cycling, decomposition and fire regimes. According to some authors invasive grasses can alter soil microorganisms, in such way that these become a facilitator to their establishment. This study aimed to compare the abundance and metabolic activity of soil microbiota in the rhizosphere of invasive and native grasses. The research was carried out in the Ecological Station of Itirapina, São Paulo, in four areas being two in “campo cerrado” and two in “campo sujo” plant formation. Two samplings were carried out in the year 2015, one in March, at the end of rainy season and other in September at the end of the dry season. Abundance of microorganisms (bacteria, fungi and protozoans), carbon (C) and nitrogen (N) content in the microbial biomass were quantitatively determined in the soil of the rhizosphere of three species of native (*Loudetiopsis chrysothrix*, *Tristachya leiostachya*, e *Panicum* sp.) and three species of invasive grasses (*Melinis minutiflora*, *Melinis repens* e *Urochloa decumbens*). The metabolic activity (microbial respiration) was measured and a metabolic quotient calculated as an indicator of the efficiency of carbon incorporation into microbial biomass. Physical and chemical characteristics of soil in the rizosphere of all species of grass studied were measured: granulometric soil fractions, temperature, pH, humidity, total C, N, and organic matter concentrations. Significant differences were found when comparing the soil from the rhizosphere of invasive and native grasses in both “campo cerrado” and “campo sujo” formations regarding Fungi density, total carbon and total N in the microbial biomass, total organic C and N in the soil and metabolic quocient. Values of carbon and nitrogen in microbial biomass and also total organic C and N in the soil were higher in native species than in invasive ones. Metabolic quotient values showed high values for invasive than for native grass species, thus indicating that the microbiota in the rhizosphere of invasive species has lower efficiency of carbon incorporation into their biomass, what appears to be a consequence of changes in the rhizosphere of exotic invasive grasses.

Key-words: bioinvasion, *Urochloa decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Melinis repens*, bacteria, fungi, protozoans, metabolic quocient.

Lista de Figuras

- Figura 1** Esquema simplificado do ciclo do nitrogênio no sistema solo – microbiota – planta.....8
- Figura 2** Esquema simplificado do ciclo do carbono no sistema solo – microbiota – planta.....9
- Figura 3** Mapa mostrando a localização das unidades de conservação do Estado de São Paulo, e destacando a unidade de conservação de Itirapina (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).....13
- Figura 4** Mapa da Unidade de Conservação de Itirapina, evidenciando a Estação Ecológica de Itirapina e a Estação Experimental (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).....14
- Figura 5** Mapa Pedológico com os pontos de coleta assinalados (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).....15
- Figura 6** Mapa de vegetação com os pontos de coleta (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 68, 2006).....17
- Figura 7** Balanço hídrico no solo da Estação Ecológica de Itirapina com base nos dados climatológicos do período de 1982-2003 (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 47, 2006).....18
- Figura 8-** Vista geral das áreas de campo cerrado da Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP, selecionadas para este estudo: a) campo cerrado área 1; b) campo cerrado área 2. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).....18
- Figura 9-** Vista geral das áreas de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP, selecionadas para este estudo: c) campo sujo área 1; d) campo sujo área 2. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).....19
- Figura 10-** Vista de algumas plantas de gramíneas nativas: a) *Loudetiopsis chrysothrix* (LC); b) *Tristachya leiostachya* (TL); c) *Panicum* sp (PS), na Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).....20
- Figura 11-** Vista de algumas plantas de gramíneas invasoras originárias da África: a) *Melinis minutiflora* (MM); b) *Urochloa decumbens* (UD); c) *Melinis repens* (MR).....21
- Figura 12** Temperatura máxima, média e mínima média mensal e pluviosidade mensal da Estação Ecológica de Itirapina do ano de 2015.....31

Figura 13 Pluviosidade e temperaturas diárias máxima, média e mínima no mês de março no ano de 2015. A linha tracejada na vertical marca o dia da coleta (25 de março de 2015).....32

Figura 14 Pluviosidade e temperaturas diárias máxima, média e mínima no mês de setembro no ano de 2015. A linha tracejada na vertical marca o dia da coleta (25 de setembro de 2015).....32

Figura 15 – Valores médios da densidade total de bactérias presentes no solo da rizosfera de plantas pertencentes a três espécies de gramíneas invasoras e três espécies de gramíneas nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....34

Figura 16 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de bactérias expressa em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) do ano de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....34

Figura 17 Valores médios de densidade total de fungos presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....36

Figura 18 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de fungos expressa em colônias por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) do ano de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....37

Figura 19 Valores médios da densidade total de protozoários ativos presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....38

Figura 20 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de protozoários ativos expressa em número de protozoários por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....39

Figura 21 Densidade de protozoários ativos por grupo taxonômico (Hymenostomatida, Hypotrichia, Colpodea, Pleurostomatida e Tecameba), expressa em número protozoários ativos por grama de solo para todas as espécies de gramíneas estudadas (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD), *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas as áreas (1 e 2), em ambas as coletas (“m” março e “s” setembro), sendo “a)” campo cerrado e “b)” campo sujo.....40

Figura 22 Número de morfoespécies de protozoários crípticos por grupo taxonômico (Hypotrichia, Hymenostomatida, Pleurostomatida, Heterotrichia, Gymnostomatida, Colpodea, Cyrtophorida, Suctorina, Tecameba, Ameba e Oligotrichia) presentes no solo da rizosfera para todas as espécies de gramíneas estudadas (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD), *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas as áreas (1 e 2), em ambas as coletas (“m” março e “s” setembro), sendo “a)” campo cerrado e “b)” campo sujo.....41

Figura 23 Valores médios de conteúdo carbono da biomassa microbiana presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....43

Figura 24 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão das concentrações de carbono da biomassa microbiana, expressas em mg/kg de solo da rizosfera das espécies de gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e das gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....43

Figura 25 Valores médios de conteúdo carbono orgânico total presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....45

Figura 26 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de carbono orgânico total expressa em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos no solo da rizosfera das gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e naquele das gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 para as quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....45

Figura 27 Valores médios de conteúdo nitrogênio da biomassa microbiana presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....47

Figura 28 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana expressa em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015, nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....48

Figura 29 Valores médios de conteúdo nitrogênio orgânico total presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....50

Figura 30 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de nitrogênio orgânico total expresso em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....50

Figura 31 Valores médios de respiração microbiana obtida no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....52

Figura 32 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da respiração da comunidade microbiana expressos em mg/100 cm³ de solo. São mostrados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 para as quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....52

Figura 33- Valores médios e respectivos desvios-padrão do quociente metabólico obtido para a comunidade microbiana do solo da rizosfera de três espécies de gramíneas invasoras e de três espécies nativas (I = invasoras e N = nativas) nas diferentes áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....54

Figura 34 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do quociente metabólico expresso em C-CO₂/C da biomassa microbiana, onde são apresentados os dados obtidos das gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e das gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.....55

Figura 35 Análise de componentes principais com as variáveis climatológicas (Tma. = temperatura máxima (°C); Tmi. = temperatura mínima (°C); Pluv. = precipitação

pluviométrica (mm); Um. Rel. = umidade relativa (%); Vel. Vento = velocidade do vento (m/s) e físico-químicas do solo (Tsolo = temperatura do solo (°C); Um. Solo = umidade do solo (%); pH = pH do solo; AG = areia grossa (%); AM = areia média (%); AF = areia fina (%), silte (%); argila (%); MO = matéria orgânica (%); NOT = nitrogênio orgânico total (mg/kg); COT = carbono orgânico total (mg/kg)) para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas os períodos de coleta (março = m e setembro = s), em ambas as fitofisionomias nas quatro áreas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).....57

Figura 36 Análise de componentes principais com os dados de atividade metabólica (CBM = carbono da biomassa microbiana (mg/kg); NBM = nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg); C-CO2 = respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo); qCO2 = quociente metabólico (C-CO2/carbono da biomassa microbiana) para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas os períodos de coleta (março = m e setembro = s), em ambas as fitofisionomias nas quatro áreas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).....58

Lista de Tabela

Tabela 1- Coleta de março de 2015: Dados climatológicos e parâmetros para as variáveis físicas e químicas do solo da rizosfera das espécies de gramíneas invasoras (<i>Melinis minutiflora</i> (MM), <i>Melinis repens</i> (MR) e <i>Urochloa decumbens</i> (UD)) e nativas (<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert (LC), <i>Tristachya leiostachya</i> Nees (Poaceae) (TL) e <i>Panicum sp.</i> (P)) nas quatro áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	29
Tabela 2 – Coleta de setembro de 2015- Parâmetros relativos às variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial) e variáveis físicas e químicas medidas no solo da rizosfera (temperatura, pH, conteúdo matéria orgânica e frações granulométricas das espécies de gramíneas invasoras (<i>Melinis minutiflora</i> (MM), <i>Melinis repens</i> (MR), <i>Urochloa decumbens</i> (UD)) e nativas (<i>Loudetiopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert (LC), <i>Tristachya leiostachya</i> Nees (Poaceae) (TL) e <i>Panicum sp.</i> (P)) nas quatro áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	30
Tabela 3. Densidade total de bactérias (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	35
Tabela 4 Densidade total de fungos (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	37
Tabela 5 Densidade total de protozoários ativos (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas nas 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	39
Tabela 6 Carbono da biomassa microbiana (ln) no solo da rizosfera de diferentes espécies de gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	44
Tabela 7 Concentrações de Carbono orgânico total (ln) no solo da rizosfera de diferentes espécies de gramíneas nativas e exóticas invasoras, em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	46
Tabela 8 Conteúdo de Nitrogênio da biomassa microbiana (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	48
Tabela 9 Conteúdo de Nitrogênio orgânico total (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	51
Tabela 10 Respiração microbiana (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).....	53

Tabela 11 Quociente metabólico (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1;	
CC2;	CS1
CS2).....	e 55

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1. Invasão biológica e seus efeitos em áreas de cerrado.....	1
1.2. Relações microbiota do solo – planta.....	3
1.3. Indicadores de qualidade do solo.....	5
1.4. Carbono e nitrogênio do solo.....	6
1.5. Microbiota do solo.....	9
2. Justificativa.....	11
3. Objetivos e hipóteses.....	11
3.1. Objetivo geral.....	11
3.2. Objetivos específicos.....	11
3.3. Hipóteses.....	12
4. Materiais e Métodos.....	12
4.1. Área de Coleta.....	12
4.2. Parâmetros ambientais da Estação Ecológica de Itirapina.....	22
4.2.1. Medidas de umidade e de pH do solo.....	22
4.2.2. Análise granulométrica do solo.....	23
4.3. Quantificação dos parâmetros microbiológicos da rizosfera das gramíneas.....	23
4.3.1. Densidades totais de bactérias e fungos.....	23
4.3.2. Densidade e diversidade de protozoários ativos.....	24
4.3.3. Diversidade críptica de protozoários.....	24
4.3.4. Conteúdo de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e carbono e nitrogênio orgânico total no solo.....	25
4.3.5. Respiração microbiana e quociente metabólico.....	26
4.4. Análise Estatística dos Dados.....	27
5. Resultados.....	28
5.1. Parâmetros ambientais.....	28
5.2. Quantificação dos parâmetros microbiológicos do solo na rizosfera das gramíneas.....	33
5.2.1. Densidade total de Bactérias.....	33
5.2.2. Densidade total de fungos.....	35
5.2.3. Densidade total de protozoários ativos e diversidade de protozoários ativos e crípticos.....	38

5.3.	Conteúdo de carbono.....	42
5.3.1.	Carbono da biomassa microbiana.....	42
5.3.2.	Carbono orgânico total.....	44
5.4.	Conteúdo de nitrogênio.....	46
5.4.1.	Nitrogênio da biomassa microbiana.....	46
5.4.2.	Nitrogênio orgânico total.....	48
5.5.	Respiração microbiana.....	51
5.6.	Quociente metabólico.....	53
5.7.	Análise de Componentes Principais.....	55
6.	Discussão.....	59
6.1.	Abundância de microrganismos.....	59
6.2.	Atividade metabólica e conteúdo de carbono e nitrogênio.....	61
7.	Conclusões.....	65
8.	Perspectivas Futuras.....	66
9.	Referências bibliográficas.....	68
10.	Apêndices.....	82

1. Introdução

1.1. Invasão biológica e seus efeitos em áreas de cerrado

Invasões biológicas são uma das principais causas de declínio da biodiversidade nas mais diversas comunidades (Williamson, 1999) afetando o funcionamento normal dos ecossistemas e conseqüentemente levando à redução dos serviços ecossistêmicos em todo o mundo (Pyšek e Richardson, 2010). É um processo aparentemente lento de degradação de ecossistemas causado pelo aumento populacional descontrolado de espécies animais ou vegetais, exóticas ao ambiente (Simberloff e Rejmánek, 2011). Em função dos impactos negativos sobre a diversidade biológica, o aumento crescente nos casos de invasões biológicas é um problema de grande relevância sob a ótica da conservação da estrutura funcional das comunidades e preservação das espécies nativas.

Por um lado, a homogeneização biótica causada pelo aumento do fluxo de organismos induzido pelo homem sugere que barreiras naturais de dispersão limitam de forma efetiva as invasões por várias espécies; por outro lado, é possível acompanhar em condições naturais, como os atributos das espécies (invasividade) (Rejmánek, 2011) e as características bióticas e abióticas das comunidades (invasibilidade) influenciam o sucesso das invasões (Tilman, 1997). Ainda que múltiplas causas possam explicar o sucesso de diferentes espécies invasoras em determinados ambientes, espera-se que algumas características sejam recorrentes tanto nas espécies invasoras quanto nas comunidades mais propensas à invasão (Elton, 1958; Van Kleunen *et al.*, 2010; Rejmánek, 2011).

Em comunidades consideradas estruturalmente complexas, geralmente descritas em função da riqueza de espécies, as invasões não seriam tão bem sucedidas porque as espécies se complementariam na forma de utilização dos recursos, deixando-os menos disponíveis às novas espécies (Elton, 1958, Tilman, 1997). Sendo assim, ambientes periodicamente perturbados seriam mais suscetíveis às invasões por apresentarem flutuações na disponibilidade de recursos que podem sustentar a colonização e estabelecimento de eventuais invasores (Davis *et al.*, 2000).

Porém, vários estudos demonstraram uma grande influência de fatores locais na invasibilidade, como a competitividade de espécies dominantes (Walker *et al.*, 2005), nível de estresse (Kreyling *et al.*, 2008) e a severidade do regime de perturbações (Nano e Clarke, 2010). A capacidade de uma determinada espécie se tornar invasora têm sido discutida por vários autores, principalmente no que diz respeito aos atributos que são comuns entre as espécies mais invasivas (Van Kleunen *et al.*, 2010). Características como curto período de tempo até a maturidade, rápidas taxas de crescimento vegetativo e grande produção de

sementes, ou reprodução vegetativa eficiente no caso de espécies clonais, são recorrentes para a maioria das plantas consideradas invasoras (Phillips *et al.*, 2010).

Apesar do processo de invasão por plantas frequentemente ser identificado simplesmente pela dominância de uma espécie na vegetação, geralmente alterações em processos do ecossistema causadas pela dominância de uma dada espécie invasora determinam o seu próprio sucesso, pois criam uma retroalimentação positiva que potencializa a sua persistência e expansão no ambiente causando danos às espécies nativas (D'Antonio e Vitousek, 1992).

Visando o aumento da produtividade pecuarista, as gramíneas africanas foram introduzidas em outras regiões tropicais para forrageamento devido à crescente demanda de proteína alimentar (Williams e Baruch, 2000). Algumas dessas espécies se comportam como invasoras e podem substituir diversas espécies nativas, geralmente em savanas tropicais (D'Antonio e Vitousek, 1992).

As maiores áreas cobertas pelas savanas na América do Sul ocorrem no Planalto Central do Brasil, e também há outras manchas descontínuas localizadas pelo país. No Brasil, as savanas são denominadas cerrado (Sarmiento, 1984). O cerrado constitui-se como uma unidade florística ao longo de um amplo espectro fisionômico, incluindo formações savânicas (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão) (Coutinho, 1978), campestres (campo úmido e campo rupestre) (Ribeiro e Walter, 1998) e florestais (florestas decíduas, semi-decíduas e ribeirinhas) (Ribeiro e Walter, 1998). É considerado um hotspot de biodiversidade segundo sua riqueza de espécies e alto endemismo (Myers *et al.*, 2000).

Castro e Kauffmann (1998) demonstram que várias espécies nativas apresentam características fisiológicas que lhes conferem sucesso na sobrevivência em ambientes com estresse hídrico ou em solos que apresentam baixa fertilidade. Contudo, algumas gramíneas africanas, principalmente *Melinis minutiflora*, *Urochloa decumbens* e *Hypparrhenia rufa*, tornaram-se muito frequentes em quase todas as áreas restantes de cerrado, geralmente deslocando as espécies nativas (Pivello *et al.*, 1999).

Da mesma forma que inúmeras gramíneas C4 africanas, *M. minutiflora* se adaptou às condições climáticas da América tropical, e no estado de São Paulo está presente na maior parte das áreas restantes de cerrado no Brasil, incluindo áreas reservadas à conservação (Pivello *et al.*, 1999). Os registros de invasão por *U. decumbens* são mais escassos do que os de *M. minutiflora* (Sun e Dickinson, 1996), mas no Brasil *U. decumbens* vem se destacando como uma espécie comum em áreas urbanas e uma potente invasora principalmente no

cerrado, causando neste uma descaracterização do componente herbáceo (Pivello *et al.*, 1999; Almeida-Neto *et al.*, 2010).

O estado de São Paulo possui proporcionalmente a menor cobertura de vegetação de cerrado em relação ao encontrado antes da colonização, e nele as invasões estão se intensificando com a pressão antrópica, principalmente devido à ocorrência de incêndios não-naturais e introdução de espécies exóticas (Pivello *et al.*, 1999; Durigan *et al.*, 2007).

A gramínea invasora *M. minutiflora* cresce vigorosamente nos solos pobres em nutrientes e ricos em alumínio do Cerrado (Gonçalves e Borges, 2006; Figueiras *et al.*, 2010), sendo que esta gramínea invadiu diversas áreas de cerrado protegidas, como: Parque Nacional de Brasília, sendo este a maior área de conservação natural do mundo em ambientes urbanos (Martins *et al.*, 2006), Parque Nacional das Emas (França *et al.*, 2007), Parque estadual da Serra do Rola-Moça (Biodiversitas *et al.*, 2006), Estação Experimental Fazenda Água Limpa (Hoffmann *et al.*, 2004), Reserva Ecológica adjacente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Hoffmann *et al.*, 2004), Cerrado Pé de Gigante (Pivello *et al.*, 1999), Estação Ecológica de Águas Emendadas (Martins *et al.*, 2011), Reserva Biológica da Contagem (Martins *et al.*, 2011) e Estação Ecológica de Itirapina.

Considerando a invasão de gramíneas em áreas de cerrado e sua distribuição espacial tem-se que *M. minutiflora* ocupa primeiramente as bordas dos fragmentos de cerrado utilizando trilhas e partes de solo expostos, tendo uma distribuição mais espaçada (Coutinho, 1982; Pivello, 2011). Já com relação a *U. decumbens*, esta primeiramente ocupa a borda dos fragmentos cobrindo o solo na sua totalidade e avança densamente para a parte central do fragmento (Pivello, 2011).

Segundo Rossi *et al.* (2014) o aumento da frequência e distribuição do fogo foi associado à gramínea invasora *M. minutiflora*. Hoffmann e Haridasan (2008) mostraram que a alta biomassa de *M. minutiflora* resulta em focos de fogo mais intensos o que afeta o crescimento das mudas de árvores típicas da savana tropical.

1.2. Relações microbiota do solo - planta

A microbiota da rizosfera compreende a maior diversidade de microrganismos que interagem diretamente com uma planta, sendo que as comunidades de bactérias e fungos na rizosfera afetam a imunidade da planta (Ronald e Shirasu, 2012), quantidade de patógenos (Berendsen *et al.*, 2012), aquisição de nutrientes (Richardson *et al.*, 2009) e tolerância ao estresse (Doubkova *et al.*, 2012). A microbiota afeta as plantas em muitos aspectos, sendo considerada um dos principais mediadores do estabelecimento destas.

As plantas invasoras podem modificar o ambiente de várias formas como o padrão de ciclagem de nutrientes (Laungani e Knops, 2009) podendo levar a alteração química do solo, como alelopatia, (Cipollini *et al.*, 2012) colocando as plantas nativas em desvantagem (Perkins *et al.*, 2011). Considerando a alelopatia, as plantas nativas podem ser prejudicadas, pois a microbiota do solo pode ser suprimida pelos compostos alelopáticos (Stinson *et al.*, 2006; Callaway, 2008), e o aumento na disponibilidade de nutrientes pode favorecer as invasoras levando a um acúmulo da biomassa (Blumenthal *et al.*, 2009).

As plantas exóticas podem aumentar o crescimento dos microrganismos benéficos em sua rizosfera e com isso estipular um feedback positivo que pode contribuir para a redução da biodiversidade nativa (Callaway *et al.*, 2004). Wolfe e Klironomos (2005) mostraram que a substituição de espécies de plantas por exóticas durante o processo de invasão pode modificar a composição da comunidade do solo, afetando desta forma os processos do ecossistema.

As espécies de plantas invasoras que podem alterar a comunidade microbiana do solo, também podem modificar o pool de nutrientes e processos relacionados à ciclagem do N, C e P (Kao-kniffin e Balser, 2007). Segundo Lorenzo *et al.* (2010) a invasora *Acacia dealbata* modificou as propriedades químicas de solos invadidos em três ecossistemas, levando a um aumento significativo nos teores de N, C e P, sendo que a mudança na disponibilidade de nutrientes prejudicou o crescimento de plantas nativas.

As plantas invasoras podem alterar a matéria orgânica do solo (Saggar *et al.*, 1999), e podem também modificar a rede alimentar no solo (Duda *et al.*, 2003), e desencadear alterações nas comunidades microbianas (Kourtve *et al.*, 2003). A degradação da biota do solo associada às gramíneas nativas pode aumentar a oportunidade de nichos (Shea e Chesson, 2002) para as gramíneas invasoras.

Segundo Silva *et al.* (2006) os fungos micorrízicos arbusculares reduzem o teor de metais nas partes aéreas da *Urochloa decumbens* levando a uma diminuição na toxidez do metal favorecendo o crescimento desta. Xião *et al.* (2014) comparando plantas nativas e invasoras através do DGGE observou que a comunidade de fungos do solo foi mais afetada pelas plantas invasoras do que pelas nativas e a modificação da comunidade de fungos promoveu crescimento nas plantas invasoras.

Nelson e Karp (2013) observaram diferenças nas comunidades de patógenos na rizosfera de populações de haplótipos de *Phragmites australis* (nativas e não nativas) o que demonstrou que as espécies autóctones matam diferentes comunidades de patógenos no solo em comparação com as plantas nativas.

A existência de *Bacillus* sp na rizosfera da *Brachiaria brizantha* podem promover o crescimento das plantas sendo previamente inoculadas (de Araújo *et al.*, 2012). A bactéria *Azospirillum amazonense* foi encontrada associada a pastagens de *Urochloa brizantha*, *Urochloa decumbens* e *Urochloa humidicola*, sendo que todos os isolados desta bactéria que foram testados apresentaram produção de ácido indol-acético (AIA), hormônio promotor do crescimento de plantas (Júnior *et al.*, 2004).

A maioria dos estudos de bactérias diazotróficas associadas a gramíneas está concentrada no gênero *Azospirillum*, provavelmente devido á influência das pesquisas de Johanna Döbereiner. A pesquisa sobre diazotróficos no Brasil e a sua importância para a fixação biológica de nitrogênio em gramíneas teve início há mais de 40 anos pela pesquisadora Johanna Döbereiner.

Döbereiner (1953) relatou pela primeira vez a ocorrência de bactérias do gênero *Azotobacter* em solos ácidos, anteriormente isolados somente em solo Europeus e Asiáticos. Döbereiner e Day (1975) descobriram a capacidade de fixação biológica de nitrogênio no gênero *Spirillum*, mais tarde nomeado para *Azospirillum* (Tarrand *et al.*, 1978). Segundo Döbereiner (1966) a bactéria *Azospirillum paspali* apresentou associação muito específica com a gramínea *Paspalum notatum*. Boddey *et al.* (1983) demonstrou que a contribuição da fixação biológica de nitrogênio por *Azospirillum paspali* em *Paspalum notatum* foi de 20 kg/ha/ano.

Sendo assim, as plantas mantem uma interação direta com a microbiota do solo na rizosfera, em que os exsudatos da raiz da planta influenciam diretamente a estrutura e a função da comunidade microbiana do solo (Hartmann *et al.*, 2008). Por sua vez, a microbiota da rizosfera afeta diretamente a planta no que se refere ao crescimento (de Araújo *et al.*, 2012), disponibilidade de nutrientes (Jones *et al.*, 2009), imunidade da planta (van Wees *et al.*, 2008) podendo impactar a capacidade de adaptação das plantas.

1.3. Indicador de qualidade do solo

O índice de qualidade do solo é um valor obtido através da junção de várias informações do solo (Armenise *et al.*, 2013). Geralmente, um índice de qualidade do solo não apresenta muitas funções (Andrews *et al.*, 2004), apresenta somente as mais relevantes segundo a avaliação específica (Blecker *et al.*, 2012).

Tendo em vista que as funções não são mensuráveis de forma direta, atributos físicos, químicos e biológicos são escolhidos para avaliar indiretamente como cada função é

realizada, esses atributos são denominados de indicadores de qualidade do solo (Brejda *et al.*, 2000; Karlen *et al.*, 2004).

Neste contexto, a densidade total de bactéria e a biomassa microbiana estão entre as características microbiológicas e bioquímicas que possuem potencial para serem bons indicadores de estresse ecológico (Silveira *et al.*, 2006). Sendo que a biomassa microbiana do solo pode ser definida como parte viva da matéria orgânica, além de responder rapidamente às mudanças do solo também armazenam nutrientes (Grisi, 1995).

A respiração microbiana (C-CO₂) resultante do metabolismo da maioria dos microrganismos no solo tem-se mostrado sensível (Colozzi filho *et al.*, 2001) podendo ser utilizada como indicador de qualidade do solo, sendo que alta taxa de respiração pode ser avaliada como característica desejável considerando que a decomposição dos resíduos orgânicos pode disponibilizar nutrientes para as plantas (Reis Junior e Mendes, 2007).

Porém, alta atividade respiratória pode levar a mineralização de frações estáveis decorrente da decomposição da matéria orgânica (Islam e Weil, 2000). Segundo Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues (2008) se a biomassa microbiana estiver em equilíbrio menos CO₂ é perdido através da respiração, conseqüentemente, mais C é incorporado á biomassa microbiana.

O quociente metabólico (qCO₂), representa a quantidade de C-CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em um certo tempo sendo considerado uma ferramenta importante para avaliar os efeitos das condições ambientais sobre a população microbiana do solo (Anderson e Domsh, 1993).

Segundo Chaer e Tótola (2007) os indicadores microbiológicos são relevantes para possíveis avaliações precoces de efeitos adversos na qualidade do solo, possibilitando medidas corretivas antecipadas.

1.4. Carbono e nitrogênio do solo

O solo é um sistema dinâmico em que fatores físico, químico e biológico interagem continuamente, dos diversos nutrientes que constituem a matéria orgânica o nitrogênio é componente de muitos compostos em plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila, participando de vários processos que envolvem microrganismos e plantas, sendo o nitrogênio um dos principais nutrientes absorvidos pelas plantas (Cantarella, 2007).

As savanas são de maneira geral ecossistemas pobres em nutrientes, principalmente nitrogênio, o que frequentemente limita o crescimento vegetal. A nitrificação desempenha um papel de grande importância para o funcionamento dos ecossistemas, em que alguns

microrganismos são responsáveis por este processo, pois está envolvida diretamente na nutrição da planta e nas perdas de N através de lixiviação e desnitrificação (Vitousek *et al.*, 1979; Keeney, 1986; Robertson, 1989).

95% do N absorvido pelas plantas é oriundo do ciclo do N no sistema solo - microrganismo - planta, sendo que somente 5% deriva do ciclo atmosfera-hidrosfera (Hauk e Tangi, 1982).

A grande maioria do carbono terrestre é armazenada nos solos (Jobbagy e Jackson, 2000). Os microrganismos do solo controlam o sequestro do carbono orgânico e a decomposição nos solos, portanto, tem forte impacto no ciclo C terrestre, neste sentido a biomassa microbiana pode ser compreendida como o compartimento central do ciclo do C e configurar um considerável reservatório de nutrientes nos solos em diferentes ecossistemas (Gama-Rodrigues e Gama-Rodrigues, 2008).

O carbono na biomassa microbiana é um dos reservatórios iniciais do carbono, sendo este posteriormente transformado no solo e também funcionando como reserva energética para processos microbianos (Souza *et al.*, 2006). A atividade da biomassa pode ser avaliada pela liberação de C-CO₂ do solo, em que o carbono lábil (carbono prontamente metabolizável do solo) pode ser relacionado à quantidade de carbono liberado (Doran e Parkin, 1994).

A disponibilização do carbono pelos microrganismos ocorre através da decomposição da matéria orgânica, proveniente das plantas, para que este possa ser utilizado na fotossíntese pelas plantas, porém este carbono também pode ser perdido através de lixiviação e da respiração das plantas e dos microrganismos.

. O aumento observado no estoque de carbono com a diversidade de plantas (De Deyn *et al.*, 2011) pode representar maior produção primária (Tilman *et al.*, 2001; Marquard *et al.*, 2009) ou maior permanência de materiais orgânicos devido a uma decomposição lenta (Jastrow *et al.*, 2007; Schmidt *et al.*, 2011).

Quanto maiores os insumos de resíduos de plantas, maior a disponibilidade de substrato para os microrganismos do solo (Eisenhauer *et al.*, 2010). Porém, há diferentes explicações para a maneira como a microbiota afeta o carbono do solo, com o aumento na entrada de resíduos orgânicos pode aumentar a decomposição e diminuir o armazenamento de carbono devido à ineficiência metabólica (Manzoni *et al.*, 2012) ou melhorar a decomposição do carbono existente no solo (Fontaine *et al.*, 2007).

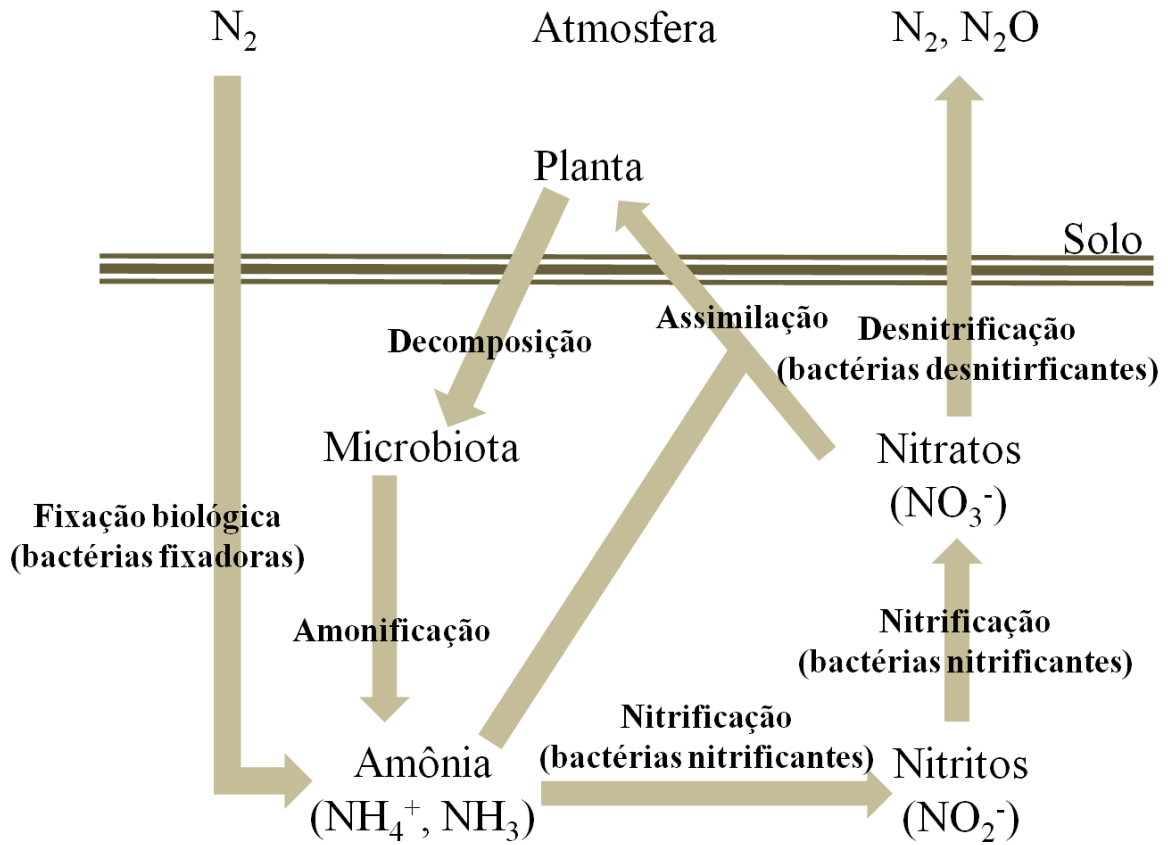


Figura 1 Esquema simplificado do ciclo do nitrogênio no sistema solo – microbiota – planta.

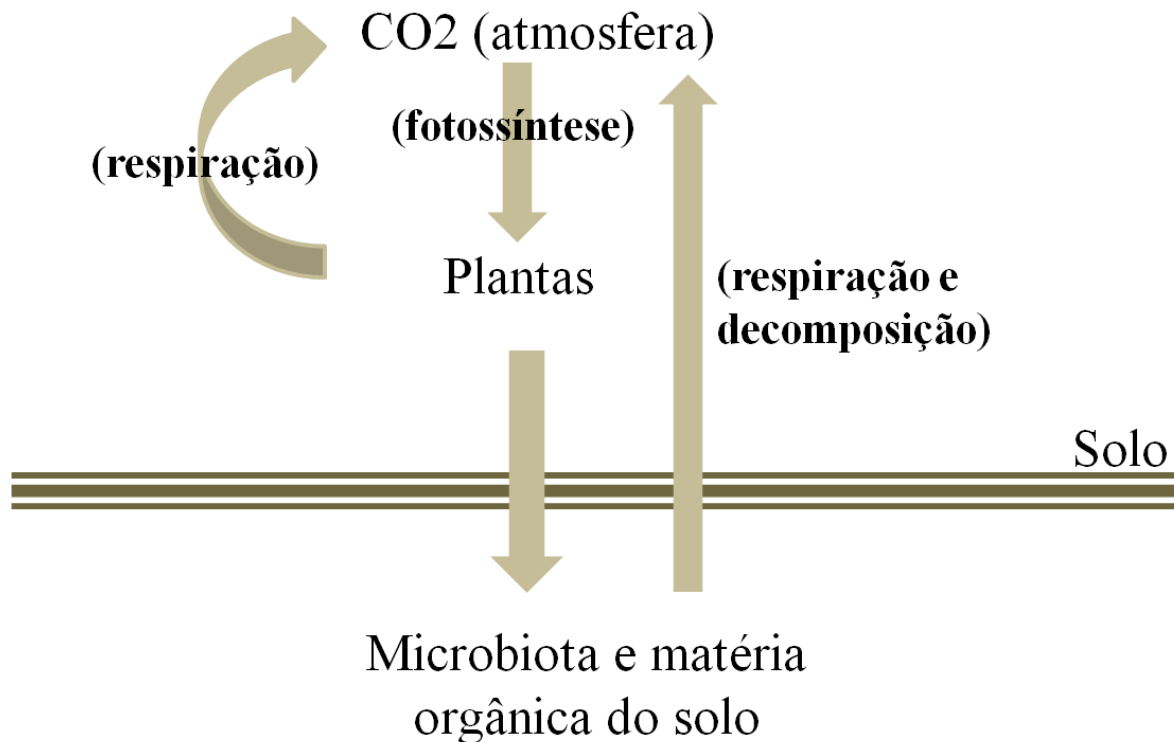


Figura 2 Esquema simplificado do ciclo do carbono no sistema solo – microbiota – planta.

1.5. Microbiota do solo

A atividade microbiana e da microfauna geralmente são concentradas em sítios localizados próximos de resíduos orgânicos (Ekelund *et al.*, 2002) ou na rizosfera (Paul, 2007), sendo a microbiota do solo responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo.

O termo “rizosfera” foi introduzido por Hiltner em 1904, para descrever a estimulação da atividade da biomassa e microrganismos no solo em torno das raízes das plantas (Hartman *et al.*, 2008). Esta estimulação da atividade microbiana resulta do fato das plantas segregarem uma matriz de baixo e de elevado peso molecular para o solo através dos exsudatos, o que pode representar até 40% da matéria seca (Lynd e Whipps, 1990).

As plantas disponibilizam nutrientes que serão sequestrados durante o crescimento microbiano (Kaye e Hart, 1997; Wang e Bakken, 1997) e permaneceriam inacessíveis se não fosse o consumo por protozoários e nematoides, que constantemente disponibilizam estes nutrientes para a absorção pelas plantas (Christensen *et al.*, 1992; Bonkowski *et al.*, 2000).

A biomassa microbiana do solo pode ser definida como a parte viva da matéria orgânica, que além de responder rapidamente às mudanças do solo, também armazenam

nutrientes (Grisi, 1995). A quantificação de bactérias totais e a avaliação de determinados grupos microbianos contribuem para compreensão do que ocorre nos processos bioquímicos (Silveira *et al.*, 2006). A densidade total de bactérias e a biomassa microbiana são variáveis microbiológicas e bioquímicas com potencial de utilização como indicadores por serem bastante sensíveis do estresse ecológico (Silveira *et al.*, 2006).

O nitrogênio é considerado um dos fatores limitantes do solo considerando-se que apenas um pequeno número de espécies de procariotos possui a enzima nitrogenase, capaz de reduzir o N_2 para NH_3 inorgânico, sendo estes conhecidos como diazotróficos, que se encontra disponível para plantas (Moreira e Siqueira, 2006).

Os protozoários de solo têm um efeito direto nos processos de decomposição e mineralização durante a ciclagem de nutrientes principalmente devido à grande proporção (~ 60%) dos nutrientes ingeridos e excretados de volta ao ambiente (Bardgett, 2005). Segundo Foissner (1987), os protozoários ciliados contribuem significativamente para a respiração total ocorrida no solo e são excelentes bioindicadores. Aproximadamente 70% da respiração total de organismos do solo pode ser atribuída aos protozoários (Sohlenius, 1980; Foissner, 1987). Os efeitos benéficos de protozoários no crescimento de plantas são bem documentados (Ekelund e Ronn, 1994; Zwart *et al.*, 1994).

Experimentos em microcosmo mostram a importância da predação pelos protozoários na rizosfera. A biomassa e quantidade de N absorvido são aumentados principalmente na presença de protozoários e nematóides (Bonkowski, 2004). Os principais predadores de bactérias no solo são as amebas nuas, devido à sua biomassa e volume e seus especializados modos de alimentação (Bonkowski, 2004).

O crescimento e a reprodução dos protozoários são governados por um complexo de variáveis ambientais e fatores biológicos. Os cistos, comuns em protozoários de solo, permitem que eles sobrevivam sob condições desfavoráveis como: falta de alimento, umidade, falta de oxigênio e temperaturas muito elevadas. Segundo Foissner (1987), em condições favoráveis eles podem rapidamente, em questão de horas, desencistar e se tornarem ativos. Entretanto, os cistos podem ser considerados como uma forma de dispersão, mas mesmo em condições ótimas, boa parte pode permanecer encistada (inativos) e muitos permanecem nesta forma a maior parte do tempo, no solo.

Dessa maneira, fala-se em diversidade críptica como sendo aquela que não está ativa no ambiente, mas sim presente na forma de cistos. Dados referentes a protozoários de solos tropicais são escassos, porém segundo Foissner (2000) os poucos dados disponíveis indicam que estes solos possuem uma comunidade altamente diversificada. Em relação ao cerrado

foram encontrados poucos trabalhos na literatura que descrevem esta comunidade (Pylro et. Al., 2014; Pierozzi *et al.*, 2016)

2. Justificativa

Devido à quase inexistência de trabalhos que avaliem o efeito das gramíneas africanas, em estágios iniciais de invasão, na microbiota do solo, com relação à sua abundância e metabolismo no bioma cerrado, o presente estudo visa a obtenção de dados empíricos em áreas ainda preservadas, no sudeste brasileiro. Diversos estudos têm evidenciado que espécies invasoras não só alteram a comunidade microbiana do solo facilitando o seu próprio estabelecimento, mas que as conseqüentes alterações químicas, na maioria das vezes, afetam simultaneamente de forma negativa a comunidade nativa vegetal nas áreas já com grau intermediário ou avançado de invasão. São no entanto, muito poucos os trabalhos que relatam o efeito das gramíneas invasoras sobre a comunidade protista, particularmente no bioma cerrado, devido à dificuldades metodológicas. Sendo assim, pretendeu-se incorporar os protozoários na análise das comunidades microbianas, pois estes são considerados importantes indicadores de qualidade do solo. Tais informações são muito importantes, pois podem trazer embasamento teórico mais seguro que permitirá a adoção de políticas e o gerenciamento de áreas invadidas e/ou em risco de serem.

3. Objetivos e hipóteses

3.1. Objetivo geral

Analisar de forma comparativa a abundância e o metabolismo da microbiota do solo da rizosfera de espécies de gramíneas nativas e exóticas em uma área de preservação do cerrado tropical invadida por espécies exóticas.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a densidade total de bactérias, fungos e protozoários ativos no solo da rizosfera de três espécies de gramíneas nativas e de três exóticas, em duas fitofisionomias do cerrado da Estação Ecológica de Itirapina;
- Comparar a riqueza dos principais grupos de protozoários no solo da rizosfera de espécies de gramíneas nativas e exóticas;
- Avaliar o metabolismo da microbiota, no que refere à biomassa expressa em carbono e nitrogênio e à respiração microbiana no solo da rizosfera das espécies de gramíneas estudadas.

- Avaliar o solo da rizosfera de cada espécie de gramínea estudada quanto às densidades e atividade metabólica dos microrganismos e quanto ao conteúdo total de carbono e nitrogênio orgânico do solo nas duas diferentes fitofisionomias.

3.3. Hipóteses

- Há diferenças na abundância de microrganismos no solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras.

- A riqueza de protozoários é maior no solo da rizosfera das gramíneas nativas do que no das invasoras.

- Há diferenças no metabolismo da microbiota no solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras.

- Há diferença na densidade de microrganismos, na atividade metabólica e no conteúdo total de carbono e nitrogênio orgânico no solo da rizosfera de cada espécie de gramínea entre as fitofisionomias estudadas (campo cerrado e campo sujo).

4. Materiais e Métodos

4.1. Área de Coleta

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica de Itirapina, a qual possui 2.300 hectares e se localiza nas coordenadas 22° 11' e 22° 15' S e 47° 51' e 47° 57' W, incluindo parte dos municípios de Itirapina e Brotas, ambos no estado de São Paulo (Silva, 2005). O clima regional é do tipo Cwa (Köppen), com períodos de precipitação pluvial bem delimitados sendo o chuvoso normalmente de outubro a março e o seco de abril a setembro. A precipitação anual média é de 1.458,9 mm, e a temperatura média anual é de 21,9 °C (Silva, 2005).

O tipo de solo predominante na Estação Ecológica é o Neossolo Quartzarênico, seguido pelos Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho (Silva, 2005). Os Neossolos Quartzarênicos são solos com baixos teores de matéria orgânica e argila, com baixa capacidade de agregação de partículas e baixa capacidade de retenção de água (Embrapa, 1999).

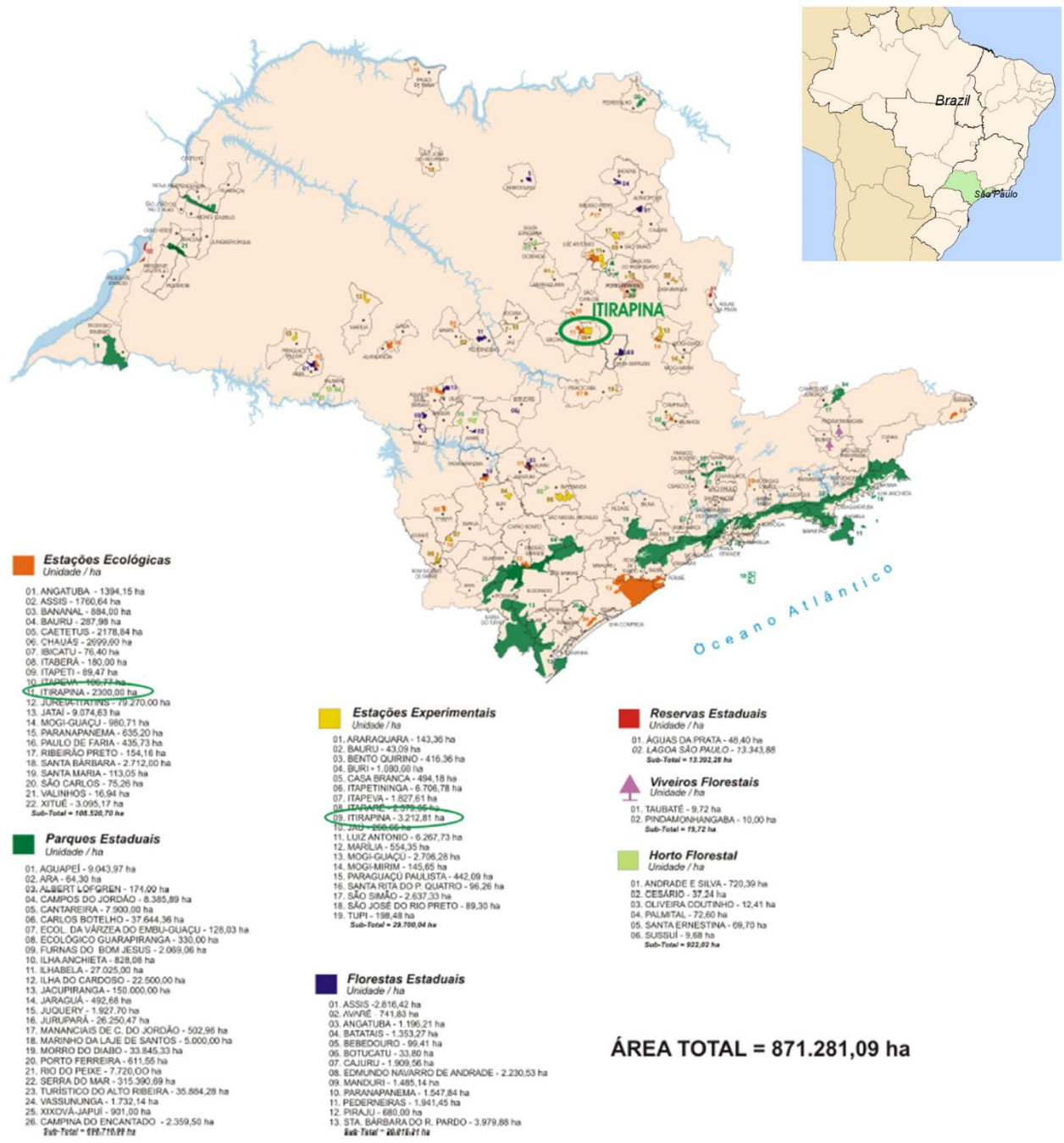


Figura 3 Mapa mostrando a localização das unidades de conservação do Estado de São Paulo, e destacando a unidade de conservação de Itirapina (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).

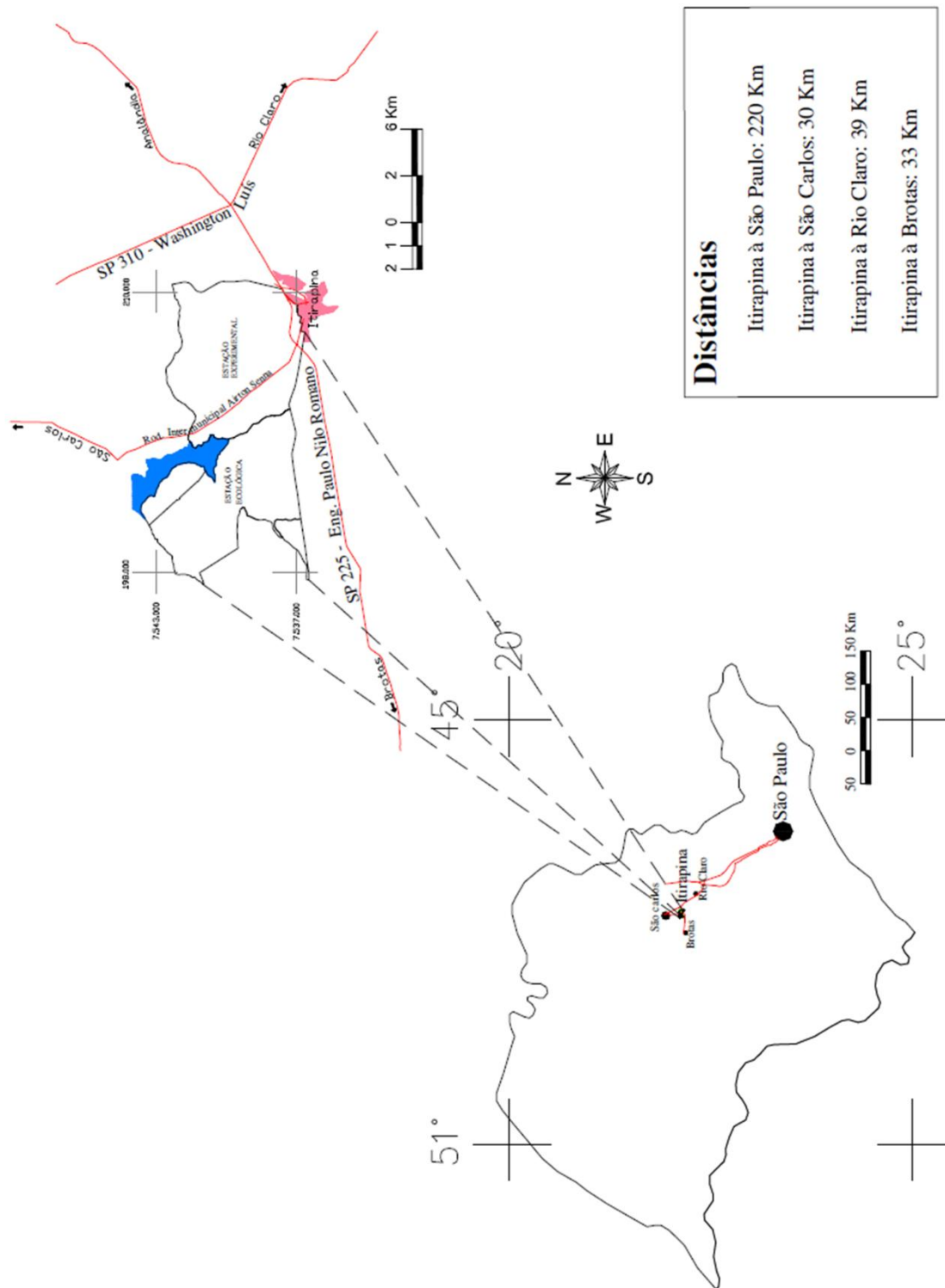


Figura 4 Mapa da Unidade de Conservação de Itirapina, evidenciando a Estação Ecológica de Itirapina e a Estação Experimental (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).

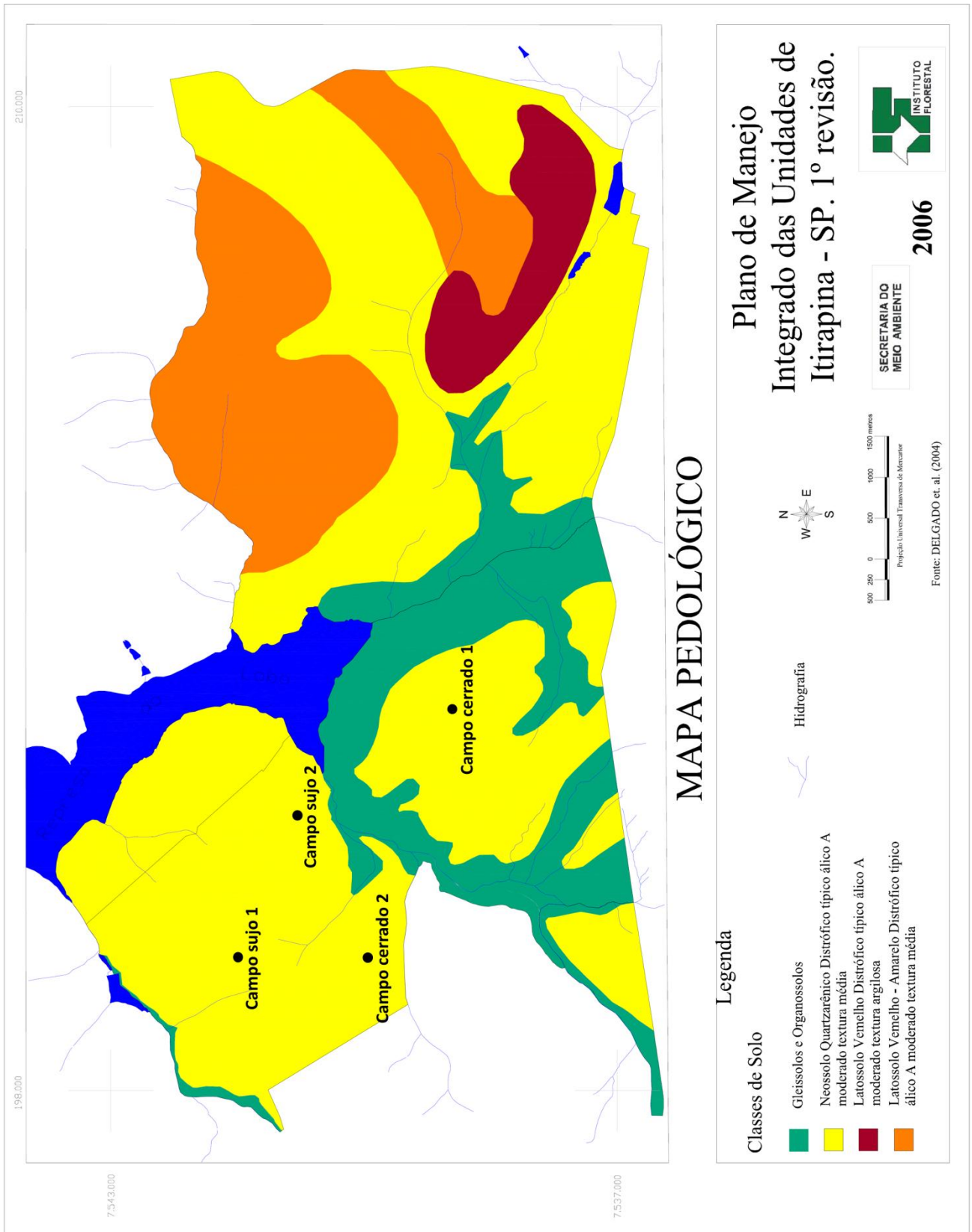


Figura 5 Mapa Pedológico com os pontos de coleta assinalados (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 60, 2006).

A vegetação da Estação Ecológica de Itirapina é caracterizada por diversas formações vegetais (Delgado *et al.*, 2006). Para este estudo foram consideradas duas fitofisionomias do cerrado presentes nesta estação ecológica, o campo cerrado e o campo sujo. A fitofisionomia de campo cerrado apresenta um número maior de componentes arbóreos quando comparada a fitofisionomia de campo sujo (Coutinho, 1978), sendo que ambas as fitofisionomias são consideradas intermediárias, de modo geral o cerrado apresenta dois estratos, o estrato arbóreo-arbustivo e o estrato herbáceo, constituído por gramíneas e subarbustos (Klein, 2000).

Para cada fitofisionomia (campo cerrado e campo sujo) foram delimitadas duas áreas de coleta (Figura 6). Estas áreas amostrais possuíam 50 x 25 m cada e situavam-se a uma distância de 25 m da borda dos fragmentos. Dessa forma, para este estudo, as gramíneas foram coletadas em 4 áreas: CC1 e CC2, representando as áreas de campo cerrado 1 e 2, e CS1 e CS2, representando as áreas de campo sujo 1 e 2 (Figura 6).

O critério de seleção das áreas para a coleta baseou-se no fato destas áreas ainda não apresentarem o predomínio de gramíneas invasoras. Em cada área (CC1, CC2, CS1, CS2), no ano de 2015, foram realizadas duas coletas: uma em março e outra em setembro. Estes meses foram escolhidos devido ao contraste hídrico, pois março representa o final da estação chuvosa, caracterizado como um mês de solo com excedente hídrico, enquanto setembro representa o final da estação seca, sendo usualmente um mês em que o solo apresenta deficiência hídrica, como mostra o balanço hídrico apresentado na Figura 7.

As espécies de gramíneas para o presente estudo foram selecionadas segundo sua relevância em termos de potencial invasor de acordo com dados da literatura (Pivello *et al.*, 1999; Figueiras *et al.*, 2010) e distribuição ao longo das fitofisionomias da Estação Ecológica de Itirapina, sendo três espécies de gramíneas nativas: (*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum* sp (PS)), e três espécies gramíneas exóticas: (*Melinis minutiflora* Beauv., conhecida popularmente como capim gordura e capim meloso, (MM), *Melinis repens* (Willd.) Zizka (MR), conhecida popularmente como capim bandeira, capim favorito e capim rosado e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (UD), popularmente conhecida como capim-braquiária e braquiárinha). Em cada coleta, três indivíduos de cada espécie foram amostrados em cada uma das áreas, todos com distância mínima de 1 m entre si.

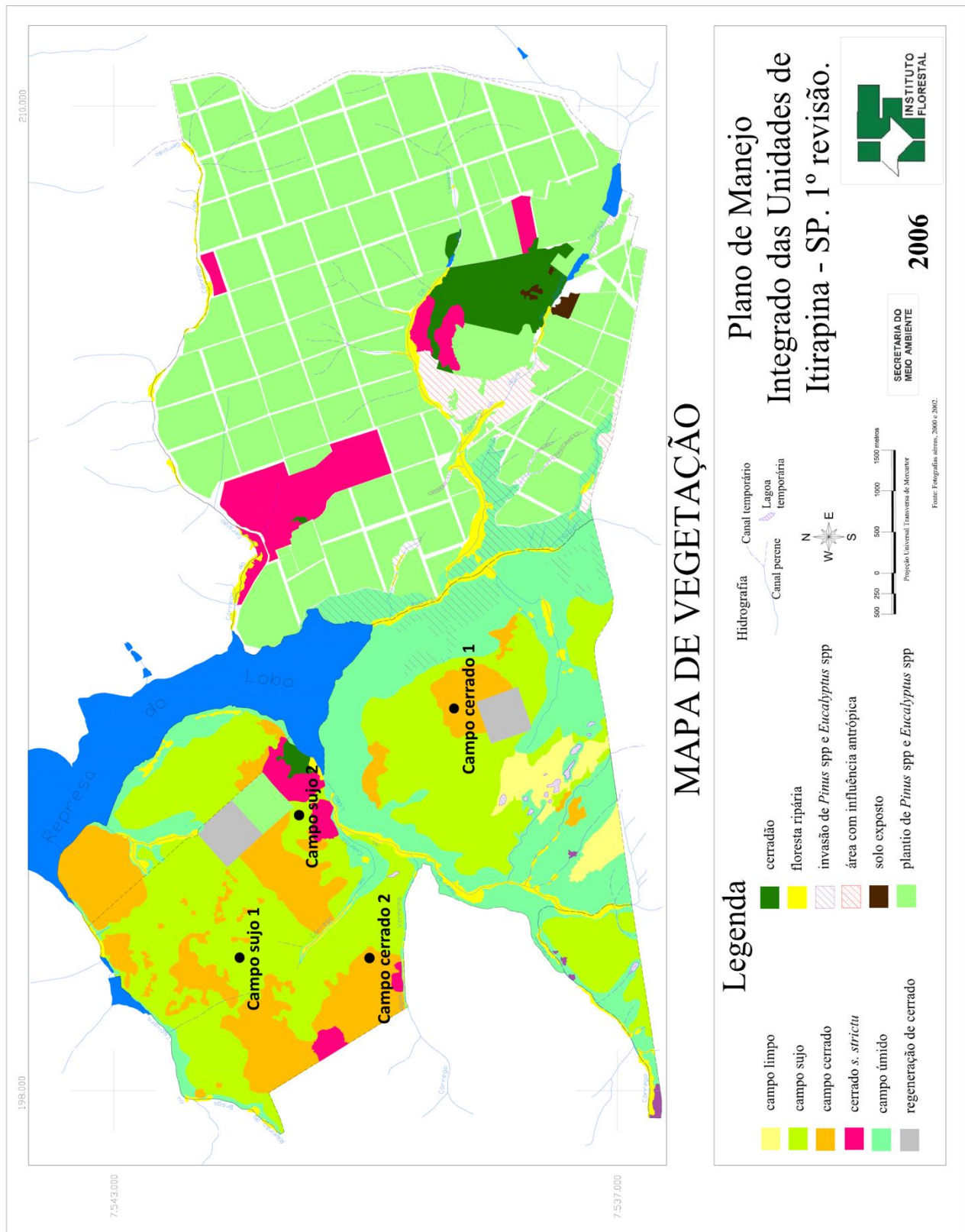


Figura 6 Mapa de vegetação com os pontos de coleta (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 68, 2006).

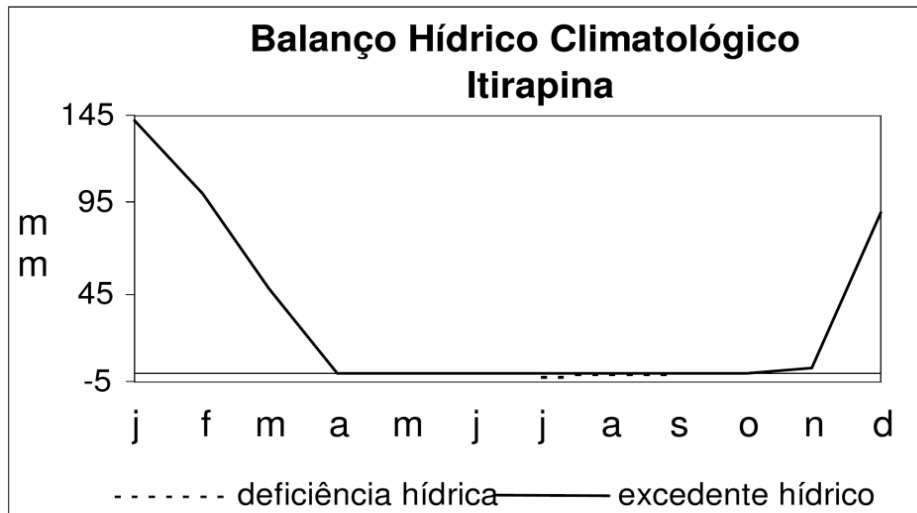


Figura 7 Balanço hídrico no solo da Estação Ecológica de Itirapina com base nos dados climatológicos do período de 1982-2003 (Fonte: Zanchetta *et al.*, p. 47, 2006).

Para o campo cerrado, a área 1 se caracteriza por apresentar maior densidade de árvores e arbustos quando comparada à área 2; a área 1 é também mais homogênea com relação à distribuição das espécies de gramíneas invasoras estudadas quando comparada com a área 2, onde a gramínea invasora *Urochloa decumbens* é encontrada em apenas alguns pontos. Em ambas as áreas as espécies gramíneas invasoras se encontravam em menor densidade do que as espécies de gramíneas nativas.



Figura 8- Vista geral das áreas de campo cerrado da Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP, selecionadas para este estudo: a) campo cerrado área 1; b) campo cerrado área 2. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).

Para as áreas de campo sujo, a área 1 apresenta maior densidade de árvores e arbustos quando comparada à área 2. Em ambas áreas desta fitofisionomia ocorria menor densidade de gramíneas invasoras. Deste modo na área 1 foi mais difícil de se encontrar a gramínea invasora *Melinis repens*.



Figura 9- Vista geral das áreas de campo sujo da Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP, selecionadas para este estudo: c) campo sujo área 1; d) campo sujo área 2. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).

Loudetiopsis chrysothrix é a única espécie que representa o gênero *Loudetiopsis* no estado de São Paulo, composto por 11 espécies distribuídas no Oeste da África e na América do Sul. É uma herbácea perene, cespitosa, com 0,5 a 0,8 m de altura. Tem ocorrência no Planalto Central e no Sudeste do Brasil, no cerrado típico e também em campos arenosos e rupestres (Goodland & Ferri, 1979; Longui-Wagner, 2001). *Tristachya leiostachya* é uma gramínea perene, cespitosa, com 1 a 2,1 m de altura, que ocorre principalmente no cerrado *sensu stricto* das regiões Centro-Oeste e Sudeste, e eventualmente no campo limpo ou próximo a rodovias (Longui-Wagner, 2001). As gramíneas do gênero *Panicum* L. em geral são plantas cespitosas e eretas, constituindo um dos maiores e mais importantes grupos da família Poaceae. Clayton e Renvoize (1986) reconheceram 470 espécies para este gênero. No estado de São Paulo foi constatada a ocorrência de 42 espécies de *Panicum* (Zuloaga *et al.*, 2001).

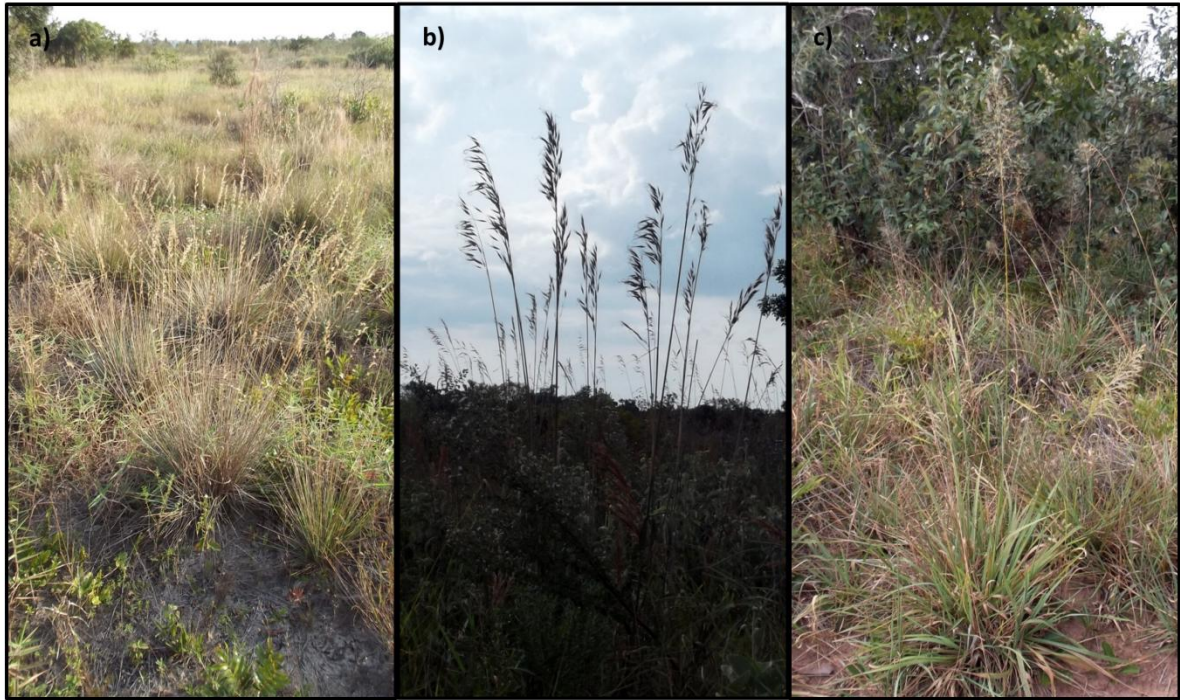


Figura 10- Vista de algumas plantas de gramíneas nativas: a) *Loudetiopsis chrysothrix* (LC); b) *Tristachya leiostachya* (TL); c) *Panicum* sp (PS), na Estação Ecológica de Itirapina, município de Itirapina, SP. Fotos do autor (Pierozzi, 2015).

Melinis minutiflora é uma gramínea perene com 0,7 a 1,5 m de altura, nativa da África e disseminada por várias regiões tropicais do mundo (Arce *et al.*, 2001). *Melinis repens* é uma gramínea perene, cespitosa com 0,3-1,0m de altura, natural da África do Sul (Scott, 1913). *Urochloa decumbens* é uma gramínea perene com cerca de 0,5 m de altura, oriunda da África tropical (Gouveia-Santos, 2001).

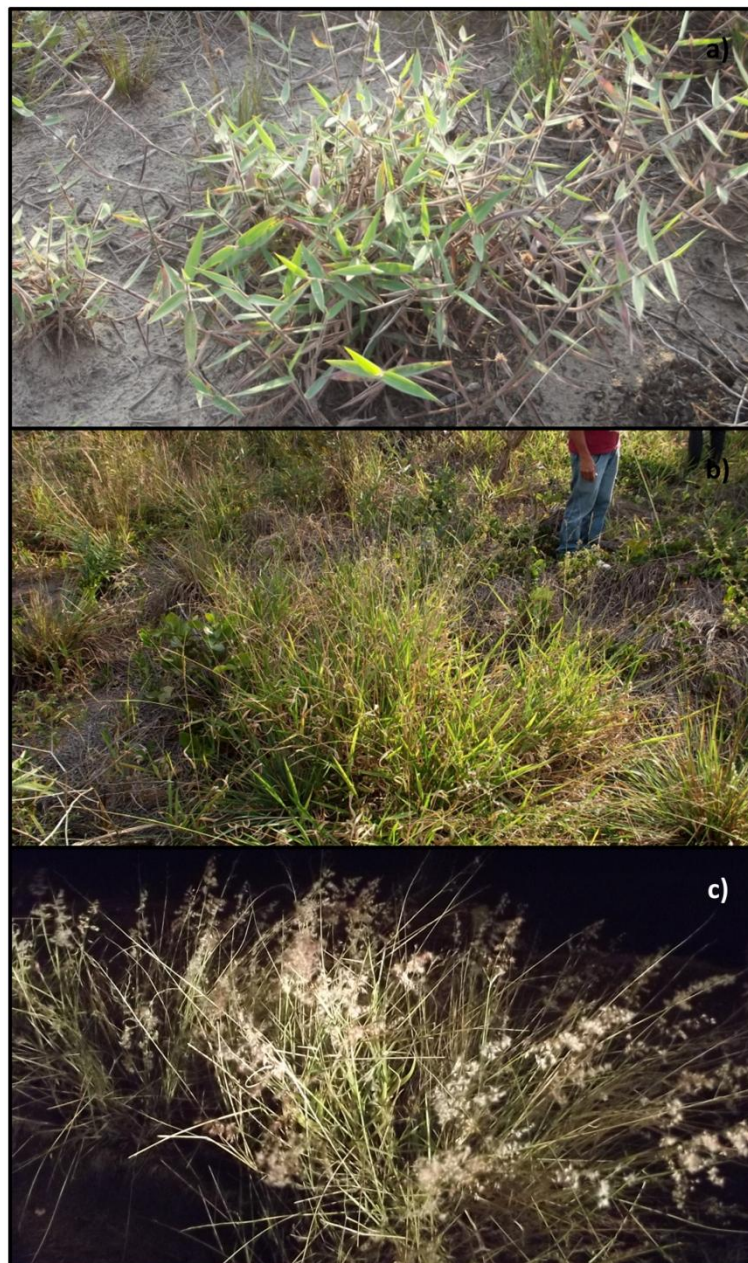


Figura 11- Vista de algumas plantas de gramíneas invasoras originárias da África: a) *Melinis minutiflora* (MM); b) *Urochloa decumbens* (UD); c) *Melinis repens* (MR). Fotos do autor (Pierozzi, 2015).

As amostras foram coletadas no período da manhã, com auxílio de uma pá reta. As gramíneas foram coletadas por inteiro, tanto as partes aéreas como sua raiz na profundidade de aproximadamente 40 cm, e logo em seguida acondicionadas em sacos pretos, desinfetados com álcool 70%, e então levadas ao laboratório.

As gramíneas foram coletadas com distância mínima de 1 m umas das outras, sendo que as gramíneas coletadas estavam isoladas, em uma área de no mínimo 60 cm não havia outras plantas.

Posteriormente o solo foi separado da raiz, a separação foi realizada manualmente para cada indivíduo coletado, e colocado em pratos para secagem ao ar livre, a massa de solo obtida das raízes das gramíneas coletadas foi de aproximadamente 800 g, todo o solo que foi separado estava em contato com a raiz. Após seco, o solo foi passado em peneira de 2 mm Ø de poro e armazenado em sacos zip lock devidamente etiquetados e desinfetados com álcool 70% e luz UV, e então acondicionados em geladeira.

4.2. Parâmetros ambientais da Estação Ecológica de Itirapina

Os dados climatológicos relativos à temperatura do ar, umidade relativa do ar, e de precipitação pluviométrica foram obtidos junto à Estação Meteorológica da Estação Ecológica de Itirapina, oriundas de medições realizadas regularmente por funcionários da administração da Estação. Para este estudo foram analisados os valores de precipitação pluvial mensal (totais acumulados para cada mês) no ano de 2015 e os valores diários de precipitação para os meses de março e de setembro. Para cada variável foi também calculado o valor médio de três dias, sendo estes o dia da coleta e os dois dias anteriores, com exceção da precipitação pluviométrica que foi utilizado a soma do valor dos três dias.

Foram ainda mensuradas a velocidade do vento e a temperatura do solo no dia da coleta das gramíneas. A velocidade do vento foi medida através de anemômetro digital e a temperatura do solo através de um termômetro de mercúrio, tendo sido realizadas três leituras em cada área de coleta e calculado o valor médio. A profundidade do solo em que foram realizadas as medidas de temperatura variou entre 10 a 15 cm abaixo da superfície do solo.

4.2.1. Medidas de umidade e de pH do solo

Para a determinação da umidade do solo foi utilizada a técnica gravimétrica conforme descrita em EMBRAPA (1997).

Cinco gramas de solo de cada amostra, em triplicata, foram pesados em cadinho de alumínio previamente pesado e identificado. O material foi transferido para a estufa a 105-110°C e deixado para secar durante 24 h. Decorrido este tempo as amostras, após esfriarem, foram novamente pesadas. Para o cálculo da umidade da umidade do solo foi utilizada a seguinte equação: Umidade do solo = $100(a-b) / b$, em que a é o peso da amostra úmida (g) e b é o peso da amostra seca (g).

As medidas de pH do solo foram realizadas segundo os procedimentos descritos em EMBRAPA (1997), como se segue: Em um copo plástico de 50 mL previamente

identificado foram adicionados 5 mL de solo e adicionados 12,5 mL de água destilada. Cada amostra foi então agitada durante 30s com um bastão de vidro e deixada em repouso por 1 h. Após este tempo cada amostra foi agitada novamente com bastão durante 30s para homogeneização, e logo após foi realizada a leitura do pH utilizando-se um pHmetro da marca Micronal, modelo B-374.

4.2.2. Análise granulométrica do solo

A granulometria e a quantificação da matéria orgânica foram realizadas segundo os métodos de peneiramento (frações maiores) e de sedimentação (frações finas) de acordo com os procedimentos descritos em Suguio (1979). A amostra de solo obtida foi seca à temperatura ambiente e posteriormente 20 g de solo foram pesados e transferidos para um frasco devidamente tarado (com peso conhecido). A extração da matéria orgânica foi realizada com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em banho-maria. A amostra foi limpa adicionando-se água destilada com uma seringa e lavando-se de 3 a 4 vezes. Em seguida a amostra foi levada à estufa a $105^\circ C$ por 24h.

A diferença apresentada após a pesagem da amostra do solo representa a quantidade de matéria orgânica que nela existia. A separação entre a fração grosseira (areias) e a fração fina (silte + argila) foi realizada pela adição de um defloculante (NaOH, 1N) e agitação da amostra em homogeneizador por 10 a 15 minutos. A solução de solo homogeneizada então foi passada por uma peneira com malha de 0,053mm.

O material retido, ou seja, a fração grosseira foi seca em estufa por mais 24h. Depois de seca, este material foi passado por um conjunto de peneiras (1.00mm, 0.50mm, 0.250mm, 0.106mm, 0.053mm de abertura de malha), e pesada em frascos tarados de peso conhecido. A análise das frações mais finas foi feita pelo método de pipetagem que se baseia na relação que existe entre a velocidade de sedimentação e o diâmetro das partículas. Uma forma desta relação foi inicialmente desenvolvida por Stokes, 1851, e é conhecida como a Lei de Stokes (Gee *et al.*, 1986).

4.3. Quantificação dos parâmetros microbiológicos da rizosfera das gramíneas

4.3.1. Densidades totais de bactérias e fungos

As densidades de bactérias e de fungos no solo foram determinadas pelo método de diluição seriada das amostras de solo e inoculação em meios de cultura específicos: ágar nutritivo para a densidade total de bactérias e meio Martim para a densidade total de fungos (Wollum II, 1982). Cerca de 5 g de cada amostra foram adicionados a 50 mL de solução

salina 0,85%. Em seguida essa suspensão foi agitada a 150 rpm durante 30 minutos e diluída em série até 1/1.000, sendo inoculada por espalhamento em superfície para determinação quantitativa da densidade total de fungos. Devido à elevada densidade de bactérias, após testes preliminares determinou-se que a razão de 1/50 seria a mais adequada, sendo então realizada diluição seriada até 1/5.000 seguida de inoculação por espalhamento em placas contendo ágar Nutritivo. A densidade de bactérias no solo foi expressa em unidades formadoras de colônias (UFC/g de solo) e a de fungos em colônias (colônias/g de solo). As placas foram incubadas a 27°C, e analisadas após 72 horas para bactérias e após 7 dias para fungos.

4.3.2. Densidade e diversidade de protozoários ativos

O número de protozoários ativos nas amostras de solo foi estimado por contagem direta adaptada de Lüftenegger (1988) e de Finlay *et al.* (1979). Três sub-amostras de 0,1 g de solo foram pesadas e colocadas em tubos de 5 mL e suspensas em 1 mL de extrato de solo (300 g de solo em 1000 mL de água destilada fervido por 10 minutos, decantado, filtrado e autoclavado), segundo Aesch e Foissner (1992).

O sobrenadante (após 30 minutos de agitação leve do tubo) no microscópio ótico de campo claro (aumento de 40x) em lâmina de vidro, contando-se os protozoários presentes em uma série de gotas de 5 µL de volume, com o auxílio de uma pipeta automática de volume fixo. Neste aumento é possível observar a maior parte de cada gota dentro do campo de visão. As gotas foram obtidas de forma aleatória. O número de protozoários ciliados observados em cada gota foi anotado até se atingir um total de 150 ciliados ou 150 gotas, segundo Finlay *et al.* (1979).

O cálculo final de número de indivíduos por volume de líquido analisado foi transformado e expresso por grama de peso seco. A contagem de protozoários foi feita “in vivo” realizada em gota espessa, e a escolha do tamanho da gota, que foi de 5 µm, foi para evitar sobreposição, tendo em vista que foi possível observar toda a gota no aumento de 40x em microscópio ótico de campo claro. A classificação das morfoespécies de protozoários em grupos taxonômicos foi realizada de acordo com Foissner e Berger (1996).

4.3.3. Diversidade críptica de protozoários

O método utilizado para a análise qualitativa de diversidade críptica foi o “Non-Flooded Petri Dish Method” (Método de placa de Petri umedecida), segundo Foissner (1992). A diversidade críptica (aquela presente na forma de cistos e não necessariamente de

protozoários ativos no dia e local de coleta) é a que se encontra presente na forma de cistos e não na forma de protozoários ativos no dia e local de coleta.

O solo (150 g) foi adicionado e espalhado no fundo de uma placa de Petri (13-18 cm de largura, 2-3 cm de altura). Este foi saturado com água destilada, e as amostras foram inspecionadas nos dias 2, 7, 14, 21 e 28, após a montagem do experimento. Para isto foram analisados cerca de 2 mL de água escoada de cada placa (Omar e Foissner, 2012) em microscópio óptico comum, foram feitas gotas de 100 µL em lâminas de vidro. Essa análise tem caráter apenas qualitativo e não quantitativo, ou seja, foram registrados apenas as morfoespécies obtidos por amostra. A classificação das morfoespécies nos grupos taxonômicos foi realizada de acordo com Foissner e Berger (1996).

4.3.4. Conteúdo de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e carbono e nitrogênio orgânico total no solo

O carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM) foram avaliados pela adaptação do método de irradiação por micro-ondas (Islam e Weil, 1998). Foram pesadas quatro subamostras (10 g) de cada amostra e colocadas em frascos de vidro (300 mL). Duas destas subamostras foram irradiadas (micro-ondas - marca Sanyo, modelo EM 3000700 TB) conforme descrito por Islam e Weil (1998) e as outras duas subamostras não foram irradiadas.

A equação utilizada para o cálculo da potência do aparelho de micro-ondas foi: $P=Cp.K.\Delta T.m/t$, em que P é a potência aparente absorvida pela amostra da água ($J s^{-1}$), Cp é a capacidade de calor da água ($J mL^{-1} K^{-1}$), K é um fator (4.184) para converter energia química térmica ($cal mL^{-1} K^{-1}$) em watts ($J s^{-1}$), ΔT ($^{\circ}C$) é a diferença entre a temperatura final e a temperatura inicial, m é a massa da água (g), e t é a duração (s) da aplicação de energia MW.

Para o cálculo da potência foi utilizado um volume de 1000 mL de água destilada sendo obtido o valor de 732,2 W. Para o cálculo do tempo que as subamostras devem ser irradiadas foi utilizada a equação: $t=r.m/P$ em que r é a quantidade de energia, sendo este um valor fixo ($800 J g^{-1}$), m é a massa da subamostra, e P é a potência aparente absorvida pela amostra de água.

Após a irradiação das subamostras, ambos tipos de amostras, as irradiadas e as não irradiadas, tiveram o carbono extraído das amostras por adição de 30 mL de solução extratora de K_2SO_4 a 0,5 M, agitadas em “shaker” a 175 rpm por 1 h, centrifugadas a 3000

rpm por 10 min e então filtradas, como descrito por Franchini *et al.* (2007). O teor de carbono nos extratos foi determinado pela oxidação de íons Mn^{3+} sendo quantificada em espectrofotômetro (espectrofotômetro - marca Pharmacia Biotech, modelo Novaspec II) (Bartlett e Ross, 1988). Foi utilizado Kce de 0,41, como recomendado para solos tropicais para que não ocorra superestimação (Feigl *et al.*, 1995, Oliveira *et al.*, 2001).

Com relação ao nitrogênio da biomassa microbiana este foi avaliado adicionando-se aos 20 mL do extrato 1,5 mL de H_2SO_4 a 1 M e 0,5 g de catalisador ($K_2SO_4 + CuSO_4$, 10:1). Após a digestão, foi realizada a diluição com água destilada e a concentração de nitrogênio foi determinada como NH_4-N pelo método do indofenol azul (Feije e Anger, 1972) por meio de espectrofotometria (espectrofotômetro - marca Pharmacia Biotech, modelo Novaspec II). O fator de correção Kne de 0,54 foi utilizado (Brookes *et al.*, 1985). Foram também quantificados o carbono e o nitrogênio orgânico total (COT e NOT) nas amostras de solo, os quais foram obtidos por meio de análises de sub-amostras previamente irradiadas.

4.3.5. Respiração microbiana e quociente metabólico

A respiração microbiana das amostras do solo foi avaliada pela produção de CO_2 , sendo os cálculos realizados segundo Mendonça (2005). Foram feitas três repetições por amostra, utilizando-se respirômetro de 250 mL sendo pesado 50 g de solo com 60% de umidade e adicionado 30 mL de solução de NaOH a 0,5 M. As amostras foram então incubadas no escuro a 27°C por 48 h. Foram estabelecidas duas amostras de referência, usando apenas solução de NaOH no respirômetro, por experimento. Após incubação foram retirados 10 mL da solução de NaOH do respirômetro e colocados em erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se 10 mL de solução de $BaCl_2$ a 0,05 M e também 150 μ L de solução de fenolftaleína a 1%. A titulação foi realizada com solução de HCl a 0,25 M.

A equação usada para obtenção do C- CO_2 foi: $C-CO_2 = (B - V_A) \cdot M \cdot 12 \cdot (V_1 / V_A)$, em que B é o volume de HCl usado na referência (mL), V_A é o volume de HCl usado na amostra (mL), M é a concentração real de HCl, 12 é o peso equivalente do carbono, e V_1 é o volume total de NaOH usado na captura de CO_2 (mL).

Por fim foram calculados os valores do quociente metabólico (qCO_2), que é uma relação entre o C- CO_2 liberado pelos microrganismos e o carbono da biomassa microbiana. Esse índice é um indicador da eficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono à própria biomassa (Anderson e Domsch, 1989).

4.4. Análise Estatística dos Dados

O efeito da área de coleta (a, b, c, d) e das espécies de gramíneas (invasoras: MM, MR e UD e nativas: LC, TL e P) sobre: (i) densidade total de bactérias e fungos presentes no solo; (ii) densidade total e diversidade de protozoários ativos; (iii) conteúdo de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana; (iv) conteúdo de carbono e nitrogênio orgânico total; (v) respiração microbiana; (vi) quociente metabólico foram analisados através do ajuste de modelos lineares mistos (Faraway, 2006). Este tipo de análise estatística foi utilizada devido à pseudo replicação existente na coleta dos dados, apesar dos experimentos terem sido realizados em triplicatas para a análise estatística foram utilizados os valores de duas alíquotas de uma amostra de solo de um mesmo indivíduo de uma espécie de gramínea, para os protozoários foram utilizadas as médias (duas alíquotas/amostra), ferindo a pressuposição de independência dos erros das análises estatísticas padrão (Crawley, 2013).

Para as análises, a área de coleta e as espécies de gramíneas foram consideradas fatores fixos e o período de coleta (março e setembro) como variável aleatória. A inserção do fator aleatório “período de coleta” no modelo estatístico introduz uma estrutura de covariância que leva em consideração possíveis correlações entre as variáveis resposta e as espécies de gramíneas dentro de uma mesma área em adição à variabilidade extra do ambiente sobre as áreas e gramíneas nos diferentes períodos de coleta. Os efeitos de interdependência entre as variáveis área e espécie foram considerados na análise quando significativos. A diferença entre cada efeito fixo no modelo foi comparada através do teste de Wald (Crawley, 2013). Análise de resíduos foi feita para confirmar a normalidade dos ajustes obtidos. Para as análises foi utilizado o pacote “lme4” do software estatístico R (The R Foundation for Statistical Computing; <http://www.R-project.org>).

A análise de componentes principais foi realizada utilizando os dados climatológicos e os dados físico-químicos do solo da rizosfera de todas as gramíneas estudadas (invasoras: MM, MR, UD e nativas: LC, TL, UD), em ambas as fitofisnomias (nas áreas de campo cerrado e campo sujo) e em ambas as coletas (março e setembro) a fim de verificar se houve influência destas variáveis nas amostras analisadas, utilizando Past 3.07 (Hammer *et al.*, 2001)

5. Resultados

5.1. Parâmetros ambientais

Os valores médios dos parâmetros climatológicos (temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa e velocidade do vento), e precipitação pluviométrica utilizando os valores totais. Os valores médios das variáveis físicas (temperatura e umidade do solo), composição granulométrica (areia grossa, areia média areia fina, silte e argila) e químicas (pH e conteúdo de matéria orgânica) do solo da rizosfera de cada espécie de gramínea para as coletas realizadas em março e setembro estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os dados brutos diários dos parâmetros climatológicos para meses em que foram realizadas as coletas são apresentados em Anexos.

Tabela 1- Coleta de março de 2015: Dados climatológicos e parâmetros para as variáveis físicas e químicas do solo da rizosfera das espécies de gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR) e *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)) nas quatro áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

Espécies	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Pluv. (mm)	Umidade Rel. (%)	Veloc. Vento(m/s)	Temp. solo(°C)	pH	Um. solo(%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Silte (%)	Argila(%)	Matéria orgânica(%)	
Área CC1	MM						4,74(±0,10)	4,67(±1,50)	1,60(±0,02)	25,26(±3,20)	64,97(±3,60)	4,13(±1,40)	4,96(±0,01)	1,02(±0,20)	
	MR						4,56(±0,04)	3,08(±0,60)	1,70(±0,20)	27,2(±3,80)	63,38(±3,30)	2,45(±0,02)	4,91(±2,50)	0,98(±0,04)	
	UD	32(±1,00)	18,67(±4,60)	47	64,33(±8,60)	2,67(±2,50)	24,17(±0,70)	4,74(±0,04)	3,07(±1,10)	1,56(±0,20)	24,12(±1,20)	66,91(±2,50)	4,91(±2,40)	6,58(±3,70)	0,94(±0,05)
	LC						4,62(±0,10)	2,63(±1,90)	1,55(±0,06)	29,11(±1,80)	61,39(±1,70)	4,13(±1,40)	6,60(±1,40)	1,25(±0,20)	
	TL						4,46(±0,03)	4,61(±1,00)	1,59(±0,40)	30,54(±2,80)	60,05(±2,00)	4,99(±2,50)	6,63(±3,80)	1,39(±0,20)	
	P						4,54(±0,01)	2,65(±0,60)	1,54(±0,20)	26,92(±3,3)	64,13(±3,20)	2,49(±0,02)	7,46(±0,06)	1,26(±0,40)	
Área CC2	MM						4,62(±0,09)	5,72(±2,90)	1,37(±0,10)	31,22(±4,60)	60,32(±5,60)	4,05(±2,70)	4,09(±1,40)	0,96(±0,30)	
	MR						4,52(±0,06)	3,04(±0,60)	1,32(±0,20)	31,22(±0,80)	60,55(±1,10)	4,97(±2,50)	5,77(±1,40)	0,94(±0,20)	
	UD	32(±1,00)	18,67(±4,60)	47	64,33(±8,60)	0	22,50(±0)	4,45(±0,06)	4,49(±1,70)	1,24(±0,20)	32,15(±7,10)	60,91(±7,40)	3,19(±1,20)	5,82(±3,80)	1,09(±0,30)
	LC						4,47(±0,03)	2,93(±0,80)	0,89(±0,20)	22,76(±5,90)	70,52(±6,00)	2,49(±0,01)	5,80(±1,40)	0,88(±0,20)	
	TL						4,50(±0,05)	3,15(±0,60)	0,86(±0,10)	27,65(±5,10)	65,85(±5,20)	2,44(±0,05)	7,36(±2,50)	0,98(±0,10)	
	P						4,52(±0,04)	2,24(±1,00)	1,09(±0,30)	28,04(±2,40)	64,21(±2,40)	2,47(±0,03)	4,13(±1,50)	1,08(±0,50)	
Área CS1	MM						4,95(±0,20)	3,17(±1,40)	0,61(±0,20)	27,16(±1,00)	67,23(±1,00)	3,31(±1,40)	3,16(±1,20)	0,76(±0,20)	
	MR						4,96(±0,05)	1,97(±0,90)	0,36(±0,20)	23,66(±2,40)	71,04(±3,30)	2,46(±0,03)	3,28(±1,40)	0,99(±0,07)	
	UD	32(±1,00)	18,67(±4,60)	47	64,33(±8,60)	1,53(±2,60)	22,50(±0)	4,87(±0,02)	3,28(±0,30)	0,35(±0,10)	23,37(±5,80)	71,82(±5,70)	2,48(±0,01)	3,31(±1,40)	0,77(±0,06)
	LC						4,74(±0,05)	2,33(±0,50)	0,46(±0,10)	25,78(±5,40)	69,44(±5,20)	3,29(±1,40)	3,39(±1,40)	0,79(±0,05)	
	TL						4,73(±0,09)	3,22(±0,80)	0,38(±0,20)	30,86(±6,80)	64,23(±6,50)	2,45(±0,03)	3,27(±1,40)	0,90(±0,10)	
	P						4,84(±0,20)	2,10(±0,10)	0,44(±0,10)	29,47(±3,10)	65,55(±3,00)	2,45(±0,03)	4,91(±0,07)	0,88(±0,20)	
Área CS2	MM						4,97(±0,10)	0,41(±1,30)	0,26(±0,03)	31,29(±4,10)	63,28(±4,00)	5,78(±1,40)	5,78(±1,40)	0,92(±0,08)	
	MR						4,99(±0,09)	0,78(±1,10)	0,27(±0,10)	30,39(±4,70)	63,92(±5,30)	4,11(±1,40)	4,12(±1,40)	0,61(±0,40)	
	UD	32(±1,00)	18,67(±4,60)	47	64,33(±8,60)	1,03(±4,60)	23(±1,10)	5,00(±0,10)	0,68(±1,00)	0,13(±0,10)	37,24(±2,60)	58,16(±2,20)	3,28(±0,01)	3,28(±1,40)	0,54(±0,10)
	LC						4,83(±0,08)	0,56(±1,20)	0,22(±0,10)	35,35(±6,30)	59,79(±5,90)	4,96(±1,40)	2,47(±1,40)	0,92(±0,20)	
	TL						4,81(±0,07)	0,36(±0,60)	0,21(±0,20)	35,57(±3,00)	59,81(±3,20)	4,94(±0,03)	2,47(±1,40)	0,70(±0,02)	
	P						4,86(±0,05)	0,29(±0,60)	0,30(±0,08)	34,38(±4,10)	58,55(±4,30)	4,12(0,02)	3,30(±1,40)	0,91(±0,10)	

*Temp. Máx (temperatura máxima), Temp. Mín. (temperatura mínima), Pluv. (Precipitação pluviométrica), Umidade Rel. (umidade relativa), Veloc. Vento (Velocidade do vento), Temp. solo (temperatura do solo) e Um. Solo (umidade do solo).

Tabela 2 – Coleta de setembro de 2015- Parâmetros relativos às variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial) e variáveis físicas e químicas medidas no solo da rizosfera (temperatura, pH, conteúdo matéria orgânica e frações granulométricas das espécies de gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)) nas quatro áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

	Espécies	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Pluv. (mm)	Umidade Rel. (%)	Veloc. Vento(m/s)	Temp. solo(°C)	pH	Um. solo(%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Silte (%)	Argila(%)	Matéria orgânica(%)
Área CC1	MM	36,67(±7,50)	15,33(±1,50)	0	31,33(±10,40)	1,40(±1,00)	23,33(±0,60)	4,80(±0,04)	0,89(±0,40)	0,86(±0,30)	27,87(±3,70)	60,85(±3,80)	7,57(±0,20)	4,18(±2,80)	1,37(±0,70)
	MR							4,84(±0,03)	0,95(±0,60)	1,21(±0,20)	33,8(±1,70)	55,23(±2,50)	4,97(±2,50)	3,31(±1,40)	0,99(±0,05)
	UD							4,80(±0,05)	1,09(±0,10)	1,04(±0,10)	29,29(±1,10)	58,62(±1,20)	5,77(±2,90)	3,33(±1,40)	0,76(±0,07)
	LC							4,70(±0,10)	1,22(±1,20)	0,96(±0,20)	30,90(±3,10)	58,07(±2,50)	5,79(±1,40)	2,48(±0,01)	1,15(±0,50)
	TL							4,63(±0,03)	1,04(±0,60)	0,99(±0,2)	32,31(±1,70)	55,66(±2,50)	3,30(±1,40)	4,12(±1,40)	0,91(±0,10)
	P							4,66(±0,01)	0,70(±0,20)	0,91(±0,10)	32,13(±1,80)	56,74(±1,90)	4,95(±0,02)	4,13(±2,90)	0,74(±0,20)
Área CC2	MM	36,67(±7,50)	15,33(±1,50)	0	31,33(±10,40)	0,13(±0,20)	23,00(±0)	4,76(±0,10)	0,91(±0,20)	0,89(±0,20)	30,10(±3,20)	62,86(±3,60)	3,27(±1,50)	4,86(±2,40)	0,88(±0,20)
	MR							4,71(±0,06)	0,84(±0,30)	0,98(±0,20)	34,99(±2,20)	57,82(±2,20)	2,46(±0,01)	5,74(±1,40)	0,87(±0,10)
	UD							4,71(±0,06)	1,33(±0,04)	1,10(±0,03)	32,80(±3,60)	59,52(±3,20)	2,47(±0,01)	5,77(±1,50)	1,17(±0,10)
	LC							4,65(±0,03)	1,22(±0,20)	0,85(±0,20)	29,72(±2,90)	63,74(±2,90)	3,29(±1,40)	6,58(±1,40)	0,90(±0,20)
	TL							4,69(±0,05)	1,29(±0,40)	0,77(±0,03)	31,23(±3,40)	61,64(±4,20)	2,45(±0,02)	5,73(±1,40)	1,08(±0,20)
	P							4,61(±0,03)	1,11(±0,20)	0,84(±0,10)	29,48(±2,50)	63,77(±2,90)	2,48(±0,01)	4,12(±2,80)	1,02(±0,20)
Área CS1	MM	36,67(±7,50)	15,33(±1,50)	0	31,33(±10,40)	5,83(±1,40)	23,67(±0)	5,02(±0,10)	3,19(±0,20)	0,28(±0,20)	18,88(±1,00)	76,35(±0,90)	4,13(±3,80)	3,30(±3,80)	0,99(±0,10)
	MR							5,02(±0,09)	3,63(±0,30)	0,25(±0,06)	18,36(±1,30)	76,66(±1,20)	3,27(±1,40)	4,08(±1,40)	0,59(±0,20)
	UD							4,97(±0,07)	5,04(±0,20)	0,31(±0,08)	20,82(±3,30)	74,31(±3,20)	2,47(±1,40)	4,11(±1,40)	0,73(±0,10)
	LC							4,94(±0,20)	3,42(±0,40)	0,39(±0,08)	21,25(±1,90)	73,91(±2,50)	3,27(±2,50)	4,09(±0,01)	0,92(±0,30)
	TL							4,99(±0,10)	4,65(±0,20)	0,34(±0,20)	21,21(±1,90)	73,88(±2,10)	2,46(±2,50)	4,11(±0,01)	0,77(±0,10)
	P							5,07(±0,20)	3,77(±0,04)	0,28(±0,09)	24,11(±1,50)	71,39(±3,10)	2,48(±1,40)	3,30(±1,40)	0,90(±0,03)
Área CS2	MM	36,67(±7,50)	15,33(±1,50)	0	31,33(±10,40)	2,73(±1,00)	23,33(±1,50)	5,08(±0,10)	0,92(±0,70)	0,25(±0,05)	28,11(±1,10)	67,19(±1,30)	4,11(±2,80)	3,28(±1,40)	0,79(±0,10)
	MR							5,04(±0,03)	0,85(±0,60)	0,15(±0,05)	30,84(±2,30)	64,14(±2,80)	4,11(±2,90)	4,11(±2,90)	0,77(±0,10)
	UD							5,01(±0,10)	0,43(±0,20)	0,15(0,10)	26,17(±4,40)	68,81(±4,30)	2,47(±0,02)	3,29(±1,50)	0,85(±0,10)
	LC							4,99(±0,08)	0,28(±0,20)	0,25(±0,20)	26,61(±4,50)	68,65(±4,60)	3,27(±1,40)	5,75(±2,90)	0,72(±0,50)
	TL							4,94(±0,10)	2,1(±2,00)	0,15(±0,09)	26,55(±1,40)	68,42(±1,10)	3,27(±1,40)	4,93(±2,50)	0,92(±0,30)
	P							4,87(±0,10)	0,84(±0,40)	0,21(±0,01)	27,04(±4,20)	67,46(±5,00)	4,94(±2,50)	5,77(±1,40)	0,92(±0,30)

*Temp. Máx (temperatura máxima), Temp. Mín. (temperatura mínima), Pluv. (precipitação pluviométrica), Umidade Rel. (umidade relativa), Veloc. Vento (Velocidade do vento), Temp. solo (temperatura do solo) e Um. Solo (umidade do solo).

Os valores de temperatura máxima, média e mínima média e pluviosidade de todos os meses do ano 2015 podem ser observados na Figura 8. Nas Figuras 9 e 10 podem ser observados os valores diários de temperatura máxima, média, mínima e de pluviosidade nos meses de março e de setembro de 2015.

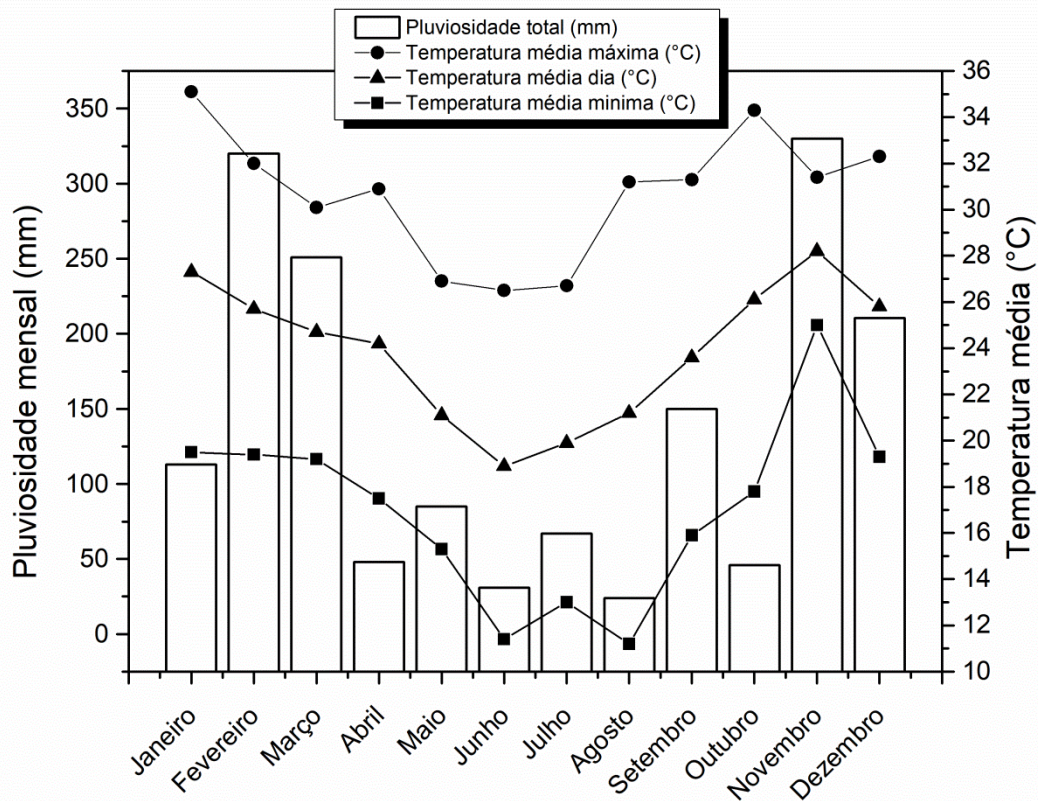


Figura 12 Temperatura máxima, média e mínima média mensal e pluviosidade mensal da Estação Ecológica de Itirapina do ano de 2015.

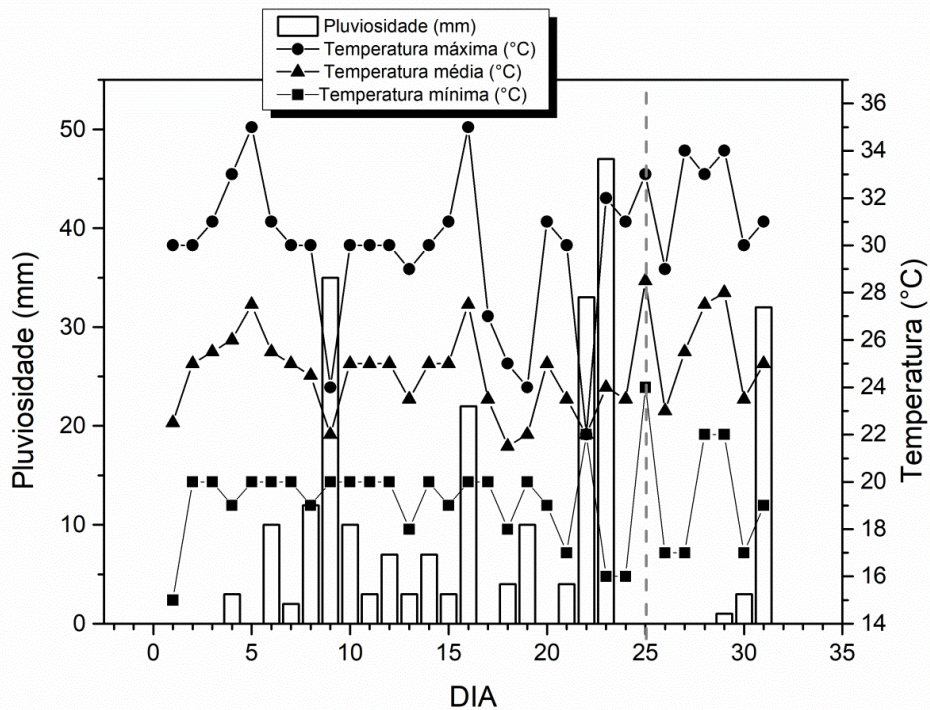


Figura 13 Pluviosidade e temperaturas diárias máxima, média e mínima no mês de março no ano de 2015. A linha tracejada na vertical marca o dia da coleta (25 de março de 2015).

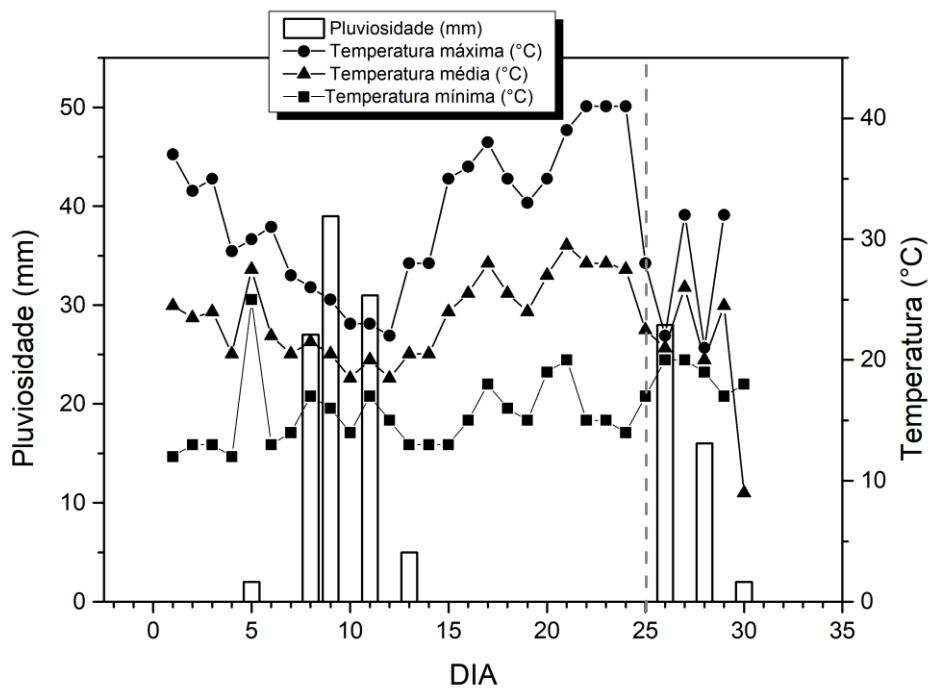


Figura 14 Pluviosidade e temperaturas diárias máxima, média e mínima no mês de setembro no ano de 2015. A linha tracejada na vertical marca o dia da coleta (25 de setembro de 2015).

Pela análise das Figuras 9 e 10 é evidenciado que, no geral, as temperaturas médias diárias do ar no mês de março foram mais elevadas que as do mês de setembro, mas foram similares nos dias de coleta dos dois períodos amostrados. Quanto à pluviosidade ocorreram chuvas em ambos os meses, contudo a precipitação total mensal foi maior no mês de março do que no mês de setembro. A maior diferença, no entanto, consiste no fato de que ocorreram chuvas nos dias imediatamente anteriores à coleta realizada no mês de março, enquanto no mês de setembro não ocorreu nenhuma precipitação nos onze dias anteriores à coleta.

5.2. Quantificação dos parâmetros microbiológicos do solo na rizosfera das gramíneas

5.2.1. Densidade total de Bactérias

A densidade total de bactérias presentes na rizosfera de plantas nativas e invasoras é apresentada na Figura 15. O período de coleta influenciou a quantidade de bactérias nas diferentes gramíneas coletadas nas quatro áreas de estudo (Fig. 16).

A análise dos dados mostrou que o efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=2,25$; $p<0,05$), o que indica que a densidade de bactérias no solo da rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas estudadas. De maneira geral, a densidade de bactérias presentes na rizosfera das gramíneas invasoras (MM, MR, UD) e nativas (LC, TL e P) não teve diferença significativa (Tab. 3), com exceção de gramínea invasora UD, onde foi constatada diferença significativa entre as áreas CC2 e CS1, e para a gramínea nativa P, em que a área CC1 diferiu das áreas CC2 e CS2 (Tab. 3).

Na fitofisionomia de campo cerrado (áreas CC1 e CC2), não foi constatada diferença na densidade de bactérias no solo da rizosfera das diferentes espécies de gramíneas estudadas. Entretanto, no campo sujo, na área CS1 houve diferença significativa entre as gramíneas nativa, TL, que apresentou a maior densidade de bactérias, e a invasora, UD, que apresentou a menor densidade de bactérias (Tab. 3). A densidade de bactérias presentes na rizosfera das demais gramíneas não diferiu estatisticamente (Tab. 3). Na área CS2, a espécie nativa P, apresentou maior densidade de bactérias, diferiu das espécies invasoras MR e UD, nas quais a densidade de bactérias foi menor (Tab. 3).

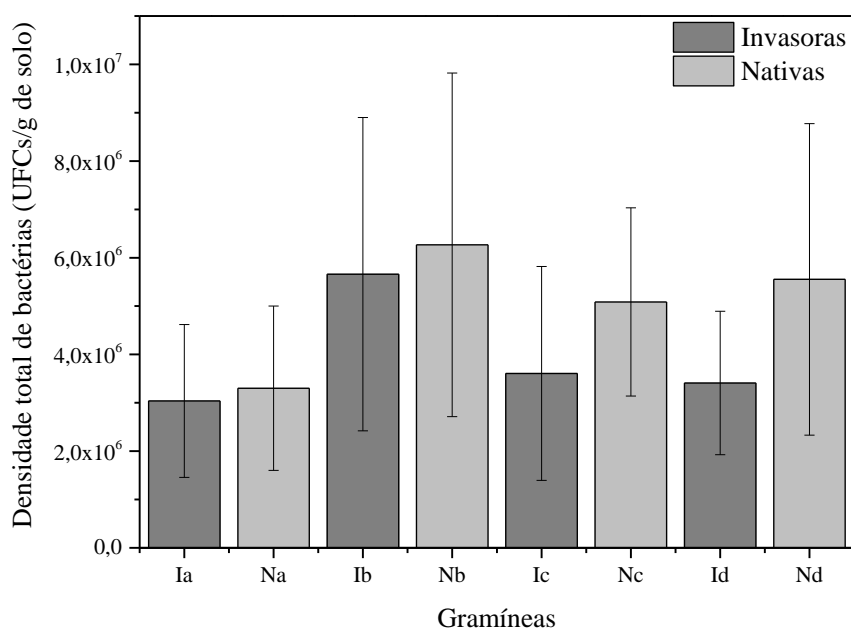


Figura 15 – Valores médios da densidade total de bactérias presentes no solo da rizosfera de plantas pertencentes a três espécies de gramíneas invasoras e três espécies de gramíneas nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

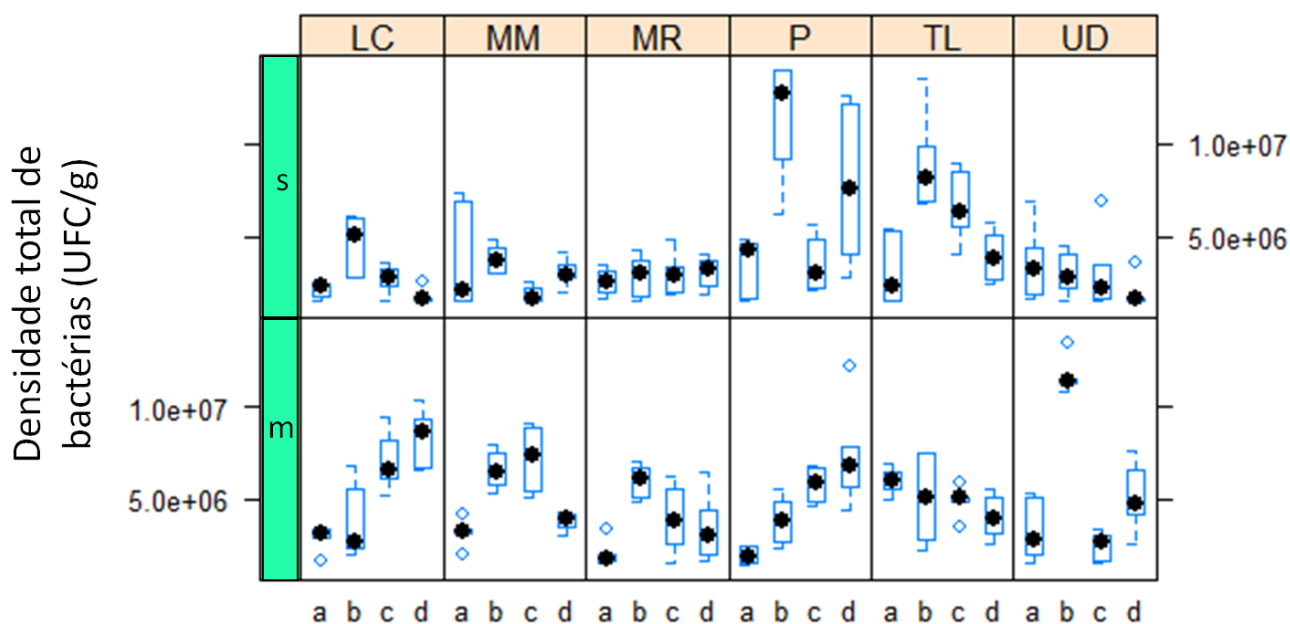


Figura 16 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de bactérias expressa em unidades formadoras de colônias (UFC) por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas

nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) do ano de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 3. Densidade total de bactérias (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	14,91(±0,20) a A	15,42(±0,20) a A	15,10(±0,20) a ABC	15,03(±0,20) a ABC
<i>M. repens</i>	14,60(±0,20) a A	15,21(±0,20) a A	14,98(±0,20) a ABC	14,93(±0,20) a B
<i>U. decumbens</i>	14,94(±0,20) abc A	15,56(±0,20) b A	14,74(±0,20) c B	14,91(±0,20) abc B
<i>L. chrysothrix</i>	14,73(±0,20) a A	15,15(±0,20) a A	15,26(±0,20) a ABC	15,14(±0,20) a ABC
<i>T. leiostachya</i>	15,21(±0,20) a A	15,66(±0,20) a A	15,54(±0,20) a C	15,16(±0,20) a ABC
<i>Panicum sp</i>	14,73(±0,20) c A	15,67(±0,20) b A	15,28(±0,20) abc ABC	15,75(±0,20) b C

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa das diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.2.2. Densidade total de fungos

A densidade total de fungos presentes no solo da rizosfera de plantas nativas e invasoras é apresentada na Figura 17. O período de coleta influenciou a densidade de fungos nas diferentes espécies de gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 18).

A análise mostrou que o efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=10,31$; $p<0,05$), indicando que a densidade na rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa nas gramíneas estudadas, exceto para MR (Tab. 4). A gramínea MM na área CS2 foi significativamente diferente considerando-se a densidade de fungos das áreas CS1 e CC2, as áreas CC1 e CC2 também foram significativamente diferentes entre si. Para a gramínea invasora UD houve diferença significativa na densidade de fungos nas áreas CC1 e CS2 quando comparadas com as áreas CC2 e CS1 (Tab. 4).

Na área CC1 a densidade de fungos na gramínea nativa LC diferiu significativamente das áreas CS1 e CS2. Na área CC2 a densidade de fungos na rizosfera de LC diferiu da área CS2. A densidade de fungos na gramínea nativa TL diferiu entre as áreas CC2 e CS2. A gramínea nativa P mostrou diferença significativa na densidade de fungos da área CS2 com as demais áreas (Tab. 4)

Na área CC1 a espécie nativa LC apresentou a maior densidade de fungos e diferiu significativamente de todas as gramíneas invasoras, as quais apresentaram menor densidade (Tab. 4). A densidade de fungos na área CC1 foi maior no solo da rizosfera da gramínea nativa P do que nas gramíneas invasoras MM e MR. Na área CC2 a gramínea invasora MR

apresentou a menor densidade de fungos e diferiu significativamente das demais gramíneas; a gramínea invasora UD apresentou a maior densidade de fungos e diferiu da nativa LC. Na área CS1 a invasora UD apresentou a maior densidade de fungos e diferiu significativamente de todas as gramíneas nativas, que apresentaram menor densidade de fungos. Na área CS2 a gramínea invasora MR apresentou a maior densidade de fungos e diferiu significativamente da nativa P que apresentou a menor densidade de fungos (Tab. 4).

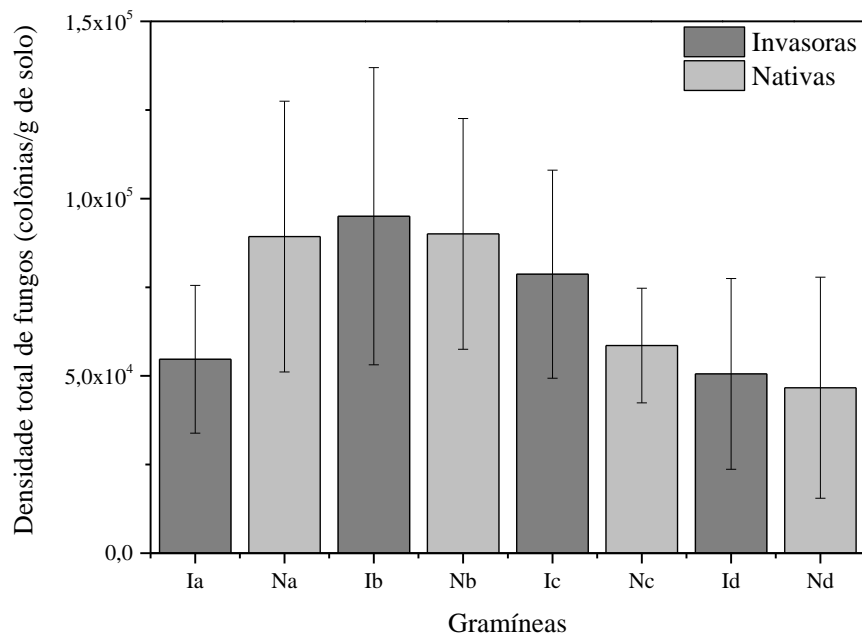


Figura 17 Valores médios de densidade total de fungos presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

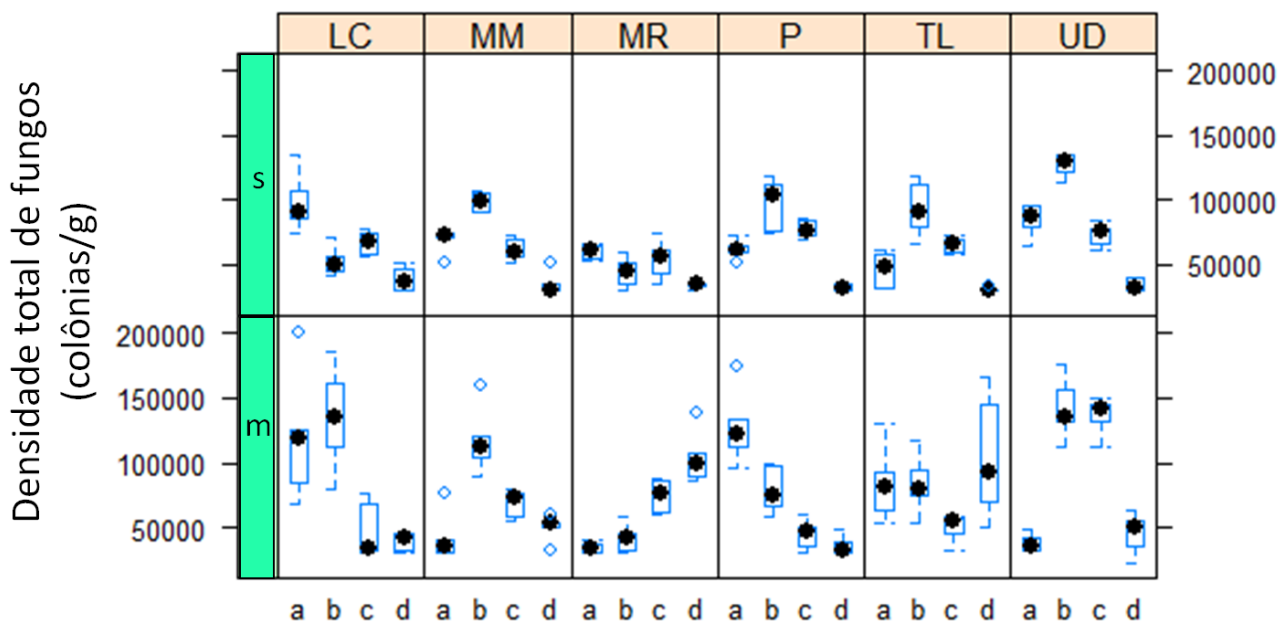


Figura 18 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de fungos expressa em colônias por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) do ano de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 4 Densidade total de fungos (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	10,86(±0,12) ac AC	11,57(±0,12) b AC	11,08(±0,12) a AB	10,62(±0,12) c AB
<i>M. repens</i>	10,72(±0,12) a AC	10,64(±0,12) a B	11,05(±0,12) a AB	10,99(±0,12) a B
<i>U. decumbens</i>	10,93(±0,12) a C	11,80(±0,12) b C	11,51(±0,12) b B	10,56(±0,12) a AB
<i>L. chrysothrix</i>	11,55(±0,12) a B	11,31(±0,12) ab A	10,88(±0,12) bc A	10,56(±0,12) c AB
<i>T. leiostachya</i>	11,01(±0,12) ab ABC	11,36(±0,12) a AC	10,95(±0,12) ab A	10,90(±0,12) b AB
<i>Panicum sp</i>	11,38(±0,12) a BC	11,36(±0,12) a AC	10,97(±0,12) a A	10,56(±0,12) b A

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa das diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.2.3. Densidade total de protozoários ativos e diversidade de protozoários ativos e crípticos

A densidade de protozoários ativos presentes no solo da rizosfera de plantas nativas e invasoras é mostrada na Figura 19. O período de coleta influenciou a densidade de protozoários ativos nas diferentes espécies gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 20).

O efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,119}=3.88$; $p<0,05$). Considerando cada espécie de gramínea nas diferentes áreas não houve diferença significativa na densidade de protozoários ativos entre as nativas e as invasoras (Tab. 5). Considerando as quatro áreas, e as fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, não foi constatada diferença significativa na densidade de protozoários ativos na rizosfera das diferentes espécies de gramíneas estudadas (Tab. 5).

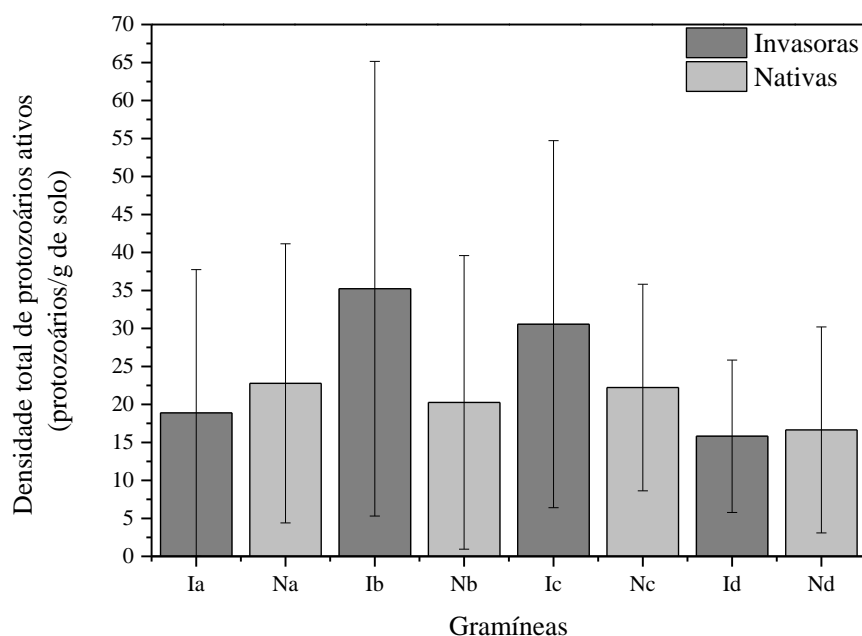


Figura 19 Valores médios da densidade total de protozoários ativos presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

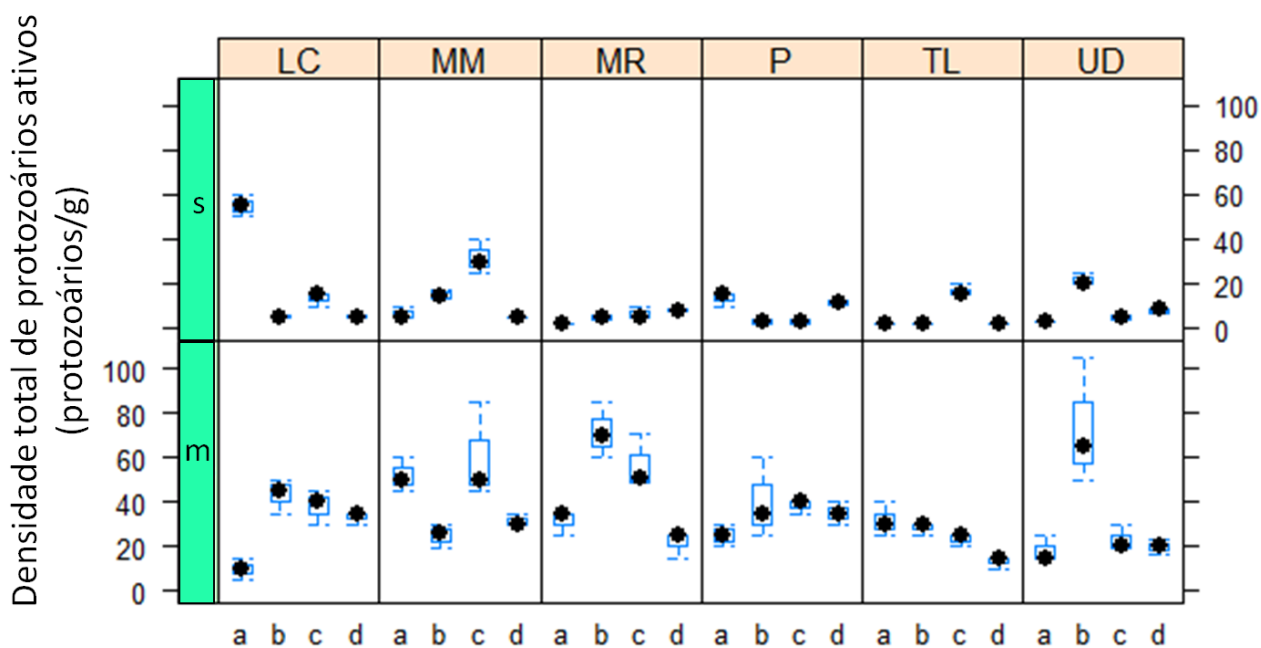


Figura 20 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da densidade total de protozoários ativos expressa em número de protozoários por grama de solo. São apresentados os resultados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015, nas quatro áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 5 Densidade total de protozoários ativos (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas nas 4 áreas amostradas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	2,89(±0,83) a A	2,95(±0,83) a A	3,74(±0,83) a A	2,53(±0,83) a A
<i>M. repens</i>	1,97(±0,83) a A	2,92(±0,83) a A	2,93(±0,83) a A	2,58(±0,83) a A
<i>U. decumbens</i>	2,04(±0,83) a A	3,66(±0,83) a A	2,36(±0,83) a A	2,55(±0,83) a A
<i>L. chrysothrix</i>	3,11(±0,83) a A	2,67(±0,83) a A	3,10(±0,83) a A	2,55(±0,83) a A
<i>T. leiostachya</i>	1,97(±0,83) a A	1,92(±0,83) a A	2,97(±0,83) a A	1,54(±0,83) a A
<i>Panicum sp</i>	2,89(±0,83) a A	2,40(±0,83) a A	2,41(±0,83) a A	2,99(±0,83) a A

Letras minúsculas indicam diferença significativa para cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre as diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

Quando a densidade de protozoários ativos foi dividida em grupos taxonômicos, foi observado que as amostras de março apresentaram maior densidade para maioria das gramíneas estudadas, tanto nativas quanto invasoras, com exceção da gramínea nativa LC na área 1 de campo cerrado que mostrou maior densidade na coleta de setembro. Houve também maior número de táxons na coleta de março comparado com setembro, sendo que

para protozoários ativos foram obtidos um total de 17 morfoespécies divididas em 5 grupos taxonômicos (Hymenostomatida, Hypotrichia, Colpodea, Pleurostomatida e Tecameba) nas duas fitofisionomias estudadas. No campo cerrado foram obtidas 16 morfoespécies divididas em 5 grupos taxonômicos, e no campo sujo foram 12 morfoespécies divididas em 4 grupos taxonômicos. O grupo taxonômico que apresentou maior densidade foi Hymenostomatida e o segundo foi o Colpodea, sendo que o número de táxons presentes na rizosfera das gramíneas estudadas foi similar entre gramíneas nativas e invasoras (Figura 21).

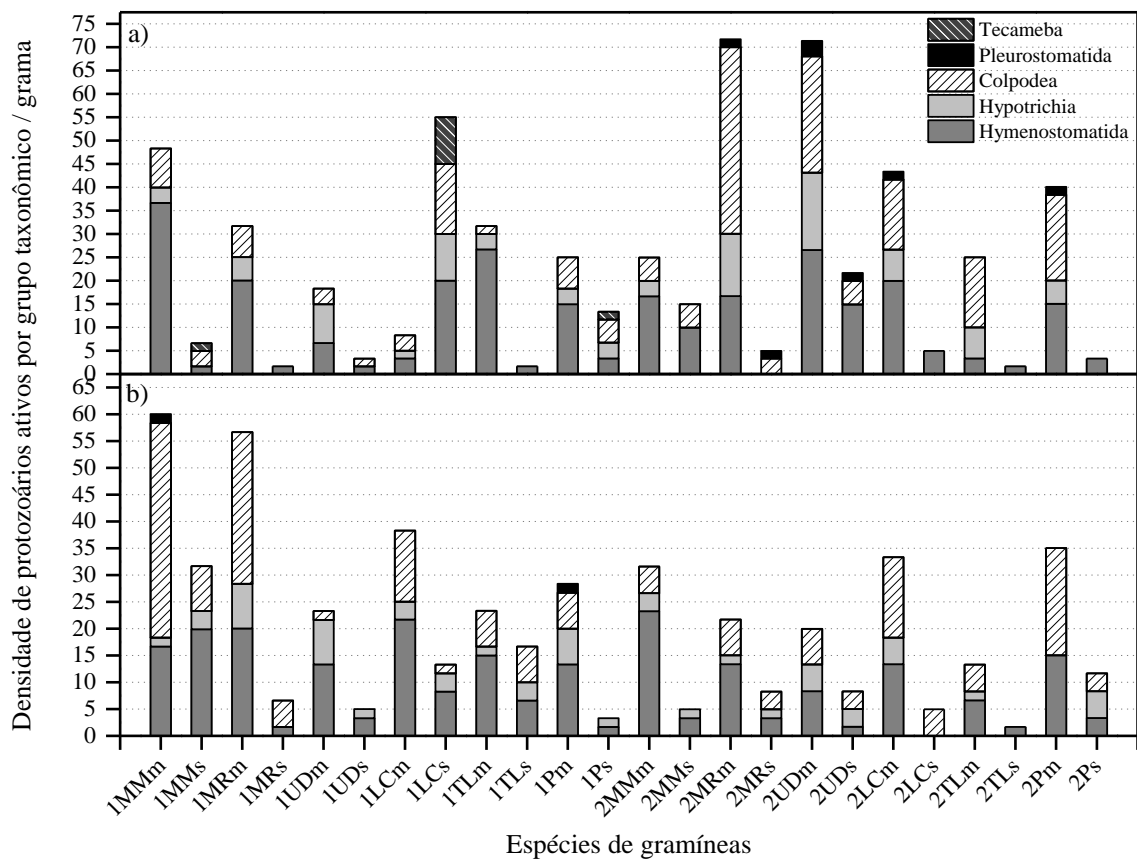


Figura 21 Densidade de protozoários ativos por grupo taxonômico (Hymenostomatida, Hypotrichia, Colpodea, Pleurostomatida e Tecameba), expressa em número protozoários ativos por grama de solo para todas as espécies de gramíneas estudadas (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD), *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas as áreas (1 e 2), em ambas as coletas (“m” março e “s” setembro), sendo “a)” campo cerrado e “b)” campo sujo.

Considerando a diversidade de protozoários crípticos foram obtidas 57 morfoespécies divididas em 11 grupos taxonômicos (Hypotrichia, Hymenostomatida, Pleurostomatida, Heterotrichia, Gymnostomatida, Colpodea, Cyrtophorida, Suctoria,

Tecameba, Ameba e Oligotrichia). O número de morfoespécies e de grupos taxonômicos foi diferentes nas fitofisionomias. No campo cerrado foram obtidas 44 morfoespécies divididas em 10 grupos taxonômicos e no campo sujo 53 morfoespécies divididas em 11 grupos taxonômicos. As gramíneas nativas e invasoras apresentaram um número de grupos taxonômicos parecidos (variando de 7 a 11) grupos considerando todas as áreas estudadas nas duas coletas. O grupo taxonômico que mostrou maior diversidade de morfoespécies (nas duas coletas, em todas as gramíneas e áreas estudadas) foi Hypotrichia, seguido por Colpodea (Figura 22).

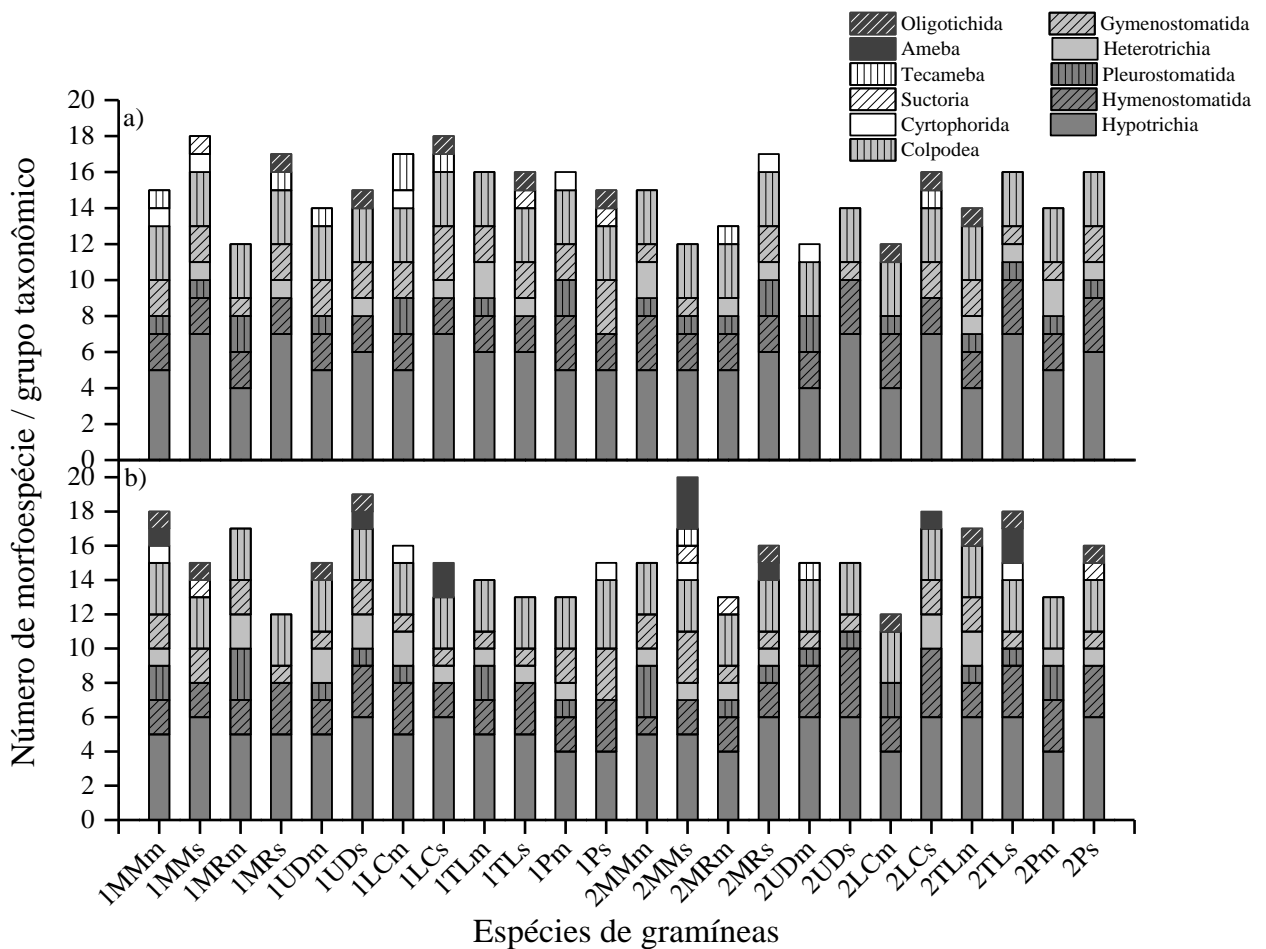


Figura 22 Número de morfoespécies de protozoários crípticos por grupo taxonômico (Hypotrichia, Hymenostomatida, Pleurostomatida, Heterotrichia, Gymenostomatida, Colpodea, Cyrtophorida, Suctoria, Tecameba, Ameba e Oligotrichia) presentes no solo da rizosfera para todas as espécies de gramíneas estudadas (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD), *Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas as áreas (1 e 2), em ambas as coletas (“m” março e “s” setembro), sendo “a” campo cerrado e “b”) campo sujo.

5.3. Conteúdo de carbono

5.3.1. Carbono da biomassa microbiana

Os resultados do conteúdo de carbono da biomassa microbiana presente no solo da rizosfera das diferentes espécies de gramíneas nativas e invasoras são apresentados na Figura 23. O carbono da biomassa microbiana nas diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo foi influenciado pelo período de coleta (Fig. 24).

O efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=2.77$; $p<0,05$), indicando que a rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa no carbono da biomassa microbiana presente no solo da rizosfera de duas gramíneas nativas (LC e TL) e de uma das invasoras (UD) (Tab. 6). Nas gramíneas nativas LC e TL o carbono da biomassa microbiana diferiu significativamente entre as áreas CC1 e CS1. Nas áreas CC1 e CS2 as quantidades de carbono da biomassa microbiana no solo da rizosfera da gramínea invasora UD foram significativamente diferentes daquelas nas áreas CC2 e CS1 (Tab. 6).

Considerando-se as quatro áreas, fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, constatou-se diferença significativa entre o carbono da biomassa microbiana no solo da rizosfera nas gramíneas nativas e o correspondente para as gramíneas invasoras, sendo que foram obtidos valores maiores nas gramíneas nativas (Tab. 6, Fig. 23).

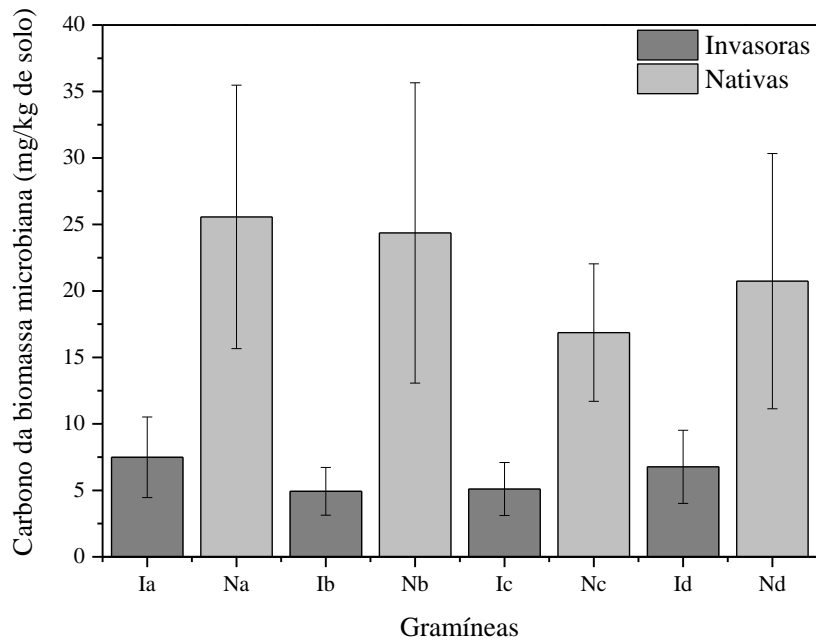


Figura 23 Valores médios de conteúdo carbono da biomassa microbiana presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

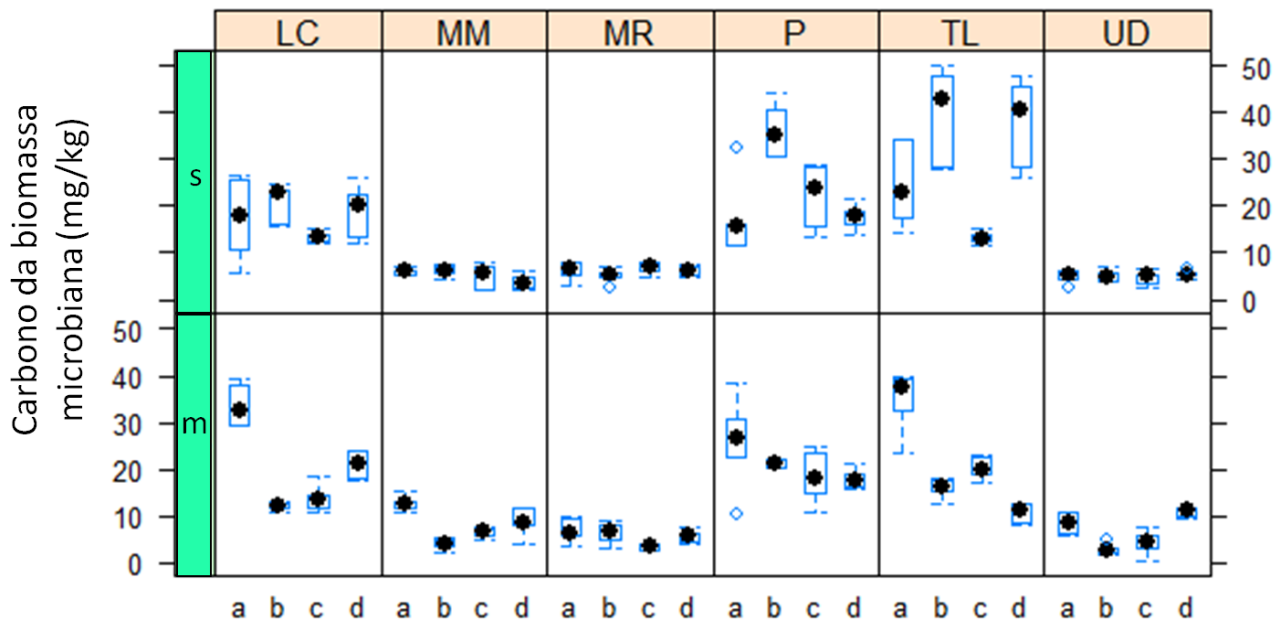


Figura 24 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão das concentrações de carbono da biomassa microbiana, expressas em mg/kg de solo da rizosfera das espécies de gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e das gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC),

Tristachya leiostachya (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 6 Carbono da biomassa microbiana (ln) no solo da rizosfera de diferentes espécies de gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	2,15(±0,12) a A	1,57(±0,12) a A	1,67(±0,12) a A	1,70(±0,12) a A
<i>M. repens</i>	1,83(±0,12) a A	1,68(±0,12) a A	1,54(±0,12) a A	1,76(±0,12) a A
<i>U. decumbens</i>	1,82(±0,12) a A	1,32(±0,12) b A	1,35(±0,12) b A	2,03(±0,12) a A
<i>L. chrysothrix</i>	3,12(±0,12) a B	2,76(±0,12) ab B	2,60(±0,12) b B	2,97(±0,12) ab B
<i>T. leiostachya</i>	3,34(±0,12) a B	3,21(±0,12) ab B	2,79(±0,12) b B	2,98(±0,12) ab B
<i>Panicum sp</i>	2,98(±0,12) a B	3,32(±0,12) a B	2,96(±0,12) a B	2,87(±0,12) a B

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa na quantidade de carbono da biomassa microbiana no solo da rizosfera das diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.3.2. Carbono orgânico total

As concentrações de carbono orgânico total no solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras são mostradas na Figura 25. O carbono orgânico total foi influenciado pelo período de coleta nas diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 26).

O efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=2.06$; $p<0,05$), indicando que a rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa entre as concentrações de carbono orgânico total presentes no solo da rizosfera das gramíneas nativas e naquele das invasoras entre as áreas de campo cerrado e de campo sujo. As gramíneas invasoras MM e MR e a nativa LC também apresentaram diferença no carbono orgânico total entre as áreas CS1 e CS2 (Tab. 7).

Considerando as quatro áreas, fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, constatou-se diferença significativa no carbono orgânico total no solo da rizosfera das gramíneas nativas em comparação com aquele das espécies invasoras, sendo que foram obtidos valores maiores na rizosfera das gramíneas nativas (Tab. 7, Fig. 25).

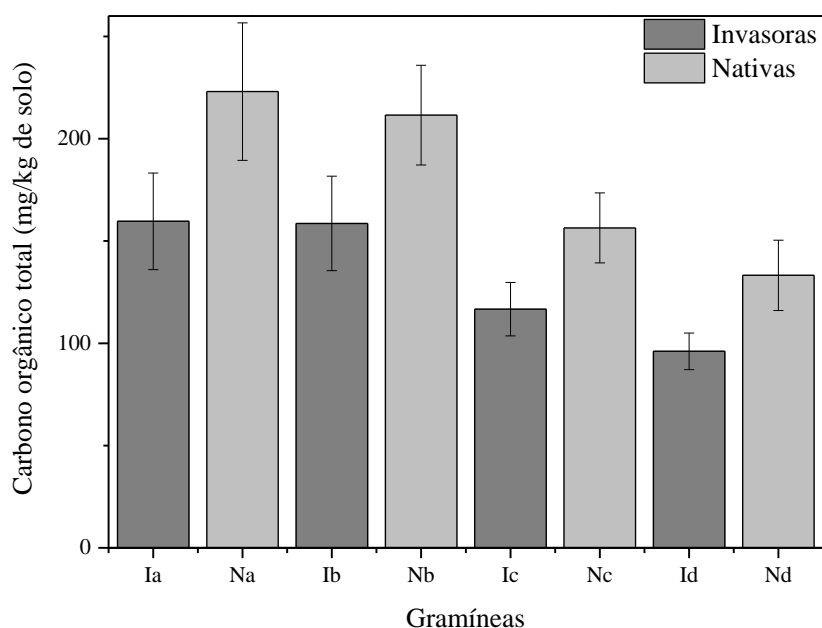


Figura 25 Valores médios de conteúdo carbono orgânico total presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

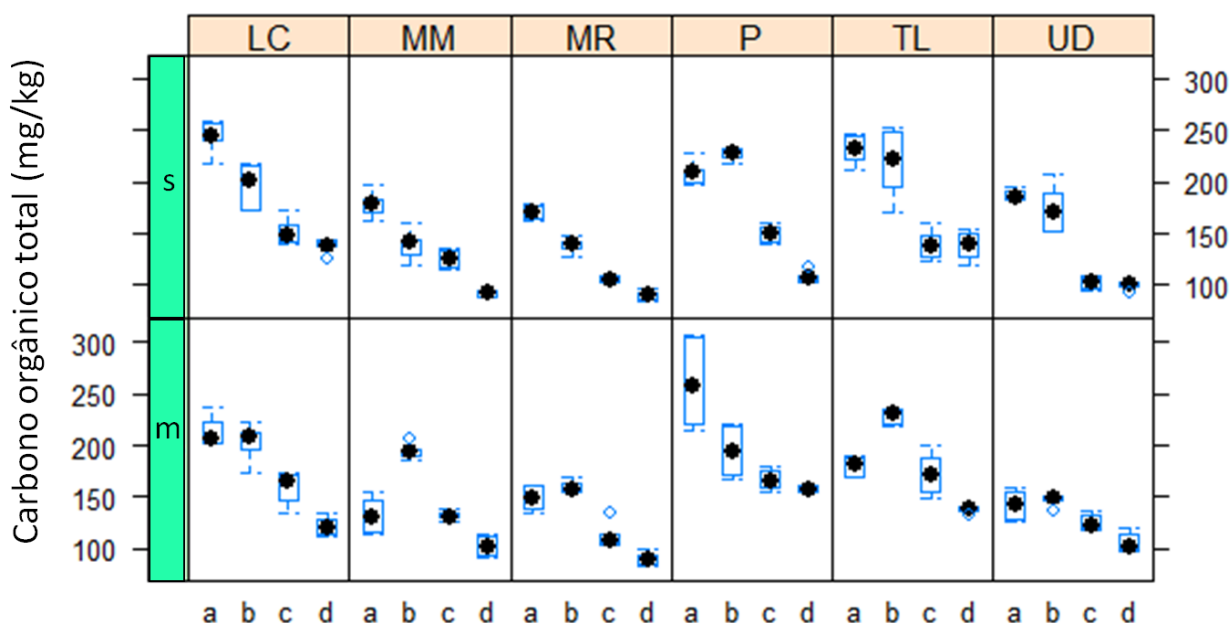


Figura 26 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de carbono orgânico total expressa em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos no solo da rizosfera das gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e naquele das gramíneas nativas (*Loudetiopsis*

chrysothrix (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 para as quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 7 Concentrações de Carbono orgânico total (In) no solo da rizosfera de diferentes espécies de gramíneas nativas e invasoras, em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	5,02(±0,04) a A	5,10(±0,04) a A	4,85(±0,12) b A	4,56(±0,04) c A
<i>M. repens</i>	5,07(±0,04) a A	5,00(±0,04) a A	4,68(±0,04) b A	4,49(±0,04) c A
<i>U. decumbens</i>	5,09(±0,04) a A	5,07(±0,04) a A	4,72(±0,04) b A	4,63(±0,04) b A
<i>L. chrysothrix</i>	5,43(±0,04) a B	5,30(±0,04) a B	5,04(±0,04) b B	4,86(±0,04) c B
<i>T. leiostachya</i>	5,32(±0,04) a B	5,40(±0,04) a B	5,04(±0,04) b B	4,92(±0,04) b B
<i>Panicum sp</i>	5,45(±0,04) a B	5,34(±0,04) a B	5,06(±0,04) b B	4,87(±0,04) b B

Letras minúsculas indicam diferença significativa para cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa para diferentes espécies de gramínea em cada área (comparação em coluna).

5.4. Conteúdo de nitrogênio

5.4.1. Nitrogênio da biomassa microbiana

O conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana no solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras é mostrado na Figura 27. O nitrogênio da biomassa microbiana foi influenciado pelo período de coleta nas diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 28).

A análise mostrou que o efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=3.97$; $p<0,05$), indicando que a rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa no nitrogênio da biomassa microbiana apenas no solo da rizosfera da gramínea nativa P, em que a área CC1 diferiu da área CS2 (Tab. 8).

Considerando as quatro áreas, fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, constatou-se diferença significativa no nitrogênio da biomassa microbiana. Na área CC1 as concentrações de nitrogênio da biomassa microbiana no solo da rizosfera das gramíneas nativas LC e TL foram significativamente diferentes das concentrações nas gramíneas invasoras. Para esta mesma variável houve diferença significativa entre a gramínea nativa P e a gramínea invasora UD. Na área CC2 o conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana no solo da rizosfera da gramínea nativa P diferiu significativamente daquele nas invasoras UD e MM. Os conteúdos de nitrogênio da biomassa microbiana na rizosfera das espécies nativas LC e TL diferiram daquele na rizosfera da espécie invasora MM. Em relação ao conteúdo de nitrogênio na área CS1 houve diferença significativa entre as gramíneas nativas e as invasoras, e na área CS2 nas gramíneas nativas TL e P este foi significativamente

diferente quando comparado as gramíneas invasoras, e a nativa LC diferiu das invasoras MM e UD. Em todas as comparações mostradas acima o nitrogênio da biomassa microbiana foi maior nas gramíneas nativas (Tab. 8, Fig. 27).

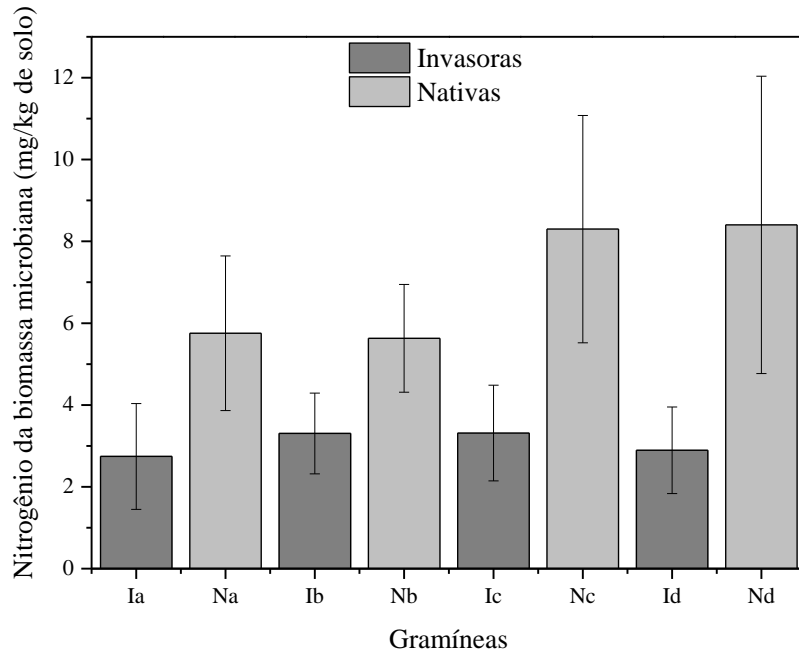


Figura 27 Valores médios de conteúdo nitrogênio da biomassa microbiana presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

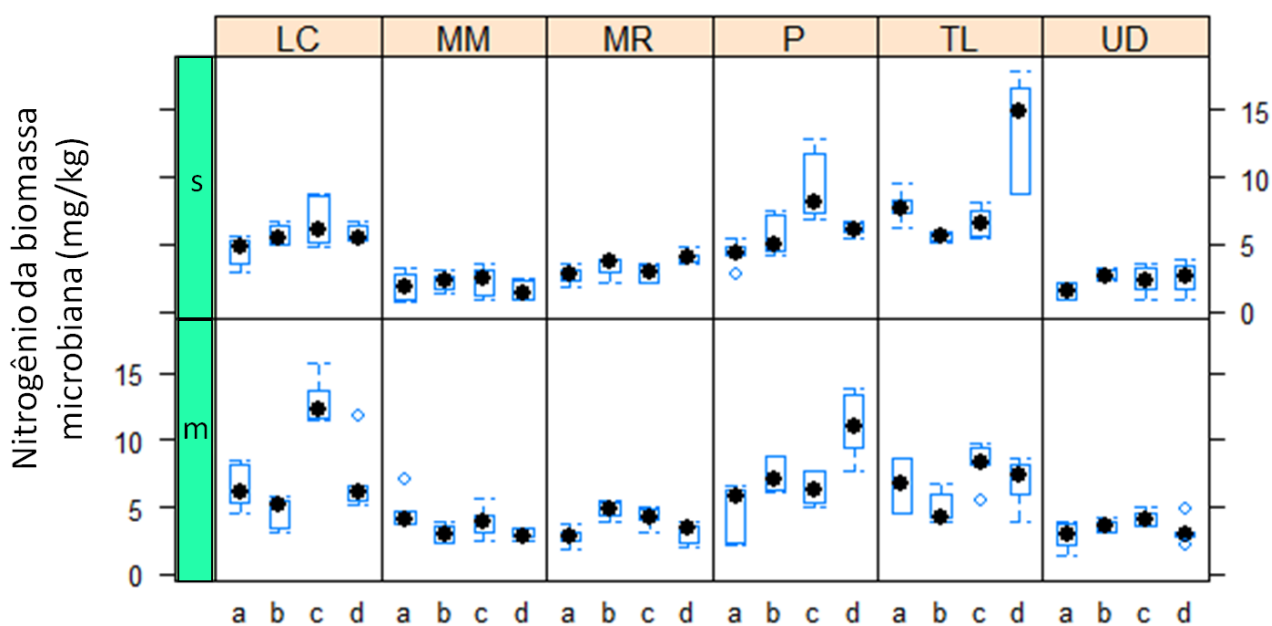


Figura 28 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana expressa em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015, nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 8 Conteúdo de Nitrogênio da biomassa microbiana (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	0,99(±0,16) a AC	0,93(±0,16) a A	1,02(±0,16) a A	0,71(±0,16) a A
<i>M. repens</i>	1,00(±0,16) a AC	1,39(±0,16) a ABC	1,23(±0,16) a A	1,26(±0,16) a AC
<i>U. decumbens</i>	0,67(±0,16) a A	1,14(±0,16) a AB	1,10(±0,16) a A	0,95(±0,16) a A
<i>L. chrysothrix</i>	1,62(±0,16) a BC	1,62(±0,16) a BC	2,20(±0,16) a B	1,82(±0,16) a C
<i>T. leiostachya</i>	1,95(±0,16) a BC	1,64(±0,16) a BC	1,98(±0,16) a B	2,23(±0,16) a BC
<i>Panicum sp</i>	1,46(±0,16) a C	1,84(±0,16) ab C	2,01(±0,16) ab B	2,10(±0,16) b BC

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa para as diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.4.2. Nitrogênio orgânico total

O conteúdo de nitrogênio orgânico total presente no solo da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras é mostrado na Figura 29. O nitrogênio orgânico total foi influenciado pelo período de coleta nas diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 30).

O efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=3.60$; $p<0,05$), indicando que a rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa no nitrogênio da biomassa microbiana presente no solo da rizosfera da gramínea nativa LC, em que a área CC2 diferiu da área CS2, e o nitrogênio orgânico total presente na rizosfera da gramínea invasora MR foi significativamente diferente na área CS2, quando comparado as áreas CC1 e CC2 (Tab. 9).

Considerando as quatro áreas, fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, constatou-se diferença significativa no nitrogênio da biomassa microbiana. Na área CC1 as gramíneas nativas (LC, TL e P) foram significativamente diferentes da gramínea invasora MR. Na área CC2 as gramíneas nativas TL e P diferiram significativamente das invasoras UD e MR no conteúdo de nitrogênio orgânico total. Na área CS1 houve diferença significativa entre as gramíneas nativas (LC, TL e P) e a invasora MR, e a gramínea nativa TL também foi significativamente diferente das invasoras MM e UD. Na área CS2 o conteúdo de nitrogênio no solo da rizosfera das gramíneas nativas (LC, TL e P) foi significativamente diferente do das gramíneas invasoras MR e UD, e a nativa LC também diferiu da invasora MM. Em todas as comparações apresentadas acima o nitrogênio orgânico total foi maior nas gramíneas nativas (Tab. 9, Fig. 29).

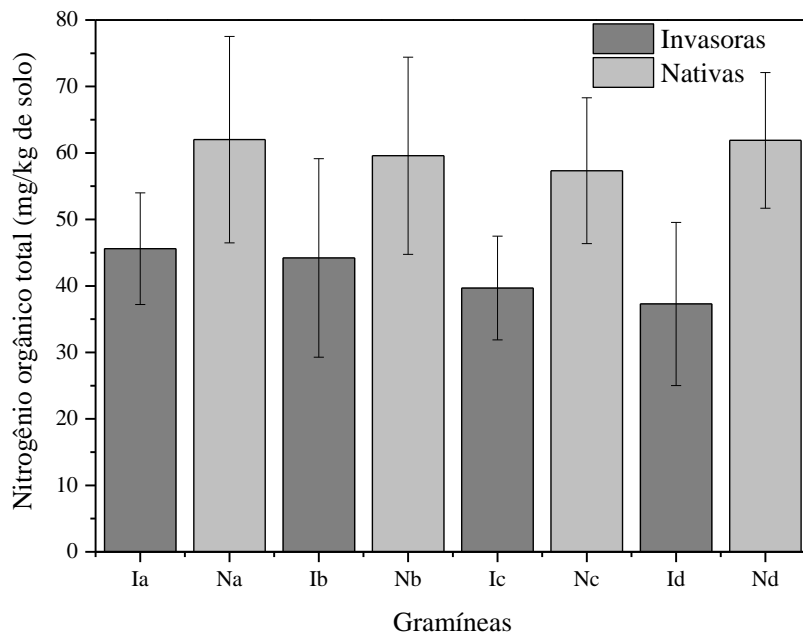


Figura 29 Valores médios de conteúdo nitrogênio orgânico total presentes no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

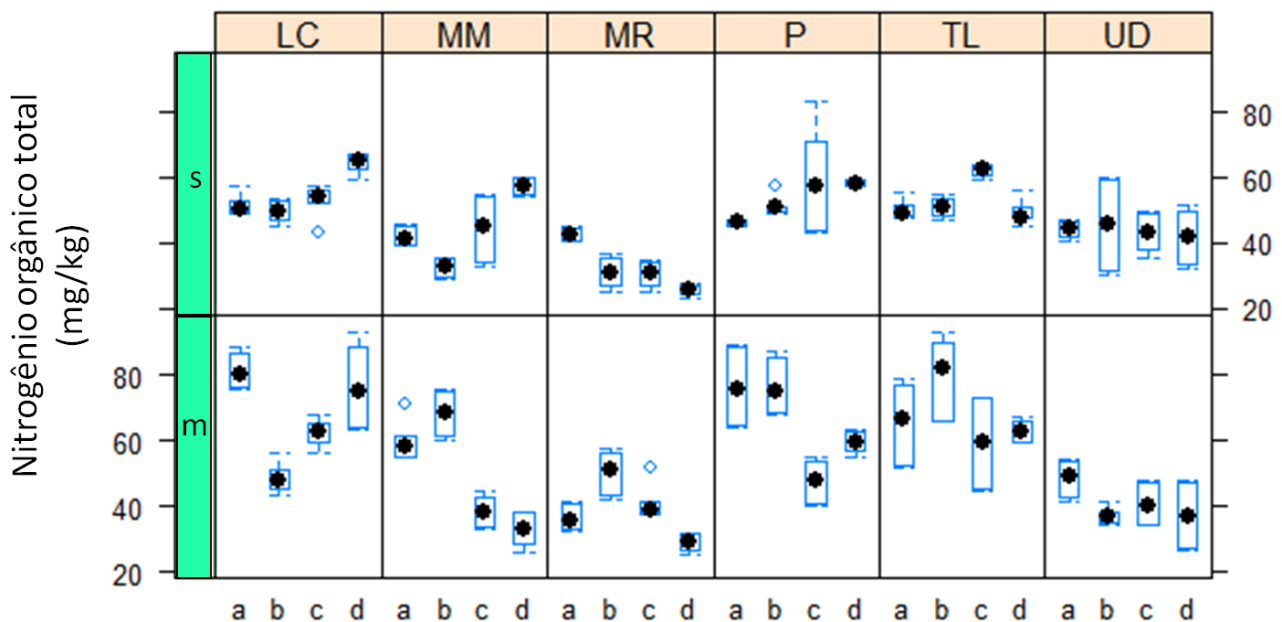


Figura 30 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do conteúdo de nitrogênio orgânico total expresso em mg/kg de solo. São apresentados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC),

Tristachya leiostachya (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 9 Conteúdo de Nitrogênio orgânico total (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	3,91(±0,09) a AB	3,85(±0,09) a AB	3,70(±0,09) a AB	3,77(±0,09) a AB
<i>M. repens</i>	3,67(±0,09) a B	3,56(±0,09) a B	3,56(±0,09) ab B	3,30(±0,09) b B
<i>U. decumbens</i>	3,83(±0,09) a AB	3,69(±0,09) a B	3,72(±0,09) a AB	3,64(±0,09) a B
<i>L. chrysothrix</i>	4,17(±0,09) ab A	3,89(±0,09) a AB	4,05(±0,09) ab AC	4,25(±0,09) b C
<i>T. leiostachya</i>	4,04(±0,09) a A	4,15(±0,09) a A	4,09(±0,09) a C	4,02(±0,09) a AC
<i>Panicum sp</i>	4,08(±0,09) a A	4,14(±0,09) a A	3,95(±0,09) a AC	4,07(±0,09) a AC

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa para as diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.5. Respiração microbiana

A Figura 31 mostra a variação da respiração microbiana na rizosfera das gramíneas nativas e invasoras nas quatro áreas de estudo. A respiração microbiana foi influenciada pelo período de coleta nas diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 32).

A análise mostrou que o efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=5.93$; $p<0,05$). Considerando cada gramínea nas diferentes áreas não houve diferença significativa na respiração microbiana da rizosfera. (Tab. 10).

Considerando as áreas e as fitofisionomias de campo cerrado não foi constatada diferença significativa entre a respiração microbiana na rizosfera das gramíneas nativas e invasoras. Porém, na fitofisionomia de campo sujo houve diferença significativa, na área CS1 a gramínea nativa TL e nas invasoras MM e UD houve diferença significativa na respiração microbiana da gramínea invasora MR para a qual foi registrada a menor respiração microbiana. Na área CS2 as gramíneas nativas LC e P diferiram significativamente da gramínea invasora MR, sendo que a maior respiração microbiana foi constatada na rizosfera das gramíneas nativas (Tab. 10).

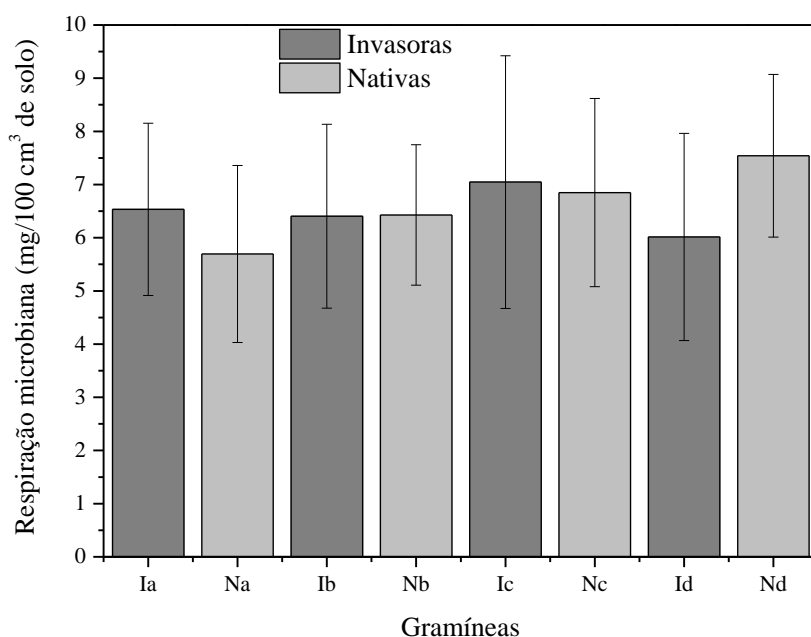


Figura 31 Valores médios de respiração microbiana obtida no solo da rizosfera das gramíneas invasoras e nativas (I = invasoras e N = nativas) e respectivos desvios-padrão nas diferentes áreas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

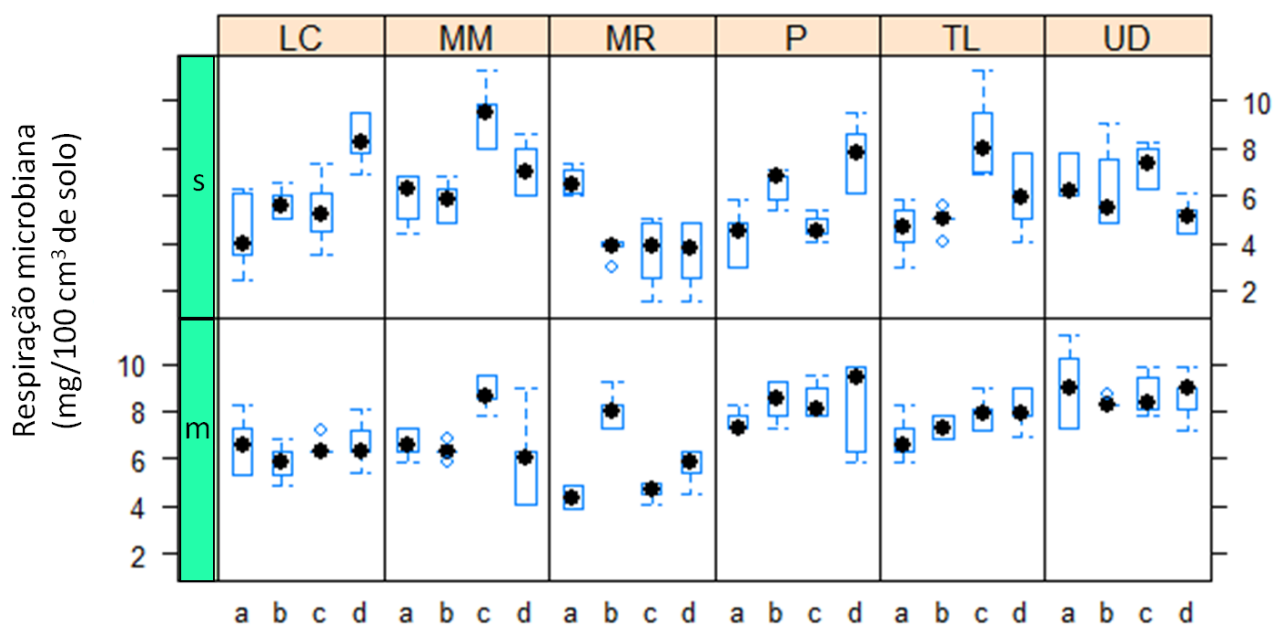


Figura 32 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão da respiração da comunidade microbiana expressos em mg/100 cm³ de solo. São mostrados os dados obtidos para as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees))

Conert (LC), *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae) (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 para as quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 10 Respiração microbiana (ln) no solo da rizosfera das diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	1,83(±0,13) a A	1,79(±0,13) a A	2,20(±0,13) a A	1,85(±0,13) a AB
<i>M. repens</i>	1,67(±0,13) a A	1,70(±0,13) a A	1,37(±0,13) a B	1,46(±0,13) a B
<i>U. decumbens</i>	2,04(±0,13) a A	1,96(±0,13) a A	2,10(±0,13) a A	1,89(±0,13) a AB
<i>L. chrysothrix</i>	1,64(±0,13) a A	1,74(±0,13) a A	1,75(±0,13) a AB	1,99(±0,13) a A
<i>T. leiostachya</i>	1,71(±0,13) a A	1,79(±0,13) a A	2,09(±0,13) a A	1,93(±0,13) a AB
<i>Panicum sp</i>	1,72(±0,13) a A	1,99(±0,13) a A	1,82(±0,13) a AB	2,07(±0,13) a A

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes área (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa para as diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.6. Quociente metabólico

A variação do quociente metabólico da comunidade microbiana da rizosfera das gramíneas nativas e invasoras é mostrada na Figura 33. O quociente metabólico foi diferente nos diferentes períodos de coletas para as diferentes gramíneas e nas quatro áreas de estudo (Fig. 34).

O efeito de interação entre as variáveis espécie de gramínea e área foi significativo ($F_{15,263}=4.08$; $p<0,05$), indicando que o quociente metabólico da comunidade microbiana na rizosfera de cada gramínea variou nas diferentes áreas de estudo. Considerando cada gramínea nas diferentes áreas houve diferença significativa no quociente metabólico da comunidade na rizosfera das gramíneas, exceto para a invasora MR. Na gramínea invasora UD o quociente metabólico diferiu na área CC2 com as áreas CC1 e CS2. Na invasora MM o quociente metabólico diferiu na área CC1 com as áreas CS1 e CS2. Na nativa LC a diferença ocorreu entre a área CS1 com as áreas CC1 e CS2. O quociente metabólico no solo da rizosfera da gramínea nativa TL diferiu na área CS1 com as áreas CC1 e CC2, e na nativa P houve diferença entre as áreas CC1 e CS2 (Tab. 11).

Considerando as quatro áreas, fitofisionomias de campo cerrado e de campo sujo, constatou-se diferença significativa quanto ao quociente metabólico da comunidade microbiana. Na área CC1 e na área CS2, para todas as gramíneas nativas o quociente metabólico diferiu significativamente daquele nas gramíneas invasoras. Na área CC2 houve diferença significativa do quociente metabólico entre as gramíneas nativas e invasoras, e a gramínea invasora UD diferiu significativamente das demais invasoras. Na área CS1 as

gramíneas nativas LC e P foram significativamente diferentes das invasoras, e a nativa TL diferiu significativamente das invasoras MM e UD para o quociente metabólico. Em todas as comparações apresentadas acima o quociente metabólico foi maior nas gramíneas invasoras (Tab. 11, Fig. 33).

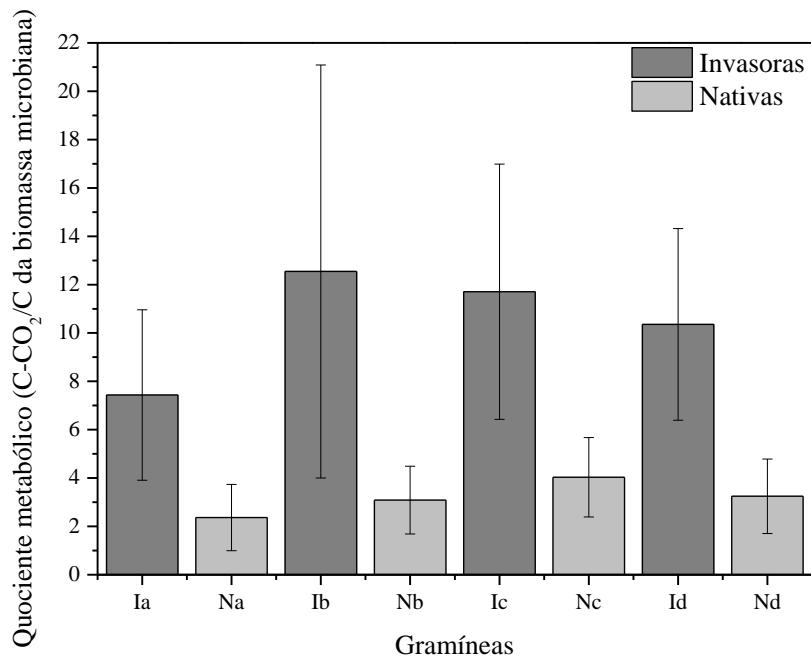


Figura 33- Valores médios e respectivos desvios-padrão do quociente metabólico obtido para a comunidade microbiana do solo da rizosfera de três espécies de gramíneas invasoras e de três espécies nativas (I = invasoras e N = nativas) nas diferentes áreas amostradas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

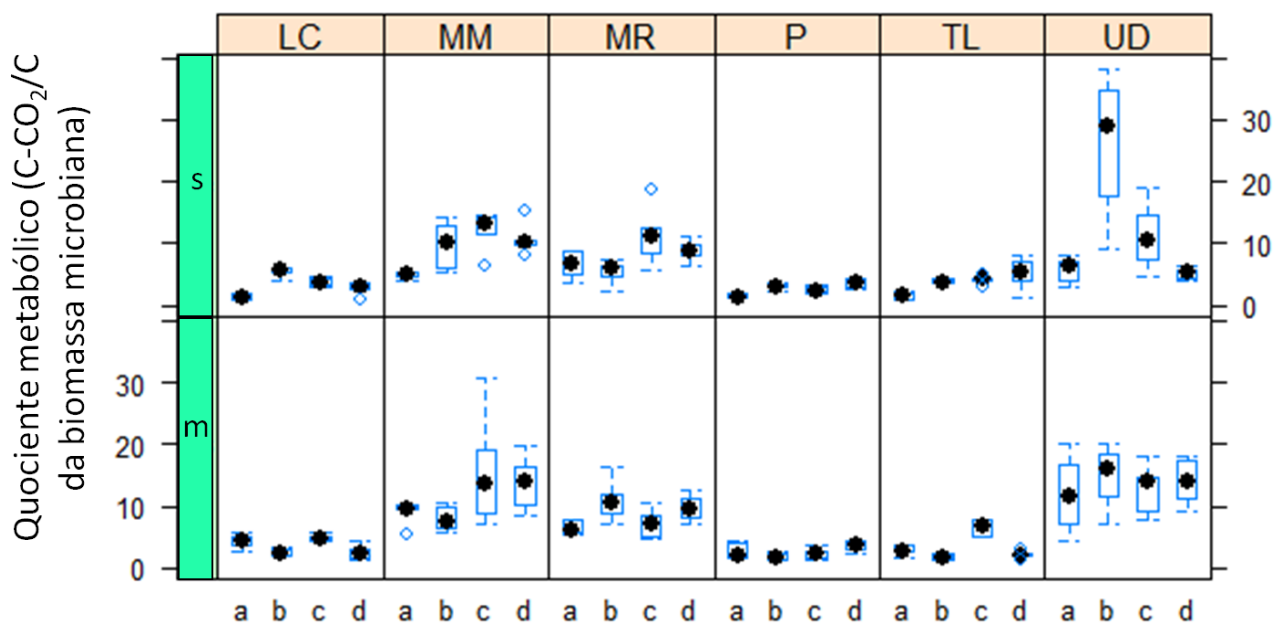


Figura 34 Boxplot representando os valores médios, quartis e respectivos desvios-padrão do quociente metabólico expresso em C-CO₂/C da biomassa microbiana, onde são apresentados os dados obtidos das gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e das gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em março (m) e setembro (s) de 2015 e nas quatro áreas estudadas: a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2.

Tabela 11 Quociente metabólico (ln) nas diferentes gramíneas em 4 áreas estudadas (CC1; CC2; CS1 e CS2).

sp\Áreas	CC1	CC2	CS1	CS2
<i>M. minutiflora</i>	1,88(±0,14) a A	2,12(±0,14) ab A	2,55(±0,14) b A	2,47(±0,14) b A
<i>M. repens</i>	1,85(±0,14) a A	1,99(±0,14) a A	2,15(±0,14) a AC	2,21(±0,14) a A
<i>U. decumbens</i>	2,03(±0,14) a A	2,91(±0,14) b B	2,41(±0,14) ab A	2,12(±0,14) a A
<i>L. chrysothrix</i>	1,31(±0,14) a B	1,31(±0,14) ab C	1,45(±0,14) b BC	0,85(±0,14) a B
<i>T. leiostachya</i>	0,67(±0,14) a B	0,96(±0,14) a C	1,63(±0,14) b C	1,09(±0,14) ab B
<i>Panicum sp</i>	0,64(±0,14) a B	0,81(±0,14) ab C	0,85(±0,14) b B	1,25(±0,14) a B

Letras minúsculas indicam diferença significativa de cada espécie de gramínea nas diferentes áreas (comparação em linha). Letras maiúsculas indicam diferença significativa das diferentes espécies de gramíneas em cada área (comparação em coluna).

5.7. Análise de Componentes Principais

Os dois primeiros componentes da análise de componentes principais explicam conjuntamente 93,41% da distribuição das amostras (Fig. 35), sendo possível observar que os períodos de coleta foram separados em dois blocos, coleta de março acima do “eixo x” e a coleta de setembro abaixo do “eixo x”. A principal variável da distinção dos períodos de

coleta foi a precipitação pluviométrica, havendo separação das fitofisionomias, com poucas exceções. Do lado direito do “eixo y” encontram-se a maioria das amostras de campo cerrado e do lado esquerdo do “eixo y” observa-se a maioria das amostras de campo sujo, sendo as variáveis responsáveis pela separação das fitofisionomias as variáveis C e N orgânico total do solo. Na Figura 35 é possível observar que os períodos de coleta influenciaram as amostras. Sendo assim, os períodos de coleta foram considerados como tendo efeito aleatório no modelo linear misto utilizado, pois foi observado o efeito da estação sazonal, contudo o mesmo não pode ser mensurado.

Os dois primeiros componentes da análise de componentes principais explicam conjuntamente 95,85% da distribuição das amostras (Fig. 36), sendo possível observar a separação total das gramíneas nativas e das invasoras, com exceção de apenas uma nativa TL na área CS1 da coleta de setembro, as variáveis responsáveis por esta separação foram carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM) e o quociente metabólico (qCO_2).

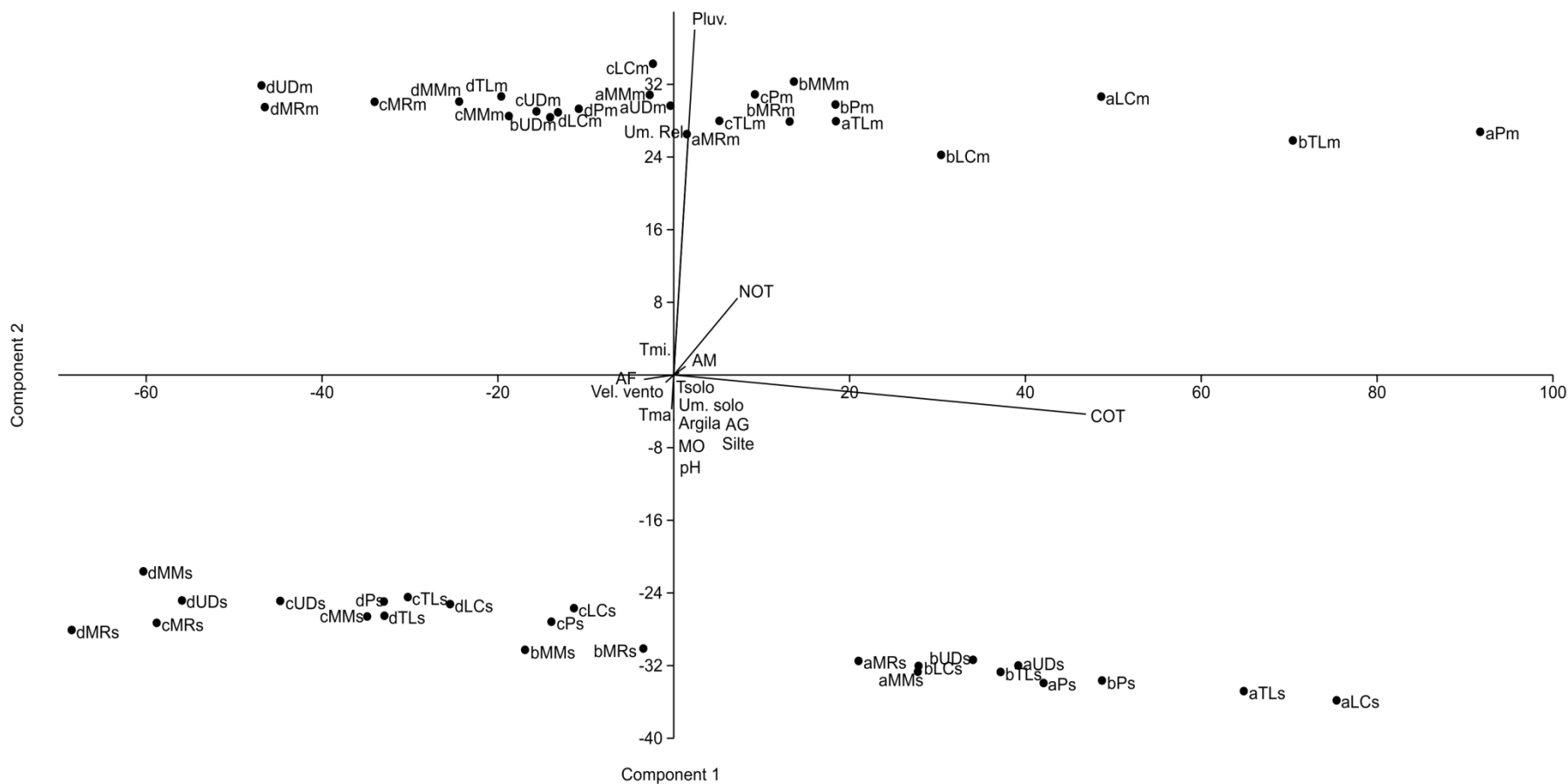


Figura 35 Análise de componentes principais com as variáveis climatológicas (Tma. = temperatura máxima (°C); Tmi. = temperatura mínima (°C); Pluv. = precipitação pluviométrica (mm); Um. Rel. = umidade relativa (%); Vel. Vento = velocidade do vento (m/s)) e físico-químicas do solo (Tsolo = temperatura do solo (°C); Um. Solo = umidade do solo (%); pH = pH do solo; AG = areia grossa (%); AM = areia média (%); AF = areia fina (%), silte (%); argila (%); MO = matéria orgânica (%); NOT = nitrogênio orgânico total (mg/kg); COT = carbono orgânico total (mg/kg)) para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas os períodos de coleta (março = m e setembro = s), em ambas as fitofisionomias nas quatro áreas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

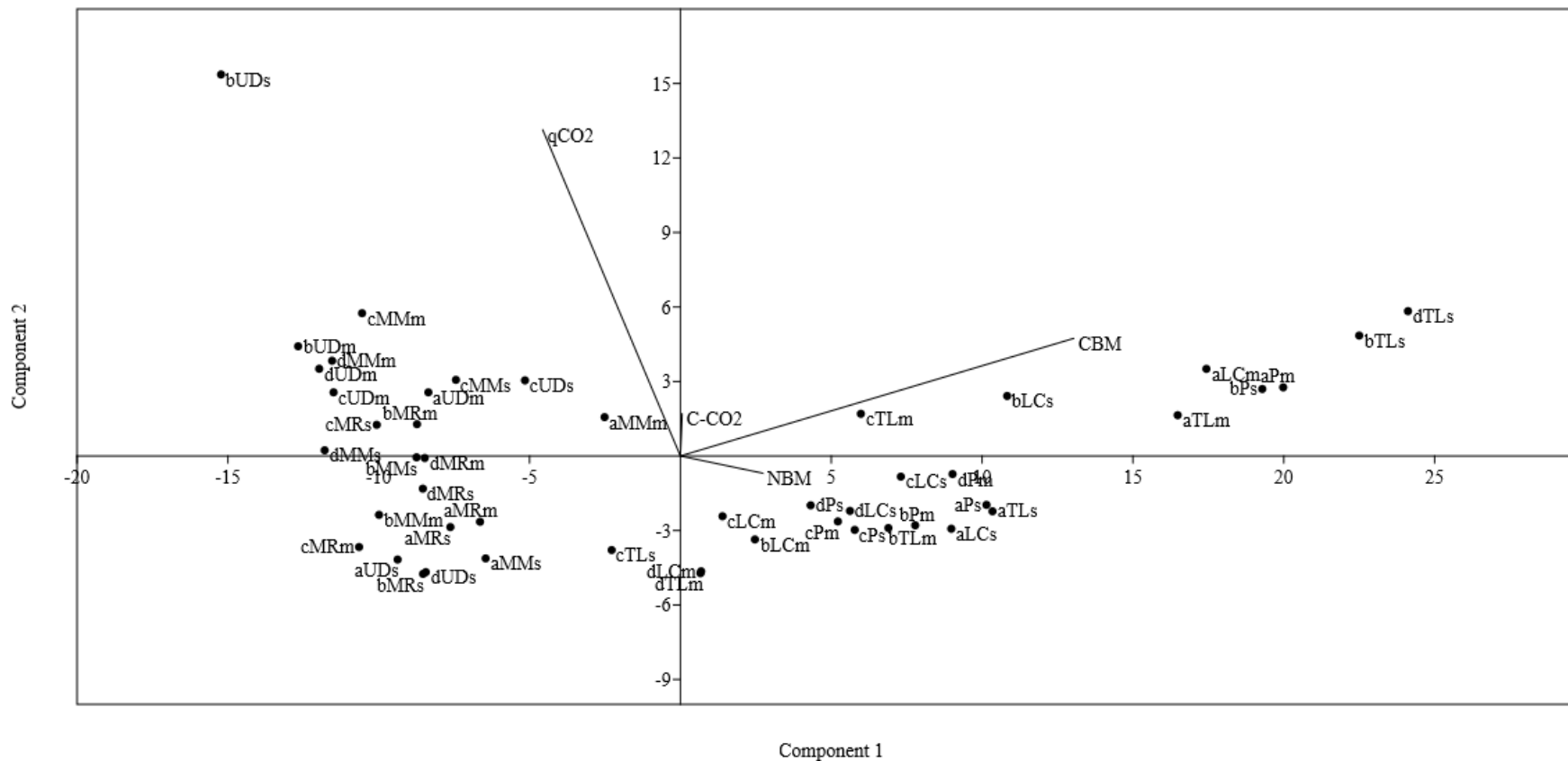


Figura 36 Análise de componentes principais com os dados de atividade metabólica (CBM = carbono da biomassa microbiana (mg/kg); NBM = nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg); C-CO₂ = respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo); qCO₂ = quociente metabólico (C-CO₂/carbono da biomassa microbaiana) para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), em ambas os períodos de coleta (março = m e setembro = s), em ambas as fitofisionomias nas quatro áreas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

6. Discussão

6.1. Abundância de microrganismos

A comunidade microbiana presente no solo da rizosfera, a estreita faixa de solo que circunda as raízes de uma planta, sofre grandes alterações tanto na abundância dos diferentes grupos de organismos como na sua composição taxonômica em função das variações na condição do solo, particularmente em relação à disponibilidade hídrica sazonal (Castro *et al.*, 2016).

Diferentes padrões de variação na abundância dos principais grupos de microrganismos que habitam a rizosfera das gramíneas foram observados no presente estudo. A amplitude de variação observada para a abundância de microrganismos na rizosfera das gramíneas tanto nativas quanto invasoras, em duas fitofisionomias do cerrado e dois períodos climáticos foi de uma ordem de magnitude para bactérias e fungos, que variaram de 10^6 a 10^7 e de 10^4 a 10^5 , respectivamente. Em solos de mata ciliar e de campo cerrado Melloni *et al.* (2001) obtiveram densidades médias similares de propágulos viáveis variando de 10^6 a 10^7 para bactérias e na ordem de 10^5 para fungos. Uma amplitude de variação em duas ordens de magnitudes foi obtida por Aburjaile *et al.* (2011) em solo de cerrado quando estes avaliaram conjuntamente a densidade de bactérias e fungos em uma área de cerrado em São José do Buriti, Minas Gerais.

No presente estudo a densidade total de bactérias no solo da rizosfera das gramíneas não diferiu significativamente na comparação entre diferentes áreas do cerrado nem na comparação entre espécies de gramíneas nativas e invasoras. Segundo De Fede *et al.* (2001) em solos com elevada concentração de matéria orgânica e elevada concentração de carbono a abundância das bactérias pode se manter praticamente inalterada. Nas áreas aqui estudadas as concentrações de carbono orgânico no solo entre as fitofisionomias variaram pouco, contudo diferiram consideravelmente entre a rizosfera das gramíneas nativas e a das invasoras.

A densidade de fungos, diferentemente das bactérias, diferiu tanto entre as áreas, como entre gramíneas nativas e gramíneas invasoras, com poucas exceções. Estes resultados são similares aos obtidos por Kourtev *et al.* (2002) em que as espécies invasoras apresentaram abundância de bactérias e fungos no solo de sua rizosfera maiores do que as verificadas no solo da rizosfera das espécies nativas. Também Batten *et al.* (2006) verificaram para a espécie invasora *Aegilops trincialis* que houve um aumento significativo do biomarcador 16:1x5c que é associado a fungos arbusculares micorrízicos quando comparado com as espécies nativas. No entanto, um padrão oposto foi obtido por Viana *et*

al. (2011) que utilizaram a concentração de ácidos graxos *fosfolipídicos* como indicadores da abundância microbiana, tendo verificado que em uma área totalmente invadida pela invasora *Urochloa decumbens* o solo apresentava menor densidade microbiana.

Em relação ao terceiro grupo de microrganismos avaliados, os protozoários, a densidade das formas ativas não diferiu entre as áreas, nem entre a rizosfera das gramíneas nativas e invasoras. Provavelmente isto se deve ao fato deste grupo de microrganismos ser particularmente influenciado pela densidade de bactérias sua principal fonte de alimento (Bonkowski, 2004).

Batten *et al.* (2006) em um estudo realizado para avaliar o efeito de uma espécie invasora sobre a comunidade microbiana utilizando como biomarcador de protozoários o 20:2 ω 6c,9c, verificou que as amostras da borda da área invadida apresentavam maior concentração do biomarcador indicando uma mudança na dinâmica trófica da comunidade do solo.

Os resultados sobre a abundância de protozoários obtidos no presente estudo, apesar de não mostrarem diferença significativa de densidade entre a rizosfera das espécies nativas e invasoras, revelaram que, para todas as áreas os valores de densidade na rizosfera das gramíneas invasoras foram, na maioria das vezes, iguais ou maiores do que aqueles obtidos na rizosfera das nativas. Isto possivelmente indica alterações na dinâmica trófica da comunidade do solo, como verificado no estudo supra-citado, tendo em vista que os protozoários se alimentam de forma seletiva de diferentes espécies de bactérias e podem modificar a estrutura da comunidade microbiana (Bonkowski *et al.*, 2000) promovendo o crescimento das plantas tal como observado por Bonkowski e Brandt (2002) que observaram maior abundância de rizobactérias no solo de uma área florestada em Gottinger Wald, na Baixa Saxônia, Alemanha.

A abundância dos diferentes grupos taxonômicos de protozoários ativos em geral foi menor nas amostras de setembro 2015 (final da estação seca), o que é uma provável consequência da baixa umidade do solo neste período, como evidenciado pelos dados climatológicos e baixos valores de umidade de solo nas áreas amostradas em setembro de 2015.

Nos onze dias que antecederam a coleta neste período não ocorreu precipitação pluvial, corroborando a deficiência hídrica do referido mês. Com relação à diversidade críptica, não foi observada diferença marcante entre os períodos climáticos.

No que se refere à diversidade de protozoários ativos, para ambas fitofisionomias estudadas, os grupos que ocorreram em maior densidade foram Hymenostomatida e

Colpodea, respectivamente, e a maior riqueza de morfoespécies foi registrada para Hypotrichia. As maiores densidades de Hymenostomatida e Colpodea poderiam talvez ser explicadas pelo pequeno tamanho corporal que possuem, tamanho aproximado de 50µm e 25µm das morfoespécies mais abundantes de cada grupo respectivamente, lhes permitindo estarem presentes, mesmo com pouca umidade no solo, em finos filmes de água entre os grãos de solo, de modo que a influência da seca sobre eles poderia ser tardia. Os protozoários menores apresentam também maior facilidade na locomoção. Mesmo com uma pequena película de água em torno dos grãos de solo eles conseguem se locomover, e possuem maior capacidade de fuga dos predadores por permanecerem entre os grãos menores.

No caso dos Hypotrichia, que são maiores, o encistamento é mais rápido devido ao estresse hídrico, o que pode ser a razão para a menor densidade desse grupo em comparação com Hymenostomatida e Colpodea. Porém, o grupo Hypotrichia teve maior diversidade de morfoespécies. Protozoários são importantes para o controle e regulação da comunidade bacteriana (Gel'tser, 1991) influenciando o desenvolvimento e a atividade metabólica da mesma (Griffiths *et al.*, 1999). Apesar das variações observadas, a definição de quais fatores seriam a causa proximal é complexa e de difícil observação e requer mais estudos.

6.2. Atividade metabólica e conteúdo de carbono e nitrogênio

A biomassa microbiana é uma parte da matéria orgânica do solo que é diretamente influenciada pelos fatores bióticos e abióticos, sendo sensível às alterações que ocorrem no sistema. A avaliação da biomassa microbiana permite avaliar o pool de carbono, assim como de outros nutrientes contidos nos microrganismos (De-Polli e Guerra, 1997). A biomassa microbiana do solo pode ser definida como a parte viva da matéria orgânica, que além de responder rapidamente às mudanças do solo, também armazenam nutrientes (Grisi, 1995). Neste estudo a biomassa microbiana respondeu mesmo a pequenas alterações no ambiente que possivelmente foram causadas pelas gramíneas invasoras.

Os estoques de carbono da biomassa microbiana e de carbono orgânico total no solo da rizosfera diferiram significativamente entre a rizosfera das gramíneas nativas e invasoras para todas as áreas estudadas. No que se refere ao nitrogênio, tanto para aquela da biomassa microbiana quanto para o orgânico total, houve diferença significativa nas quatro áreas estudadas em pelo menos um par de gramíneas nativa e invasora, e também houve diferença significativa entre as diferentes áreas para uma dada espécie de gramínea.

A biomassa microbiana é proporcionalmente a menor fração do carbono orgânico do solo e compõe uma parte importante e potencialmente mineralizável do nitrogênio disponível para as plantas. A variação das condições climáticas tem efeito na biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, no ciclo do carbono e do nitrogênio. Sendo assim, é possível utilizar a estimativa da biomassa microbiana como índice de qualidade do solo (Mele e Carter, 1993). Considerando os resultados da biomassa microbiana observados no presente estudo observa-se que houve redução tanto do carbono quanto do nitrogênio no solo da rizosfera das gramíneas invasoras. Resultados similares foram obtidos por Strickland *et al.* (2010) os quais observaram uma diminuição significativa do carbono da biomassa microbiana quando a gramínea invasora *Microstegium vimineum* estava presente, independente do grau de invasão. Aparentemente as variações da biomassa microbiana no presente estudo poderiam ser utilizadas como um indicador da qualidade do solo.

Os microrganismos através da decomposição disponibilizam nutrientes para as gramíneas e disputam por esses recursos tanto com as gramíneas nativas como com as invasoras. Segundo Kuzyakov e Xu (2013) os microrganismos do solo apresentam absorção inicial rápida de todas as formas de nitrogênio, porém estes podem competir com as plantas por este nutriente. Considerando que as gramíneas invasoras apresentam crescimento rápido e assimilação agressiva do nitrogênio (Ribeiro *et al.*, 2017), os menores valores do nitrogênio da biomassa microbiana no solo da rizosfera das gramíneas invasoras pode ser consequência desta elevada captação de nitrogênio.

Neste estudo, os resultados obtidos evidenciaram menor concentração de carbono orgânico total no solo da rizosfera das gramíneas invasoras. Resultados similares foram obtidos por Bradley *et al.* (2006) que observaram redução no estoque de carbono na parte superficial do solo devido à presença da gramínea invasora *Bromus tectorum* em área agrícola e suburbana em Lovelock e Winemucca, na região norte de Nevada. Strickland *et al.* (2010) mostraram que a invasão por *Microstegium vimineum* na região de Atenas na Geórgia, EUA, foi associada a declínios no estoque subterrâneo de carbono e que os ganhos de carbono derivados de *M. vimineum* não compensariam as perdas deste nutriente no solo. Estes resultados de menor concentração de carbono no solo da rizosfera das espécies invasoras são similares aos obtidos no presente estudo. Uma possível explicação para o menor conteúdo de carbono seria justamente a ineficiência da comunidade microbiana em incorporar carbono em suas células (Santos *et al.*, 2011) e maior metabolismo específico com eliminação do carbono através da respiração (Gama-Rodrigues, 1999).

No presente estudo observou-se a diminuição do conteúdo de nitrogênio orgânico total no solo da rizosfera das gramíneas invasoras, quando comparado aos teores registrados na rizosfera das gramíneas nativas. Resultados similares foram relatados por Ribeiro *et al.* (2017), onde a ocorrência de *M. minutiflora* causou grande redução no teor de N total do solo, quando comparado com áreas que apresentavam apenas gramíneas nativas. Evans *et al.* (2001) também relataram a diminuição na disponibilidade de nitrogênio inorgânico causada por invasão de *Bromus tectorum* em Utah, EUA.

Uma provável explicação para a menor concentração de nitrogênio orgânico total pode ser a justificativa apresentada por Ribeiro *et al.* (2017) em decorrência das nativas que provavelmente usam de forma parcimoniosa o amônio devido ao crescimento lento, contrastando com as invasoras que apresentam um crescimento rápido e uma captação agressiva de amônio, sendo que o amônio apresentou redução $\leq 50\%$ nos sítios em que ocorreu invasão.

É, portanto, possível concluir que as gramíneas invasoras possivelmente ocasionam diminuição de C e N da biomassa microbiana no solo do cerrado, assim como no conteúdo de carbono e nitrogênio orgânico total do solo e estes resultados sugerem alterações no ciclo destes nutrientes.

Os dados de respiração microbiana mostraram que no geral não houve diferença significativa entre o metabolismo dos microrganismos na rizosfera das gramíneas nativas e das invasoras para as áreas estudadas. Evans *et al.* (2001) similarmente mostraram que não houve diferença significativa quanto ao carbono respirado pela comunidade microbiana em áreas com diferentes graus de invasão.

Os resultados de quociente metabólico variaram significativamente entre gramíneas nativas e invasoras nas quatro áreas estudadas, sendo que as gramíneas nativas mostraram valores menores de quociente metabólico em comparação com as invasoras. O quociente metabólico indica o estado metabólico da microbiota e pode ser usado como indicador de estresse/perturbação ou estabilidade do ecossistema (De-Polli e Guerra, 1997). Altos valores de quociente metabólico indicam maior gasto energético para a manutenção da comunidade microbiana, sendo que, sob condições de estresse os microrganismos apresentam um consumo maior de substrato para sua sobrevivência (Carneiro *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010; Gomide *et al.*, 2011). Segundo Santos *et al.* (2011) elevados valores de quociente metabólico podem estar associados ao aumento da atividade decompositora dos microrganismos, com maior gasto de energia e menor eficiência na incorporação do carbono na célula microbiana.

Conforme a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor a quantidade de carbono perdida na forma de CO₂ pela respiração e uma parte significativa de carbono é incorporada ao tecido microbiano (Anderson e Domsch, 1985; Gama-Rodrigues, 1999). Segundo Tótola e Chaer (2002) baixos valores de quociente metabólico indicam economia no uso de energia e, supostamente, refletem um ambiente mais estável ou próximo do estado de equilíbrio. No presente estudo baixos valores de quociente metabólicos foram obtidos para as gramíneas nativas.

Os resultados de quociente metabólico do presente estudo mostraram que a microbiota do solo das gramíneas invasoras encontravam-se em um ambiente possivelmente perturbado, mostrando menor eficiência na incorporação do carbono, e conseqüente redução do carbono da biomassa microbiana no solo das gramíneas invasoras. Possivelmente a diminuição do carbono orgânico total no solo da rizosfera das gramíneas invasoras observada no presente estudo seria um reflexo do aumento na decomposição, resultando em perda no conteúdo de carbono do solo através da respiração. Sendo assim, tanto a biomassa microbiana como o quociente metabólico mostraram de forma significativa as alterações decorrentes das gramíneas invasoras, e ambas variáveis seriam indicadores sensíveis, podendo ser utilizados nas avaliações da qualidade do solo.

As variáveis de atividade metabólica foram utilizadas para distinguir as gramíneas estudadas em dois grupos, sendo estas gramíneas nativas e invasoras, com exceção de uma gramínea nativa. O carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e o quociente metabólico foram as variáveis responsáveis por esta separação.

Considerando as diferentes fitofisionomias, com exceção da densidade de protozoários e da respiração microbiana, as demais variáveis analisadas apresentaram diferença significativa entre as fitofisionomias para pelo menos uma espécie gramínea estudada. Em relação ao carbono orgânico total todas as espécies de gramíneas estudadas apresentaram diferença significativa entre as fitofisionomias de campo cerrado e campo sujo.

Estes resultados indicam que em uma mesma espécie de gramínea a microbiota do solo se comporta de forma diferente em áreas diferentes, podendo ser mais favorecida em uma destas áreas. De maneira geral as concentrações de carbono orgânico total do solo tenderam a ser mais elevadas nas áreas de campo cerrado. Sendo que o conteúdo total de carbono e nitrogênio orgânico do solo foram as variáveis responsáveis pela separação das fitofisionomias.

Desta maneira, o cerrado sofre, não só com as gramíneas invasoras, mas também com as perturbações causadas pelo desmatamento, visto que aproximadamente metade da sua área original foi transformada em pastagens plantadas, culturas anuais entre outros (Machado *et al.*, 2004). De acordo com Baruch (1996), devido a sua alta produtividade e biomassa elevada as pastagem no Brasil foram estabelecidas com plantio de gramíneas africanas. Barcellos (1996) aponta que as espécies usualmente utilizadas eram *M. minutiflora* e *U. decumbens*. Segundo Monquero *et al.* (2015) altas densidades de *U. decumbens* afetam negativamente o crescimento de espécies arbóreas, levando à diminuição da biomassa aérea e também no conteúdo de macro e micronutrientes foliares de espécies arbóreas nativas neotropicais. No que se refere a *U. decumbens* segundo Barbosa *et al.* (2008) seu estudo indicou presença de substâncias alelopáticas em *U. decumbens*, podendo apresentar efeito direto ou indireto, alterando a biota do solo, suprimindo o crescimento e a aptidão de outras espécies (Del Moral, 1997). Além disso, compostos aleloquímicos provenientes de plantas invasoras podem restringir ou direcionar o desenvolvimento de certas espécies microbianas do solo, resultando assim em mudanças na composição e na estrutura desta comunidade (Bais *et al.*, 2006; Guo *et al.*, 2011; Lorenzo *et al.*, 2013), estas substâncias apresentam efeitos consideravelmente negativos sobre o crescimento de plantas nativas (Murrel *et al.*, 2011), tornando ainda mais difícil o reestabelecimento das plantas nativas em áreas com dominância de *U. decumbens*, o que ocorre por exemplo nas áreas de cerrado transformadas em pastos.

Em relação às áreas de coleta do presente estudo, estas ainda não apresentavam predomínio de gramíneas invasoras e considera-se que ainda se encontram em estágios iniciais de invasão. Porém, estas gramíneas podem futuramente invadir áreas hoje ocupadas pelas gramíneas nativas e aos poucos se tornarem predominantes no ambiente. Pivello *et al.* (1999) evidenciaram em seus estudos no cerrado indicações de exclusão das gramíneas nativas pelas exóticas *M. minutiflora* e *U. decumbens*. Sendo assim, os resultados do presente estudo mostraram um possível potencial negativo das gramíneas invasoras sobre as atividades metabólicas e também sobre o conteúdo de C e N do solo, indicando desta forma possíveis alterações no solo do cerrado.

7. Conclusões

- A abundância de microrganismos no solo da rizosfera de gramíneas nativas e invasoras nas fitofisionomias avaliadas, campo cerrado e campo sujo, diferiram entre os grupos formadores da microbiota. É significativamente diferente para os fungos, mas não

defere para bactérias e protozoários. Assim, a primeira hipótese estabelecida neste estudo foi aceita parcialmente.

- Em relação à riqueza de protozoários, esta foi semelhante no solo da rizosfera das gramíneas nativas e no das invasoras. Por esta razão a hipótese inicial foi rejeitada.

- Em relação à hipótese de que o metabolismo da microbiota do solo da rizosfera de gramíneas nativas e invasoras, no cerrado e campo sujo é diferente, esta foi parcialmente aceita, pois embora o conteúdo de C e N da biomassa microbiana tenha diferido significativamente entre gramíneas nativas e invasoras, a respiração microbiana não diferiu significativamente entre gramíneas nativas e invasoras.

- À hipótese de que a microbiota da rizosfera de uma mesma espécie de gramínea se comporta de forma diferente em diferentes áreas foi parcialmente aceita, pois, com exceção da densidade de protozoários e da respiração microbiana, as demais variáveis analisadas apresentaram diferença significativa entre as diferentes fitofisionomias, e com relação ao conteúdo total de carbono orgânico todas as espécies estudadas diferiram significativamente entre as fitofisionomias de campo cerrado e campo sujo.

- Pode-se concluir que o menor conteúdo de C e N orgânico total no solo da rizosfera de espécies invasoras em comparação com as espécies nativas, sugere, como indicado pelo quociente metabólico, que a microbiota no solo da rizosfera das gramíneas invasoras tem menor eficiência quanto à incorporação de carbono na sua biomassa, o que poderia ser interpretado como uma alteração advinda da bioinvasão pelas espécies exóticas.

- A biomassa microbiana e o quociente metabólico foram variáveis sensíveis na comparação das características funcionais da comunidade microbiana da rizosfera entre plantas nativas e invasoras, razão pela qual recomenda-se sua utilização em avaliações de qualidade do solo.

8. Perspectivas Futuras

Os resultados do presente estudo indicaram diferenças na microbiota do solo da rizosfera das gramíneas invasoras, principalmente no que diz respeito a suas atividades metabólicas. O significado destas diferenças não pode ser avaliado no presente estudo, porém é possível que algumas representem efeitos negativos para a comunidade de microrganismos tanto em relação à diversidade de grupos de espécies como em relação ao aspecto funcional. Porém para avaliação destes aspectos serão necessários novos estudos,

com novas abordagens, o que poderá ser realizado em estudos futuros nas mesmas áreas aqui avaliadas.

Exemplos de alguns destes estudos são:

-- As avaliações da diversidade genética total da microbiota do solo por novas técnicas biomoleculares, com avaliação de ocorrência e do efeito de compostos alelopáticos, por ex., para as espécies exóticas invasoras *Urochloa decumbens* e *M. minutiflora*.

--Estudos comparativos sobre a microbiota de áreas invadidas e ainda não invadidas por gramíneas exóticas serão importantes, buscando-se confirmar se as gramíneas invasoras aqui estudadas (*M. minutiflora*, *M. repens* e *U. decumbens*) levam à redução do conteúdo de C e N no solo do cerrado na Estação Ecológica de Itirapina.

-- Estudos comparativos de áreas sob diferentes níveis de invasão, buscando informações que possam subsidiar as ações de manejo para recuperação e conservação da vegetação natural.

9. Referências bibliográficas

Aburjaile, S.B.; Silva, M.P.; Batista E.A.F.S.; Barbosa, L.P.J.L.; Barbosa, F.H.F. (2011) Pesquisa e Caracterização da Diversidade Microbiológica do Solo, na Região de São José do Buriti – MG, em Decorrencia da Substituição de Cobertura Florestal Nativa (Cerrado) por Plantações de Eucalipto. *Ciência Equatorial*, 1(2), 79-81.

Aescht, E.; Foissner, W. (1992) Enumerating Active Soil Ciliates by Direct Counting. In: *Protozoology*. Eds: Lee, J.J. & Soldo, A.T., Society of Protozoologists.

Almeida-Neto, M.; Prado, P. I.; Lewinsohn, T. M. (2010) Phytophagous insect fauna host plant response to exotic grass invasion. *Oecologia*, 165, 1051-1062.

Anderson, J.P.E.; Domsch, K.H. (1985) Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in dominant state. *Biology Fertility Soils*. Berlin, 1(1), 81-89.

Anderson, T.H.; Domsch, K.H. (1989) Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil biology and biochemistry* 21(4), 471-479.

Anderson, T.H.; Domsch, K.H. (1993) The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 25(3), 393-395.

Andrews, S.S.; Karlen, D.L.; Canbardella, C.A. (2004) The soil management assesment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 68, 1945-1962.

Arce, D.; Sano, P.T.; Rynchelitrum Nees. (2001) In Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo, Poaceae. (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd & A.M. Giulietti, coords.). Fapesp, *Hucitec*, São Paulo. 1, 119-123.

Armenise, E.; Redmile-Gordon, M.A.; Stellacci, A.M.; Ciccicarese, A.; Rubino, P. (2013) Deveoping a soil quality index to compare soil fitness for agriculture use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil in the Tillage Research*, Amsterdam, 130, 91-98.

Bais, H.P.; Weir, T.L.; Perry, L.G.; Gilroy, S.; Vivanco, J.M. (2006) The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57, 233-266.

Barbosa, E.G.; Pivello, V.R.; Meirelles, S.T. (2008) Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51(4), 625-631.

Barcellos, A.O. (1996) Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: Pereira RC, Nasser LCB (eds.) Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: Anais. *Planaltina EMBRAPA-CPAC*, 130-136.

Bardgett, R.D. (2005) *The biology of soil: a community and ecosystem approach*. Oxford University Press, New York.

Bartlett, R.J.; Ross, D.N. (1988) Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 1191–1192.

Baruch, Z. (1996) Ecophysiological aspects of the invasion by African grasses and their impact on biodiversity and function of Neotropical savannas. In: Solbrig O, Medina E, Silva J (eds) *Biodiversity and savanna ecosystem processes*. Springer Berlin Heidelberg 121, 79–93.

Batten, K.M.; Scow, K.M.; Davies, K.F.; Harrison, S.P. (2006) Two invasive plants alter soil microbial community composition in serpentine grasslands. *Biological Invasions*, 8(2), 217-230.

Berendsen, R.L.; Pieterse, C.M.J.; Bakker, P.A.H.M. (2012) The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci.* 17(8), 478–486.

Biodiversitas, Fundação; Minas Gerais, Governo do Estado; SEMAD, Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; IEF, Instituto Estadual de Florestas; CUCO, Coordenação de Unidades de Conservação; CPVS, Coordenação de Proteção a Vida Silvestre; Rola-Moça, Gerência do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça & PROMATA. (2006) *Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça*. Belo Horizonte. Minas Gerais.

Blecker, S.N.; Stillings, L.L.; Amacher, M.C.; Ippolito, I.A.; Decrappeo, N.M. (2012) Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions. *Ecological Indicators, msterdam*, 20, 65-74.

Blumenthal, D.; Mitchell, C.E.; Pyšek, P.; Jarošík, V. (2009) Synergy between pathogen release and resource availability in plant invasion. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106(19), 7899–7904.

Boddey, R.M.; Chalk, P.M.; Victoria, R.L.; Matsui, E.; Döbereiner, J. (1983) The use of the ¹⁵N isotope dilution technique to estimate the contribution of associated biological nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of *Paspalum notatum* cv. batatais. *Canadian Journal of Microbiology*, 29, 924-929.

Bonkowski, M. (2004) Protozoa and plant growth: the microbial loop in soil revisited – *New Phytol.*, 162, 617-631.

Bonkowski, M.; Griffiths, B.S.; Scrimgeour, C. (2000) Substrate heterogeneity and microfauna in soil organic hotspots as determinants of nitrogen capture and growth of rye-grass. *Applied Soil Ecology*, 14, 37-53.

Bonkowski, M.; Brandt, F. (2002) Do soil protozoa enhance plant growth by hormonal effects? *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1709-1715.

Bradley, B.A.; Houghton, R.A.; Mustard, J.F.; Hamburg, S.P. (2006) Invasive grass reduces aboveground carbon stocks in shrublands of the Western US. *Global Change Biology*, 12(10), 1815-1822.

Brejda, J.J.; Moorman, T.B.; Karlen, D.L.; Dao, T.H. (2000) Identification of regions soil quality factors and indicators T. Central and Southern High Plains. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 64, 2115-2124.

Brookes, P.C.; Landman, A.; Pruden, G.; Jenkinson, D.S. (1985) Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil biology and biochemistry* 17(6), 837-842.

Callaway, R.M.; Cipollini, D.; Barto, K.; Thelen, G.C.; Hallett, S.G.; Prati, D.; et al. (2008). Novel weapons: invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe. *Ecology*, 89(4), 1043–1055.

Callaway, R.M.; Thelen, G.C.; Rodriguez, A.; Holben, W.E. (2004) Soil biota and exotic plant invasion. *Nature* 427, 731–733.

Cantarella, H. (2007) Nitrogênio. SBCS, Viçosa, In: *Fertilidade do Solo*, (eds. Novais, R.F.; Alvarez V.V.H; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L.), 1017.

Carneiro, M.A.C.; Cordeiro, M.A.S.; Assis, P.C.R.; Moraes, E.S.; Pereira, H.S.; Paulino, H.B.; Souza, E.D. (2008). Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*, 67(2).

Castro, E.A.; Kauffman, J.B. (1998) Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, 14, 263–283.

Castro, W.C.; Almeida, R.V.; Leite, M.B.; Marrs, R.H.; Matos, D.S. (2016) Invasion strategies of the white ginger lily *Hedychium coronarium* J. König (Zingiberaceae) under different competitive and environmental conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 127, 55-62.

Chaer, G.M.; Tótola, M.R. (2007) Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 1381-1396.

Christensen, S.; Griffiths, B.S.; Ekelund, F.; Ronn, R. (1992) Huge increase in bacterivores on freshly killed barley roots. *FEM Microbiology Ecology*, 86, 303-310.

Cipollini, D.; Rigsby, C.M.; Barto, E.K. (2012) Microbes as targets and mediators of allelopathy in plants. *J. Chem. Ecol.* 38(6), 714–727.

Clayton, W.D.; Renvoize, S.A. (1986) Genera Graminum, Grasses of the world. *Her Majesty's Stationery Office*, London.

Colozzi-Filho, A.; Andrade, D.S.; Balota, E.D. (2001) Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, 22(208), 84-91.

Coutinho, L.M. (1978) *O conceito de cerrado*. Rev. Bras. Bot., 1 (1), 17-23.

Coutinho, L.M. (1982) Aspectos ecológicos da saúva no cerrado – os murundus de terra, as características psamofíticas das espécies de sua vegetação e a sua invasão pelo capim-gordura. *Revta. Brasil. Bot.* 42, 147-153.

Crawley, M.J. (2013) *The R Book*. John Wiley e Sons.

D'Antonio, C.M.D.; Vitouseck, P.M. (1992) Biological Invasions by Exotic Grasses, the Grass/Fire Cycle, and Global Change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 63-87.

Davis, M.A.; Grime, J.P.; Thompson, K. (2000) Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invisibility. *Journal of Ecology*, (88), 528-534.

de Araujo, F.F.; Guaberto, L.M.; da Silva, I.F. (2012) Bioprospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em *Brachiaria brizantha*. *R. Bras. Zootec*, 41(3), 521-527.

De Deyn, G.B.; Shiel, R.S.; Ostle, N.J.; McNamara, N.P.; Oakley, S.; Young, I.; ...; Bardgett, R.D. (2011) Additional carbon sequestration benefits of grassland diversity restoration. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 600-608.

De Fede, K.L., Sexstone, A.J. (2001) Differential response of size-fractionated soil bacteria in BIOLOG® microtitre plates. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(11), 1547-1554.

Del Moral, R. (1997) Is separating resource competition from allelopathy realistic? *Botanical Review* 63(3), 221–230.

Delgado, J.M. *et al* (2006) Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina-SP. IF Sér. Reg. 27, 1-153.

De-Polli, H.; Guerra, J. G.M. (1997) Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método de fumigação-extração. Seropédica: *Embrapa-CNPAB*, 10 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 37).

Döbereiner, J. (1953) *Azotobacter* em solos ácidos. Boletim do Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícolas, *Rio de Janeiro*, 11, 1-36.

Döbereiner, J. (1966) *Azotobacter paspali* sp. n., uma bactéria fixadora de nitrogênio na rizosfera de *Paspalum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1, 357-365.

Döbereiner, J.; Day, J.M. (1975) Associative symbiosis in tropical grasses: Characterization of microorganisms and nitrogen-fixing sites. In: Newton, W.E.; Nyman, C.J. (ed.) *Nitrogen fixation*. Washington State University, Washington, USA., 518-538.

Doran, J.W.; Parkin, T.B. (1994) Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. et al. (Ed.). *Defining soil quality for sustainable environment*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 35, 3-21.

Doubkova, P.; Suda, J.; Sudova R. (2012) The symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi contributes to plant tolerance to serpentine edaphic stress. *Soil Biol. Biochem.*

Duda, J.J.; Freeman, D. C.; Emlen, J.M.; Belnap, J.; Kitchen, S.G.; Zak, J.C.; Sobek, E.; Tracy, M.; Montante, J. (2003) Differences in native soil ecology associated with invasion of the exotic annual chenopod, *Halogeton glomeratus*. *Biol. Fertil. Soils*, 38, 72–77.

Durigan, G.; Siqueira, M.F.; Franco, G.A.D.C. (2007) Threats to the Cerrado remnants of the states of São Paulo, Brazil. *Sci. Agricola*, 64(4), 355-363.

Eisenhauer, N.; Beßler, H.; Engels, C.; Gleixner, G.; Habekost, M.; Milcu, A.; ...; Weigelt, A. (2010) Plant diversity effects on soil microorganisms support the singular hypothesis. *Ecology*, 91(2), 485-496.

Ekelund, F.; Frederiksen, H.B. e Rønn, R. (2002) Population Dynamics of Active and Total Ciliate Populations in Arable Soil Amended with Wheat. *Applied and Environmental Microbiology*, 68 (3), 1096–1101.

Ekelund, F.; Ronn, R. (1994) Notes on protozoa in agricultural soil with emphasis on heterotrophic flagellates and naked amoebae and their ecology. *FEMS Microbiology Reviews*, 15, 321-353.

Elton, C.S. (1958) *The ecology of invasions by animals and plants*. - Methuen, London.

Embrapa, S. (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos.

Embrapa, S. (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Embrapa Produção da Informação; Brasília, 16.

Evans, R.D.; Rimer, R.; Sperry, L.; Belnap, J. (2001) Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological applications*, 11(5), 1301-1310.

Faraway, J.J. (2006) *Extending the linear model with R: generalized linear mixed effects and nonparametric regression models*. Chapman and Hall/CRC, *Broken Sound Parkway NW*.

Feigl, B.J.; Sparling, G.P.; Ross, D.J.; Cerri, C.C. (1995) Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool size. *Soil Biol. Biochem.* 27, 1467–1472.

Feije, F.; Anger, V. (1972) Spot test in inorganic analysis. *Anal. Chem. Acta* 149, 363– 367.
Filgueiras, T.S.; Longhi-Wagner, H.M.; Viana, P.L.; Zanin, A.; Guglieri, A.; Oliveira, R.C.; Canto-Dorow, T.S.; Shirasuna, R.T.; Valls, J.F.M. & Oliveira, R.P. (2010) Poaceae. Pp. 1464-1520. In: Forzza, R.C.; Leitman, P.M.; Costa, A.F.; Carvalho Jr., A.A.; Peixoto, A.L.; Walter, B.M.T.; Bicudo, C.; Zappi, D.; Costa, D.P.; Lleras, E.; Martinelli, G.; Lima, H.C.; Prado, J.; Stehmann, J.R.; Baumgratz, J.F.A.; Pirani, J.R.; Sylvestre, L.; Maia, L.C.; Lohmann, L.G.; Queiroz, L.P.; Silveira, M.; Coelho, M.N.; Mamede, M.C.; Bastos, M.N.C.; Morim, M.P.; Barbosa, M.R.; Menezes, M.; Hopkins, M.; Secco, R.; Cavalcanti, T.B. & Souza, V.C. (Org.). *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro, *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*.

Finlay, B.J.; Laybourn, J.; Strachan, I. (1979) A technique for the Enumeration of Benthic Ciliated Protozoa. *Springer-Verlag* 39, 375-377.

Foissner, W. (1987) Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators and guide to the literature. *Progress in Protistology*, 2, 69–212.

Foissner, W. (1992) Estimating the species richness of soil protozoa using the "non-flooded Petri dish method". In: *Protozoology*. Eds: Lee, J.J. & Soldo, A.T., Society of Protozoologists.

Foissner, W. (2000) Two new terricolous spathidiids (Protozoa, Ciliophora) from tropical Africa: *Arcuospathidium vlassaki* and *Arcuospathidium bulli*. *Biol Fertil Soils*, 30, 469–477.

Foissner, W.; Berger, H. (1996) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology* 35, 375-482.

Fontaine, S.; Barot, S.; Barré, P.; Bdioui, N.; Mary, B.; Rumpel, C. (2007) Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature*, 450(7167), 277-280.

França, H.; Ramos-Neto, M.B.; Setzer, A. (2007) O Fogo no Parque Nacional das Emas. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. *Série Biodiversidade*, 27.

Franchini, J.C.; Crispino, C.C.; Souza, R.A.; Torres, E.; Hungria, M., (2007) Microbiological parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.* 92, 18–29.

Gama-Rodrigues, E.F. (1999) Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: *Gênese*, 227-244.

Gama-Rodrigues, E.F.; Gama-Rodrigues, A.C. (2008) Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes, In: Santos, G.A.; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. (Ed.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2 ed. Porto Alegre: ArtMed, 227-244.

Gee, G.W.; Bauder, J.W. (1986) Particle-size analysis. p. 383-411. In A Klute (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No. 9 (2ed). *American Society of Agronomy/Soil Science Society of America*, Madison, WI.

Gel'tser, J.G. (1991) Free-living protozoa as a component of soil biota. *Soil Biology* 8, 66–79.

Gomide, P.H.O.; Silva, M.L.N.; Soares, C.R.F.S. (2011) Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(2).

Gonçalves, L.C.; Borges, I. (2006) Tópicos de Forragicultura Tropical. Belo Horizonte, FEPMVZ-Editora.

Goodland, R.; Ferri, M.G. (1979) *Ecologia do cerrado*. São Paulo, Ed.USP.

Gouveia-Santos, A. (2001) *Urochloa P. Beauv.* In Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo, Poaceae. (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd & A.M. Giuliatti, coords.). Fapesp, Hucitec, São Paulo. 1, 119-123.

Griffiths, B.S.; Bonkowski, M.; Dobson, G.; Caul, S. (1999) Changes in soil microbial community structure in the presence of microbial feeding nematodes and protozoa. *Pedobiologia* 43, 297–304.

Grisi, B.M. (1995) Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. *Revista Nordestina de Biologia*. 10(1), 1-22.

Guo, Z.Y.; Kong, C.H.; Wang, J.G.; Wang, Y.F. (2011) Rhizosphere isoflavones (daidzein and genistein) levels and their relation to the microbial community structure of mono-cropped soybean soil in field and controlled conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(11), 2257-2264.

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001) Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9.

Hartman, A.; Rothballer, M.; Schmidt, M. (2008) Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research. *Plant and Soil*, 312, 7-14.

Hauck, R.D.; Tanji, K.K. (1982) Nitrogen transfers and mass balances. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, *Soil Science Society of America*, 891-925.

Hiltner, L. (1904) Über neue Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie unter besonderer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. *Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft*, 98, 59–78.

Hoffmann, W.A.; Haridasan, M. (2008) The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology*, 33(1), 29-36.

Hoffmann, W.A.; Lucatelli, V.M.; Silva, F.J.; Azevedo, I.N.; Marinho, M.D.S.; Albuquerque, A.M.S., ...; Moreira, S.P. (2004) Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. *Diversity and Distributions*, 10(2), 99-103.

Islam, K.R.; Weil, R.R. (1998) Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. *Biology and Fertility of Soils* 27(4), 408-416.

Islam, K.R.; Weil, R.R. (2000) Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79(1), 9-16.

Jastrow, J.D.; Amonette, J.E.; Bailey, V.L. (2007) Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Clim. Change*, 80, 5–23.

Jobbagy, E.G.; Jackson, R.B. (2000) The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.*, 10, 423–436.

Jones, D.L.; Nguyen, C.; Finlay, R.D. (2009) Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil–root interface. *Plant Soil*, 321, 5–33.

Júnior, F.R.; Silva, M.F.; Teixeira, K.R.S.; Urquiaga, S.; Reis, V.M. (2004) Identificação de isolados de *Azospirillum amazonense* associados a *Brachiaria* spp., em diferentes épocas e condições de cultivo e produção de fitormônio pela bactéria. *R. Bras. Ci. Solo*, 28, 103.

Kao-Kniffin, J.; Balser, T.C. (2007) Soil fertility and the impact of exotic invasion on microbial communities in Hawaiian forests. *Microb. Ecol.* 56, 55-63.

Karlen, D.C.; Andrews, S.S.; Wienhold, B.J. (2004) Soil quality, fertility and health historical context, status and perspectives. In: Schojoming, P.; Elmholt, S.; Christensen, B.T. (Ed.). *Managing soil quality: challenges in modern agriculture*. Wallingford: Cabi Publishing, 17-33.

Kaye, J.P.; Hart, S.C. (1997) Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms. *Trends in Ecology and Evolution*, 12, 139-143.

Keeney, D.R. (1986) Inhibition of nitrification in soils. *Nitrification* (ed. J.Prosser) IRL Press, Oxford, UK/Washington, DC, USA. 99-115.

Klein, A.L. (2000) *Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois*. Unesp.

Kourtev, P.; Ehrenfeld, J.; Häggblom, M. (2003) Experimental analysis of the effect of exotic and native plant species on the structure and function of soil microbial communities. *Soil Biol Biochem* 35, 895–905.

Kourtev, P.S.; Ehrenfeld, J.G.; Häggblom, M. (2002) Exotic plant species alter the microbial community structure and function in the soil. *Ecology*, 83(11), 3152-3166.

Kreyling, J.; Beierkuhnlein, C.; Pritsch, K.; Schloter, M.; Jentsch, A. (2008) Recurrent soil freeze-thaw cycles enhance grassland productivity. *New Phytologist.*, 177, 938-045.

Kuzyakov, M.; Xu, X. (2013) Competition between roots and microorganisms and ecological relevance. *New Phytol.* 198, 656-669.

Laungani, R.; Knops, J.M.H. (2009) Species-driven changes in nitrogen cycling can provide a mechanism for plant invasions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106(30), 12400–12405.

Longhi-Wagner, H.M. (2001) Tribo Arundinelleae. In Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo, Poaceae. (M.G.L. Wanderley, G.J. Shepherd & A.M. Giuliatti, coords.). Fapesp, *Hucitec*, São Paulo. 1, 119-123.

Lorenzo, P.; Pereira, C. S.; Rodríguez-Echeverría, S. (2013) Differential impact on soil microbes of allelopathic compounds released by the invasive *Acacia dealbata* Link. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 156-163.

Lorenzo, P.; Rodríguez-Echeverría, S.; González, L.; Freitas, H. (2010) Effect of invasive *Acacia dealbata* Link on soil microorganisms as determined by PCR-DGGE. *Applied Soil Ecology*, 44(3), 245-251.

Lüftenegger, G.; Petz, W.; Foissner, W.; Adam, H. (1988) The efficiency of a direct counting method in estimating the numbers of microscopic soil organisms. *Pedobiologia* 31, 95–101.

Lynd, J.M.; Whipps, J.M. (1990) Substrate flow in the rhizosphere. *Plant and Soil*, 129, 1-10.

Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.; Caldas, E.; Gonçalves, D.; Santos, N.; Tabor, K.; Steininger, M. (2004) Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservation International do Brasil*.

Manzoni, S.; Taylor, P.; Richter, A.; Porporato, A.; Agren, G.I. (2012) Environmental and stoichiometric controls on microbial carbon-use efficiency in soils. *New Phytol.*, 196, 79–91.
Marquard, E.; Weigelt, A.; Temperton, V.M.; Roscher, C.; Schumacher, J.; Buchmann, N.; ...; Schmid, B. (2009) Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology*, 90(12), 3290-3302.

Martins, C.R. (2006) Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura): uma espécie invasora do cerrado. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Biologia, *Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília*, Distrito Federal.

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.

Mele, P.M.; Carter, M.R. (1993) Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R., eds. *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. New York, *John Wiley & Sons*, 57-64.

Melloni, R.; Pereira, E.G.; Trannin, I.C.; Santos, D.D.; Moreira, F.M.; Siqueira, J.O. (2001) Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 25(1), 7-13.

Mendonça, E.S. (2005) Matéria orgânica do solo: métodos de análises. UFV: 49-58. *Microbiology Review*, Amsterdam, 25(1), 39-67.

Monquero, P.A.; Orzari, I.; da Silva, P.V.; dos Santos Penha, A. (2015) Interference of weeds on seedlings of four neotropical tree species. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(2).

- Moreira, F.M.S; Siqueira, J.O. (2006) Microbiologia e bioquímica do solo. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729.
- Murrel, C.; Gerber, E.; Krebs, C.; Parepa, M.; Schaffner, U.; Bossdorf, O. (2011) Invasive Knotweed affects native plants through allelopathy. *American Journal of Botany*, 98(1), 38-43.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Nano, C.E.M.; Clarke, P.J. (2010) Woody-grass ratios In a grassy arid system are limited by multi-causal interactions of abiotic constraint, competition and fire. *Oecologia*, (162), 719-732.
- Nelson, E.B.; Karp, M.A. (2013) Soil pathogen communities associated with native and non-native *Phragmites australis* populations in freshwater wetlands. *Ecol. Evol.*, 3, 5254–5267.
- Oliveira, J.R.A.; Mendes, I.C.; Vivaldi, L. (2001) Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 25, 863–871.
- Omar, A.; Foissner, W. (2012) Description of *Leptopharynx brasiliensis* nov. spec. and *Leptopharynx costatus gonohymen* nov. subspec.(Ciliophora, Microthoracida). *European journal of protistology*, 48(1), 30-47.
- Paul, E. A. (2007) Soil microbiology and biochemistry. *Academic Press.*, 3, 535.
- Perkins, L.B.; Johnson, D.W.; Nowak, R.S. (2011) Plant-induced changes in soil nutrient dynamics by native and invasive grass species. *Plant Soil*, 345(1-2), 365-374.
- Phillips, M.L.; Murray, B.R.; Leishman, M.R.; Ingram, R. (2010) The naturalization to invasion transition: Are there introduction-history correlates of invasiveness in exotic plants of Australia? *Austral ecology*, 35(6), 695-703.
- Pierozzi, M.; da Consolação Javaroti, D.D.; Selegim, M. H. R. (2016) Effects of fire stress to soil protozoan abundance and richness in a Brazilian savanna. *Revista Brasileira de Zootecias*, 17(1).
- Pivello, V. (2011). Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. *Ecologiainfo* 33.
- Pivello, V. R.; Shida, C. N.; Meirelles, S. T. (1999) Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, v. 8, p. 1281–1294.
- Pylro, V.S.; Roesch, L.F.W.; Ortega, J.M.; Amaral, A.M.; Tótola, M.R. *et al.* (2014) Brazilian Microbiome Project: revealing the unexplored microbial diversity challenges and prospects. *Microbial Ecology*, 67, 237 – 241.
- Pyšek, P.; Richardson, D.M. (2010) Invasive species, environmental change and management, and health. *Annual Review of Environment and Resources*, 35, 25-55.

- Reis Junior, F.B.; Mendes, I.D.C. (2007) Biomassa microbiana do solo. *Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)*.
- Rejmánek, M. (2011) Invasiveness. In: Simberloff, D. & Rejmánek, M. (eds.). *Encyclopedia of biological invasions. University of California Press, Berkeley and Los Angeles*. 379-385.
- Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. (1998) Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (eds) *Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, Embrapa*. 556.
- Ribeiro, P.C.; Menendez, E.; da Silva, D.L.; Bonieck, D.; Ramírez-Bahena, M.H.; Resende-Stoianoff, M.A.; Peix, A.; Velázquez, E.; Mateos, P.F.; Scotti, M.R. (2017) Invasion of the Brazilian campo rupestre by the exotic grass *Melinis minutiflora* is driven by the high soil N availability and changes in the N cycle. *Science of The Total Environment*, 577, 202-211.
- Richardson, A.E.; Barea, J.M.; McNeill, A.M.; Prigent-Combaret, C. (2009) Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant Soil.*, 321(1-2), 305-339.
- Robertson, G.P. (1989) Nitrification and denitrification in humid tropical ecosystems: potential controls on nitrogen retention. *Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savanna Ecosystems (ed. J.Proctor), pp. 55–69. British Ecological Society Special Publication No. 9. Blackwell Science, Oxford, UK.*
- Ronald, P.C.; Shirasu, K. (2012) Front-runners in plant–microbe interactions. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 345-348.
- Rossi, R.D.; Martins, C.R.; Viana, P.L.; Rodrigues, E.L.; Figueira, J.E.C. (2014) Impact of invasion by molasses grass (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) on native species and on fires in areas of campo-cerrado in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28(4), 631-637.
- Saggar, S.; McIntosh, P.; Hedley, C.; Knicker, H. (1999) Changes in soil microbial biomass, metabolic quotient and organic matter turnover under *Hieracium pilosella* L. *Biol Fertil Soils* 30, 232–238.
- Santos Alves, T.; Campos, L.L.; Neto, N.E.N.; Matsuoka, M.; Loureiro, M. F. (2011) Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(2).
- Sarmiento, G. (1984) *The Ecology of Neotropical Savannas*. Cambridge, *Harvard University Press*.
- Schmidt, M.W.; Torn, M.S.; Abiven, S.; Dittmar, T.; Guggenberger, G.; Janssens, I.A.; ...; Nannipieri, P. (2011) Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478(7367), 49-56.
- Scott, J.M. (1913) Natal grass. Press Bulletin 208. *University of Florida Agricultural Experiment Station, Gainesville*.

Shea, K.; Chesson, P. (2002) Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol* 17, 170–176.

Silva, D.A. (2005) Levantamento do meio físico das Estações ecológicas e experimentais de Itirapina, São Paulo. Brasil. *Revista do Instituto Florestal* 17(1), 113-128.

Silva, R.R.; Silva, M.L.N.; Cardoso, E.L.; Moreira, F.M.D.S.; Curi, N.; Alovisei, A.M.T. (2010) Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(5).

Silva, S.; Siqueira, J.O.; Soares, C.R.F.S. (2006) Fungos micorrízicos no crescimento e na extração de metais pesados pela braquiária em solo contaminado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(12), 1749-1757.

Silveira, R.B.; Melloni, R.; Melloni, E.G.P. (2006) Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. *Cerne*. 12(1), 48-55.

Simberloff, D.; Rejmánek, M. (2011) Encyclopedia of biological invasions. *University of California Press*.

Sohlenius, B. (1980) The ecological potencial of the ectomycorrhizal mycelium. In: Read, D. J.; Lewis, D. H.; Fitter, A. H. e Alexander, I. J. (eds.) Mycorrhizas in ecosystems. *Oikos* (34), 186-194.

Souza, E.D.; Carneiro, M. A.C.; Paulino, H.B.; Silva, C. A.; Buzetti, S. (2006) Alterações nas frações do carbono em um neossolo quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 28(3).

Stinson, K.A.; Campbell, S.A.; Powell, J.R.; Wolfe, B.E.; Callaway, R.M.; Thelen, G.C.; *et al.* (2006) Invasive plant suppresses the growth of native tree seedlings by disrupting belowground mutualisms. *PLoS Biol.*, 4(5), 140.

Stinson, K.A.; Campbell, S.A.; Powell, J.R.; Wolfe, B.E.; Callaway, R.M.; Thelen, G.C.; Hallett, S.G.; Prati, D.; Klironomos, J.N. (2006) Invasive plant suppresses the growth of native tree seedlings by disrupting belowground mutualisms. *PLoS Biology*, 4, 140.

Strickland, M.S.; Devore, J.L.; Maerz, J.C.; Bradford, M.A. (2010) Grass invasion of a hardwood forest is associated with declines in belowground carbon pools. *Global Change Biology*, 16(4), 1338-1350.

Suguio, K. (1979) Introdução à Sedimentologia. *Edgar Blucher*. São Paulo, 317.

Sun, D.; Dickinson, G.R. (1996) The competition effect of *Brachiaria decumbens* on the early growth of direct-seeded trees of *Alphitonia petriei* in tropical north Australia. *Biotropica*, 28(2), 272-276.

Tarrand, J.J.; Krieg, N.R.; Döbereiner, J. (1978) A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with description of a new genus, *Azospirillum* gen. nov., and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal Microbiology*, 24, 976-980.

Tilman, D. (1997) Community Invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78, 1, 81-92.

Tilman, D.; Reich, P.B.; Knops, J.; Wedin, D.; Mielke, T.; Lehman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294(5543), 843-845.

Tótola, M.R.; Chaer, G.M. (2002) Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez Venegas, V.H.; Schaefer, C.E.G.R.; Barros, N.F.; Mello, J.W.V.; Costa, L.M. (Ed.) *Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2, 195-276.

Van Kleunen, M.; Weber, E.; Fischer, M. (2010) A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology Letters*, 13, 235–245.

van Wees, S.C.; Van der Ent, S.; Pieterse, C.M. (2008) Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 11, 443–448.

Viana, L.T.; Bustamante, M.M.; Molina, M.; Pinto, A.S., Kisselle, K.; Zepp, R.G.; Burke, R.A. (2011) Microbial Communities in Cerrado Soils under Native Vegetation Subjected to Prescribed Fires and Under Pasture. Pesquisa Agropecuária Brasileira. *Embrapa Informação Tecnológica*, Brasília, Brazil, 46 (12), 1665-1672.

Vitousek, P.M.; Gosz, J.R.; Grier, C.C.; Mellilo, J.M.; Reiners, W.A.; Todd, R.L. (1979) Nitrate losses from disturbed ecosystems. *Science* 204, 469–474.

Walker, S.; Wilson, J.B.; Lee, W.G. (2005) Does fluctuating resource availability increase invisibility? Evidence from field experiments in New Zealand short tussock grassland. *Biological invasions*, 7, 195-211.

Wang, J.G.; Bakken, L.R. (1997) Competition for nitrogen during decomposition of plant residues in soil: Effects of spatial placement of N-rich and N-poor plant residues. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 153-162.

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

Willianson, M. (1999) Invasions. *Ecography Lund* 22, 5-12.

Wolfe, B.E.; Klironomos, J.N. (2005) Breaking new ground: soil communities and exotic plant invasion. *Bioscience* 55, 477–487.

Wollum II, A.G. (1982) Cultural methods for soil microorganisms. In: Miller RH, Keeney DR. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Madison, *Soil Science of American*, 781-802.

Xiao, H.F.; Feng, Y.L.; Schaefer, D.A.; Yang, X.D. (2014) Soil fungi rather than bacteria were modified by invasive plants, and that benefited invasive plant growth. *Plant Soil*, 378, 253–264.

Zanchetta, D. *et al.* (2006) Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina-1ª revisão. São Paulo: *Secretaria do Meio Ambiente*, Instituto Florestal.

Zuloaga, F.O.; Guglieri, A.; Longhi-Wagner, H.M. (2001) Panicum. In: Longhi-Wagner, H.M.; Bittrich, V.; Wanderley, M.G.L.; Shepherd, G.J. (eds.). *Poaceae - Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. v. 1. São Paulo, Hucitec., 168-190.

Zwart, K.B.; Kuikman, P.J.; van Veen, J.A. (1994) Rizosphere protozoa: their significance in nutrient dynamic. In: Darbyshire J.F., ed. *Soil Protozoa*. Wallingford, UK: CAB Internacional, 93-122.

10. Apêndices

Apêndice 1

Tabela 1 Valores diários dos parâmetros das variáveis climatológicas obtidos nos meses em que foram realizadas as coletas (março e setembro de 2015).

Março						Setembro					
Dia	Pluv. (mm)	Temp. máx. (°C)	Temp. mín. (°C)	Temp. média (°C)	Umidade Rel. (%)	Dia	Pluv. (mm)	Temp. máx. (°C)	Temp. mín. (°C)	Temp. média (°C)	Umidade Rel. (%)
1	0	30	15	22,5	54	1	0	37	12	24,5	22
2	0	30	20	25,0	55	2	0	34	13	23,5	45
3	0	31	20	25,5	67	3	0	35	13	24,0	44
4	3	33	19	26,0	67	4	0	29	12	20,5	51
5	0	35	20	27,5	48	5	2	30	25	27,5	47
6	10	31	20	25,5	62	6	0	31	13	22,0	53
7	2	30	20	25,0	73	7	0	27	14	20,5	63
8	12	30	19	24,5	85	8	27	26	17	21,5	100
9	35	24	20	22,0	100	9	39	25	16	20,5	69
10	10	30	20	25,0	71	10	0	23	14	18,5	83
11	3	30	20	25,0	72	11	31	23	17	20,0	83
12	7	30	20	25,0	72	12	0	22	15	18,5	91
13	3	29	18	23,5	67	13	5	28	13	20,5	50
14	7	30	20	25,0	85	14	0	28	13	20,5	57
15	3	31	19	25,0	100	15	0	35	13	24,0	52
16	22	35	20	27,5	42	16	0	36	15	25,5	45
17	0	27	20	23,5	77	17	0	38	18	28,0	33
18	4	25	18	21,5	77	18	0	35	16	25,5	32
19	10	24	20	22,0	92	19	0	33	15	24,0	28
20	0	31	19	25,0	84	20	0	35	19	27,0	24
21	4	30	17	23,5	72	21	0	39	20	29,5	27
22	33	22	22	22,0	71	22	0	41	15	28,0	33
23	47	32	16	24,0	72	23	0	41	15	28,0	28
24	0	31	16	23,5	66	24	0	41	14	27,5	23
25	0	33	24	28,5	55	25	0	28	17	22,5	43
26	0	29	17	23,0	61	26	28	22	20	21,0	59
27	0	34	17	25,5	56	27	0	32	20	26,0	53
28	0	33	22	27,5	61	28	16	21	19	20,0	70
29	1	34	22	28,0	62	29	0	32	17	24,5	58
30	3	30	17	23,5	100	30	2		18	9,0	47
31	32	31	19	25,0	73						

*A linha cinza escuro destaca os dias das coletas, e as linhas cinza claro destaca os dados que foram utilizados para se obter os valores médios dos parâmetros das variáveis climatológicas.

Apêndice 2

Tabela 2 Valores brutos de densidade total de bactérias (UFC/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
4250000	1550000	5100000	3400000	6950000	2450000
2050000	1650000	2050000	3450000	6150000	2300000
3350000	1800000	1550000	2900000	5950000	2500000
3300000	3350000	2900000	3150000	6500000	1650000
3200000	1750000	5350000	3250000	5050000	1500000
3400000	2050000	2750000	1650000	5600000	1550000
Área 2					
5350000	5800000	11300000	2000000	7550000	5550000
7550000	4900000	11500000	2750000	4550000	4750000
5800000	7000000	10850000	2650000	2300000	2400000
7000000	6750000	11500000	2400000	2850000	3000000
6000000	5100000	13450000	6800000	5750000	4850000
7950000	6450000	11200000	5550000	7500000	2750000

Tabela 3 Valores brutos de densidade total de bactérias (UFC/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
2300000	1650000	4400000	1750000	2250000	3950000
1500000	2500000	1700000	2300000	2450000	4600000
1550000	2050000	3450000	1550000	1600000	4650000
1900000	3100000	1900000	2600000	1500000	1650000
7300000	3450000	6850000	2450000	5400000	1550000
6850000	2550000	3000000	2500000	5250000	4900000
Área 2					
3000000	2900000	3250000	6000000	9300000	12150000
4000000	1800000	1550000	2750000	6950000	9200000
3050000	3700000	2450000	2800000	9850000	13900000
3500000	3150000	2200000	6100000	13450000	6200000
4450000	4300000	4500000	4900000	6800000	13350000
4900000	1600000	4000000	5200000	6900000	13900000

Tabela 4 Valores brutos de densidade total de bactérias (UFC/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
5150000	4750000	1600000	8150000	5950000	6800000
7100000	1600000	3050000	6800000	3550000	6200000
8900000	2650000	2550000	5200000	5100000	5600000
9050000	3050000	3000000	6100000	5100000	4650000
7700000	6200000	3450000	6450000	5150000	6650000
5500000	5550000	1650000	9450000	4900000	4850000
Área 2					
3100000	2950000	7650000	6600000	5150000	12150000
4000000	2000000	5000000	9300000	5550000	7800000
4350000	3100000	4150000	8100000	2650000	6600000
4150000	6500000	6600000	6650000	3650000	5700000
3900000	1700000	2600000	9250000	4200000	7050000
3500000	4450000	4600000	10300000	3200000	4450000

Tabela 5 Valores brutos de densidade total de bactérias (UFC/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
1550000	1950000	3500000	3300000	5550000	2450000
2250000	2750000	1650000	3650000	5700000	5650000
1700000	4900000	6850000	2950000	4050000	3650000
2600000	3050000	2000000	1550000	8500000	2150000
1650000	3400000	2450000	2300000	8900000	2200000
1550000	2000000	1550000	2600000	6850000	4850000
Área 2					
2900000	1950000	1700000	1600000	4500000	12150000
4150000	4100000	1600000	1650000	5050000	12600000
2050000	2300000	1500000	1500000	5750000	2850000
2750000	3700000	1600000	2550000	2500000	7500000
3500000	3400000	1650000	1550000	2700000	7700000
3000000	3050000	3550000	1650000	3250000	4100000

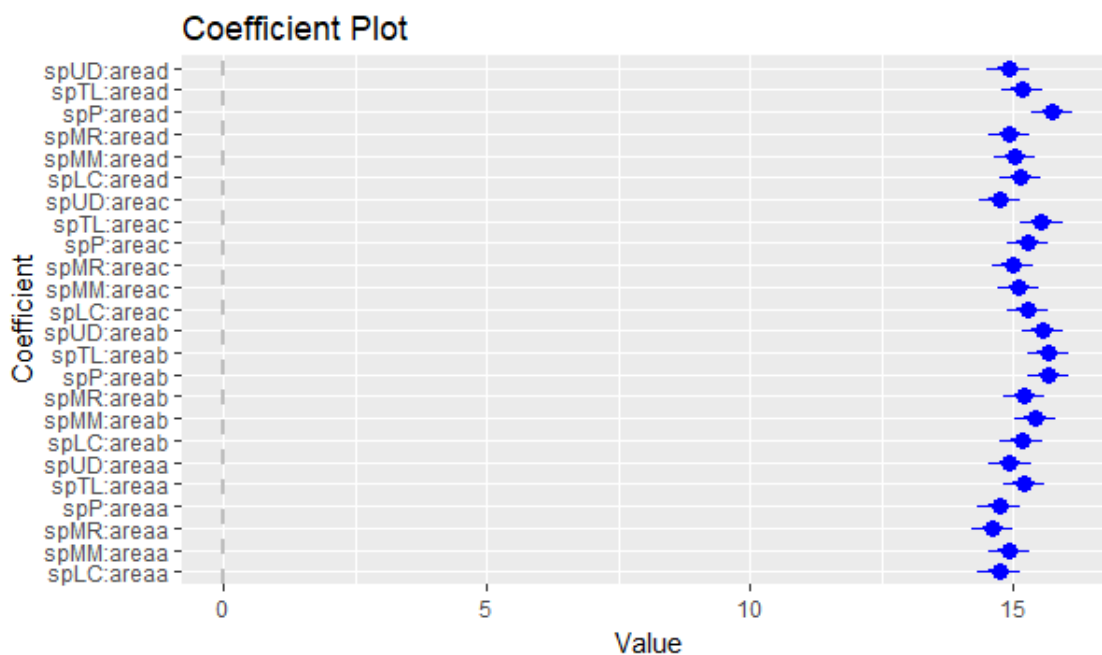


Figura 1 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: densidade total de bactérias e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 3

Tabela 6 Valores brutos de densidade total de fungos (colônias/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
31000	35000	48000	126000	78000	124000
32000	41000	36000	125000	54000	96000
30000	31000	32000	201000	93000	121000
76000	32000	42000	112000	86000	133000
40000	30000	35000	68000	131000	174000
41000	38000	33000	84000	64000	113000
Área 2					
90000	30000	136000	135000	118000	69000
115000	32000	132000	186000	81000	97000
111000	59000	135000	162000	75000	99000
104000	44000	157000	134000	80000	66000
160000	40000	176000	113000	95000	59000
120000	45000	113000	79000	54000	82000

Tabela 7 Valores brutos de densidade total de fungos (colônias/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
74000	58000	87000	90000	62000	62000
73000	54000	96000	135000	58000	51000
71000	65000	88000	90000	55000	65000
72000	66000	64000	74000	41000	60000
74000	53000	80000	86000	32000	60000
52000	64000	95000	107000	32000	72000
Área 2					
90000	39000	122000	71000	119000	112000
91000	36000	134000	56000	112000	76000
95000	31000	113000	45000	99000	75000
107000	59000	135000	48000	67000	118000
105000	50000	130000	52000	79000	98000
103000	52000	130000	41000	82000	108000

Tabela 8 Valores brutos de densidade total de fungos (colônias/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
77000	86000	140000	31000	55000	51000
77000	70000	150000	33000	46000	60000
70000	82000	145000	32000	57000	30000
79000	61000	113000	68000	59000	44000
59000	88000	143000	76000	57000	50000
55000	60000	132000	35000	33000	35000
Área 2					
54000	107000	56000	46000	86000	31000
53000	138000	55000	46000	167000	31000
32000	86000	23000	39000	145000	39000
51000	97000	45000	32000	50000	49000
60000	90000	35000	31000	70000	30000
54000	102000	63000	44000	99000	35000

Tabela 9 Valores brutos de densidade total de fungos (colônias/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
73000	36000	77000	74000	73000	85000
70000	43000	66000	65000	65000	72000
52000	52000	78000	78000	58000	70000
61000	62000	62000	56000	70000	79000
60000	75000	84000	72000	59000	84000
57000	62000	75000	58000	66000	72000
Área 2					
30000	34000	30000	30000	30000	35000
31000	36000	31000	31000	31000	33000
35000	37000	33000	32000	30000	30000
30000	31000	40000	41000	33000	35000
51000	35000	31000	46000	30000	31000
31000	33000	40000	51000	31000	30000

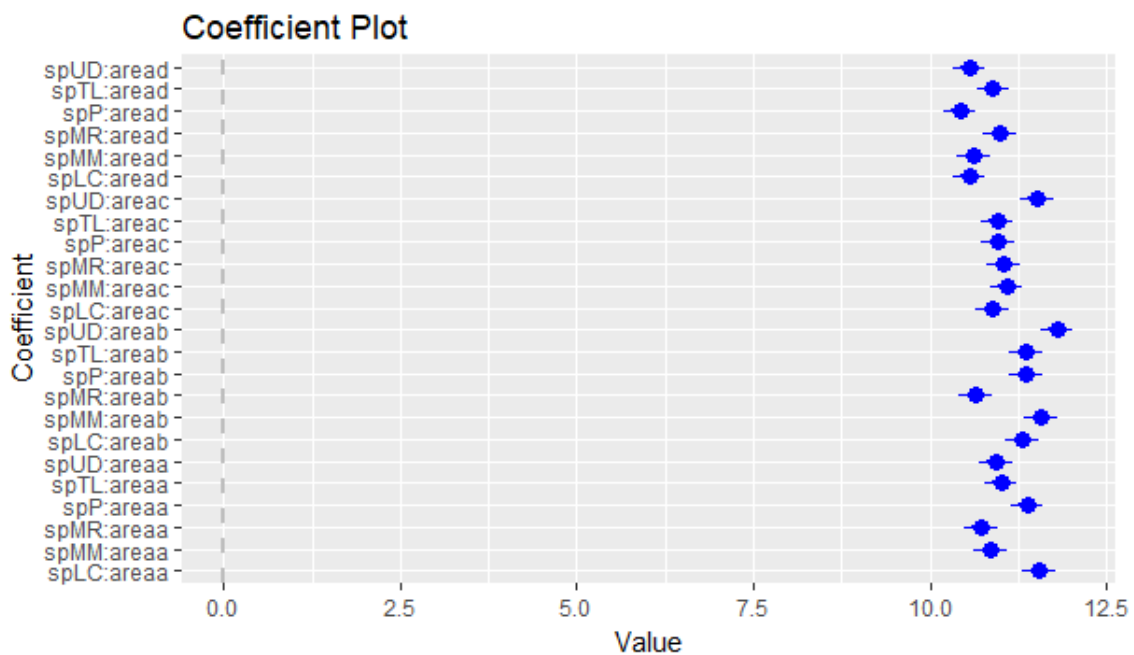


Figura 2 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: densidade total de fungos e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 4

Tabela 10 Valores médios da densidade total de protozoários ativos (número de protozoários/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
45	35	25	14,5	25	30
60	35	15	10	40	20
50	25	15	5,4	30	25
Área 2					
30	60	49,9	45	30	60
19	85	64,9	50	30	25
25,8	70	105	35	25	35

Tabela 11 Valores médios da densidade total de protozoários ativos (número de protozoários/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
5	1,65	3	60	1,65	15
10	1,65	3,5	55	1,65	10
5	1,65	3,5	50	1,65	15
Área 2					
17	4	25	4.5	1,65	2,5
13	6	20	4.8	1,65	3,5
14,7	4,8	20	5.5	1,65	4

Tabela 12 Valores médios da densidade total de protozoários ativos (número de protozoários/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
50	70,5	30	40	25	40
85	51	19,5	30	20	35
45	48,5	20,5	45	25	40
Área 2					
30	25	20,5	30	10	35
35	25	16,4	35	15	30
30	15	23	35	15	40

Tabela 13 Valores médios da densidade total de protozoários ativos (número de protozoários/g de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
30	5	5	10	20	2,5
40	10	4	15	15	4
25	5	6	15	15	3,5
Área 2					
5	7,5	9	5,5	1,65	10,5
4,9	9	7	4,5	1,65	11,8
5	8,2	9	4,9	1,65	12,5

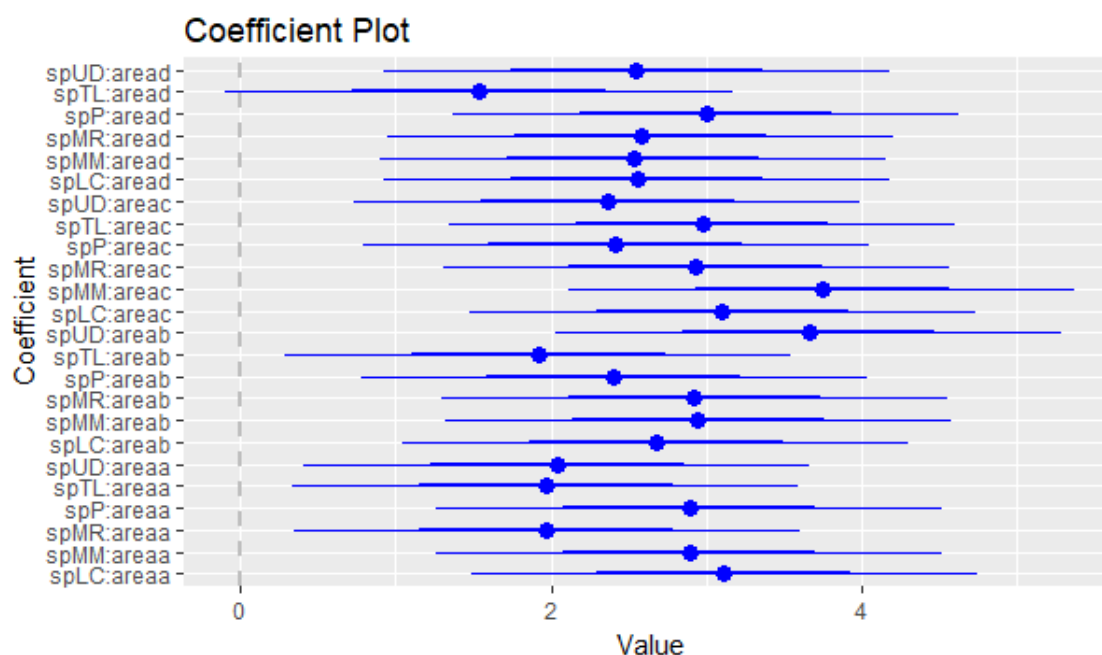


Figura 3 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: densidade total de protozoários ativos e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 5

Tabela 14 Valores brutos da concentração de carbono da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
15,1748651	5,944029128	11,01946256	37,94613637	38,00538735	23,94865366
12,42069696	9,686943066	7,563446215	29,2243195	23,32576898	30,74249342
10,66907582	9,283454917	5,81369467	29,31914794	32,49565837	38,51517901
12,43447453	3,656488758	9,220950214	33,43241525	36,61409479	10,24870831
13,09698832	6,928419299	6,327081272	31,74061307	39,59874047	22,57598629
11,60162106	5,853612512	10,73321713	39,24493635	39,15277604	29,55782021
Área 2					
4,825570217	5,120533611	2,861413162	13,15795964	12,43159454	22,22368187
3,733835643	8,284241117	2,622210501	11,582959	16,52551174	21,84836305
4,076126206	7,827079745	3,181834007	12,29376827	15,76219766	20,50967307
5,301001158	3,058371321	5,12516398	11,94278589	18,03814838	20,18068992
2,343996209	5,321892983	1,84953068	12,49832174	15,37612487	20,69316874
3,445097615	8,962522035	2,168005881	10,6713216	17,38191434	22,30440709

Tabela 15 Valores brutos da concentração de carbono da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
5,876488095	3,143707068	6,154562652	15,43140539	34,22772822	16,09191652
6,155357143	7,971389328	4,457769014	26,71638733	17,61654249	11,71966886
5,034212114	5,716374374	5,591923533	10,78221924	34,19846733	15,81802463
6,367420697	7,911138566	5,059589938	5,852078112	14,47203761	11,37338731
5,265368391	5,055267829	5,256436455	25,48515021	22,33536041	32,44418246
7,135416667	7,733740634	2,388370235	20,80667741	23,43854659	15,92797667
Área 2					
5,543838847	4,671992416	5,50279711	23,12100694	27,68936276	34,18012657
6,436479173	4,609700749	7,067820625	24,85109888	49,86007749	35,95167039
7,235777066	5,444153874	4,754363675	16,1570272	44,06906876	40,67919271
4,501072337	2,728041117	4,071919628	23,40714632	47,76386461	30,75678421
5,528463675	5,669820034	4,01740101	22,54533365	41,8663264	30,64690688
7,609351161	6,851664351	5,045040823	15,58070255	28,13377355	44,20316981

Tabela 16 Dados brutos da concentração de carbono da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
7,499412568	3,747279943	4,361936412	14,22422863	18,87911156	10,67663638
6,96227844	3,190702645	7,80815575	10,8416349	19,88406008	15,45491613
4,739245471	2,503046823	2,979515688	14,57201189	17,26564562	14,80786299
5,597588358	3,671330064	0,500995123	12,78058008	23,07562764	20,71882488
6,953113047	3,984679293	4,709004877	18,30409281	22,6697957	24,95032919
6,585661614	2,657212101	6,006586341	11,60925779	19,48711661	23,27778006
Área 2					
7,991546716	4,496293652	11,24522276	18,10815102	8,518919449	16,04869432
3,934263471	4,181488064	9,658619227	17,76068167	12,53225228	15,85898384
8,221090882	7,519684853	11,2937189	23,89842589	11,19319651	18,97594116
11,56829188	5,714798105	11,84117585	23,19797434	12,54601362	17,24379511
9,274219209	6,316320224	10,0120503	18,87577253	7,886872009	18,19755868
11,62468126	5,567477347	10,82079999	23,70511986	11,37834651	21,37750793

Tabela 17 Valores brutos da concentração de carbono da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
2,252126115	7,442226344	5,234878264	14,02377288	12,40026397	15,438915
2,204174659	6,440015544	2,493933609	12,45714082	13,72724736	13,20154541
5,881054138	6,372264321	3,41802767	13,59452076	12,40026397	28,56933969
8,041650946	8,124383829	5,308438645	12,19076649	11,59009764	20,45038288
5,184087337	8,061342462	4,8815221	13,15862537	14,00545236	28,54091295
6,836456548	4,639831002	6,405931691	15,0544597	15,27024156	27,5743339
Área 2					
2,72053681	7,348130616	5,551056159	26,22447579	42,34166629	16,26532175
3,244017316	6,965935312	4,536870088	22,26894571	26,15903538	18,78002963
4,984396344	6,164336267	5,471938461	13,25672496	28,24015912	18,17181154
3,885994066	6,567804606	5,024967691	18,9046149	47,95974202	13,80253151
6,240101757	5,020799572	6,444880681	21,30534242	38,56863017	17,96757796
2,036720966	4,995581079	5,147447548	11,81336091	45,57525272	21,53404244



Figura 4 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: concentração de carbono da biomassa microbiana e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Tabela 18 Valores brutos do conteúdo de carbono orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
114,6657628	139,0494827	158,7276458	202,9791308	174,3809545	296,4741207
115,8651933	139,9923423	154,6785203	201,3203151	170,0959481	307,6308101
113,5132496	134,6327671	152,829941	202,4062436	168,8712255	304,3512732
142,5895492	160,9708824	126,2452837	208,5827434	189,0007715	220,2255287
146,6093885	157,1291176	129,917573	236,6761062	187,2939954	220,7685198
154,8935566	161,3374016	128,0546555	222,4570796	188,6825994	215,2700708
Área 2					
196,1176854	154,8849051	148,3093793	207,6785927	234,0620505	170,2371575
205,4504069	162,7487917	150,9315898	222,9222993	230,0704545	170,936784
195,6928905	159,3679655	135,6251458	208,3586224	231,9025348	167,6659218
191,4280512	155,61875	146,0333161	174,1099901	221,2323617	217,3171598
185,1557256	155,61875	147,3153772	196,3178926	235,8675662	219,6363905
190,3000494	169,6169643	150,1106276	212,0323062	219,3272816	218,4767751

Tabela 19 Valores brutos do conteúdo de carbono orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
174,4910232	176,6403492	185,9380435	244,1017857	228,7892892	209,2508964
169,9168919	165,4477207	195,8902174	258,9583333	211,4859786	228,1305777
162,7638996	164,5967992	184,9380435	257,7830357	243,7854917	212,7908367
181,4723214	162,9269384	182,9269384	246,1825959	222,966501	209,1807921
182,8428571	178,2164016	191,7690855	218,7410029	235,9204771	199,0188549
197,4510827	174,683499	182,5914513	240,3581121	247,6968191	197,0018756
Área 2					
142,9895858	138,7900592	179,5623833	209,1732016	249,1220896	232,7282072
142,6215385	139,9164497	189,7397418	216,8051383	252,6585075	223,6956175
159,7368047	135,9164497	207,1721946	218,5696443	245,5856716	218,5326693
128,776888	126,6921094	152,2567552	172,2612537	169,6552135	230,6273563
119,2161348	147,4564844	152,7063127	173,2733728	198,5910626	225,9756322
142,537901	142,6109375	160,7512684	193,3886391	194,7329494	232,488046

Tabela 20 Valores brutos do conteúdo de carbono orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
125,6767461	105,8210879	119,4711536	147,2351243	199,3802877	155,2953967
133,9967808	106,9771661	122,5088863	135,018325	188,5849468	163,2259244
129,3387636	108,3488923	120,4823962	170,4470427	184,0270521	159,3791667
129,443054	113,1846474	117,3632836	162,3349558	149,3473675	167,7342982
129,8555999	102,9528008	132,0142787	172,740708	159,4129377	179,6083769
138,110398	133,2783071	136,7232836	168,1159292	153,7213346	175,3218287
Área 2					
107,8375702	83,34261646	118,9774867	112,1490696	132,2451543	156,9936562
111,3552018	84,00766796	98,08098298	117,2142907	139,0994977	155,2450154
113,6827831	85,88828634	99,09871629	113,1613144	140,2508597	161,5809995
92,23144504	92,51752495	98,59958274	133,6213318	137,7111276	155,374327
92,73605917	99,61167377	103,8198018	123,6085179	136,5480712	158,8156032
90,71058017	91,47845696	112,9141923	127,6398869	138,874184	156,8621635

Tabela 21 Valores brutos do conteúdo de carbono orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
117,1794638	104,4921791	94,36613095	143,6977087	124,0957957	142,7073477
114,7879245	103,3139104	101,533631	158,2420971	142,8580857	161,3188998
129,1371599	109,166209	97,00904762	172,0381359	147,6602393	155,5027898
122,166209	106,8574016	103,2929285	142,0554274	159,6656231	152,3464286
134,0807514	102,0298425	109,4115573	151,4722068	126,8693854	139,4240476
135,7209827	103,3608661	107,0919491	139,7012326	131,5684683	148,6798801
Área 2					
94,90167488	83,16428997	99,97591313	141,0185075	149,8338643	106,2777295
91,57877833	95,86433071	92,19677612	137,4837015	134,6971091	116,9759131
91,11419483	86,64571996	99,41408955	137,1835933	154,4913274	109,3532873
87,61097345	91,89349112	102,7010149	144,3157157	127,549891	102,9481386
92,34702065	87,21538462	102,9990373	138,3722804	119,3347076	106,1014455
88,79498525	91,70574803	102,1080355	124,9295455	143,9802577	104,5247921

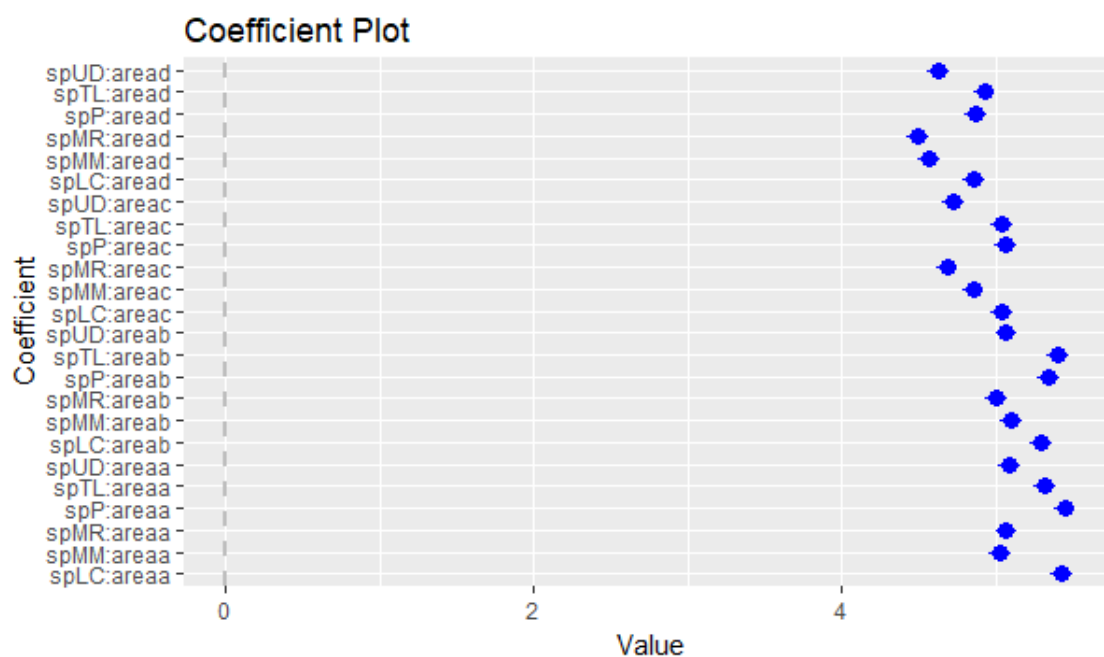


Figura 5 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: conteúdo de carbono orgânico total e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 6

Tabela 22 Valores brutos da concentração de nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
4,043796106	2,727714075	2,182286194	6,848221741	4,483976522	6,312635265
4,76598744	1,957729454	3,84307749	4,566774066	4,474430564	6,5425559
7,020891404	3,129782479	3,183590817	5,530407721	6,322505345	5,232317805
3,81300542	2,887446397	1,330796813	8,471775413	8,626075301	2,350983157
4,194787831	2,47940046	2,661593625	5,313256685	8,715520543	6,279899127
3,819226404	3,784743263	3,992390438	8,133842836	7,121939664	2,193479326
Área 2					
4,001066296	3,862309614	4,298580175	3,464432695	4,401101062	6,131830913
3,551350259	5,467557813	3,681883859	3,133940824	4,168136635	6,370064475
2,901542707	4,467557813	3,141377717	5,478129425	3,8711255	8,805669589
2,309906177	4,936453838	3,208907982	5,77164083	6,755542818	8,817880248
2,927030571	5,336807745	3,878823384	5,085653339	4,207011418	6,302729617
2,28829311	4,882705307	3,535716206	5,395001031	5,992278315	7,698199792

Tabela 23 Valores brutos da concentração de nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
2,1414797	1,869921706	0,864438071	5,616038169	9,556009585	4,382611557
1,49663414	2,969252902	1,541457506	3,610346662	8,213646758	4,121138623
0,844231796	2,292097428	0,857947035	2,972125558	7,825620253	5,445988479
2,783108099	3,16697936	1,516981839	5,217316688	7,522088546	2,854148173
0,662757937	3,61570558	2,179728138	4,891804853	7,266802271	4,17378091
3,313789683	2,600262334	2,181683142	4,8859357	6,218556839	4,838484807
Área 2					
2,572914221	2,891118347	3,088804262	6,42846535	5,898710499	4,868348434
1,741674792	3,924690913	2,439662755	4,981863811	5,104354517	4,199725383
2,569008077	3,850066081	2,44489165	5,003804782	5,231333719	7,495919722
3,062676732	3,73342449	2,92878358	5,747864514	5,799308043	5,220053633
1,424651061	3,850066081	3,229773049	6,754420009	5,80707747	7,168315811
2,084137734	2,210161867	2,233588268	5,03671624	5,5665974	4,515873326

Tabela 24 Valores brutos da concentração de nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
5,687138629	4,32092715	3,673046114	15,77874063	9,348671278	7,639056363
4,440456904	5,072790101	3,534694544	11,64676285	8,234149366	5,665693196
4,177592012	3,205077005	3,694269457	12,77421079	9,726034854	7,655933647
3,194441243	4,834453512	4,981634643	11,78759841	5,543054209	4,982678777
2,523534839	4,04863038	4,604209912	11,40764397	8,285716133	5,312418879
3,803212239	4,026877609	4,603841363	13,63525485	8,220177116	6,940414054
Área 2					
2,849844056	3,940131857	4,86987481	11,76319064	6,805153382	12,29063457
3,503170368	2,368818017	3,157244785	6,100546321	6,035837228	13,41622436
2,901739199	3,315393088	2,145827622	5,443692212	3,888917448	13,79439576
2,464700369	3,684119068	2,799657039	5,1770965	7,837996689	7,693985688
3,456580444	3,630058685	3,106443794	6,286483733	8,587642498	9,763629608
2,787983221	2,057388764	2,785715516	6,667230522	8,212445906	9,43945105

Tabela 25 Valores brutos da concentração de nitrogênio da biomassa microbiana (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
2,387502634	2,123607709	3,313710736	8,600026381	5,46737733	12,77128806
3,515167535	2,130000999	2,553036419	5,139058281	5,551117313	7,514424062
3,032006359	3,629758713	1,70128921	4,778420951	6,802217509	8,728737132
2,432318499	2,819232516	2,203611816	7,021380324	6,145564357	7,379051556
0,896459124	3,064588069	3,495478186	5,246918331	8,091128004	6,931457461
1,181489982	3,481624859	0,930799521	8,788791474	7,440040928	11,77870975
Área 2					
2,237267697	3,560238305	1,645086484	6,367625643	15,22799744	5,403379048
2,43105309	4,76048244	3,823755799	5,432901184	14,6433354	6,084825213
1,145527976	4,17981551	0,84816914	5,259528796	8,754661453	6,084825213
0,84902574	4,101868175	2,992416488	6,658725942	17,79530868	6,61647637
0,854027334	3,726176007	3,368840518	5,277471606	16,64107943	5,986204526
1,602062217	4,102453995	2,100925455	5,55047113	8,813520839	6,727577688

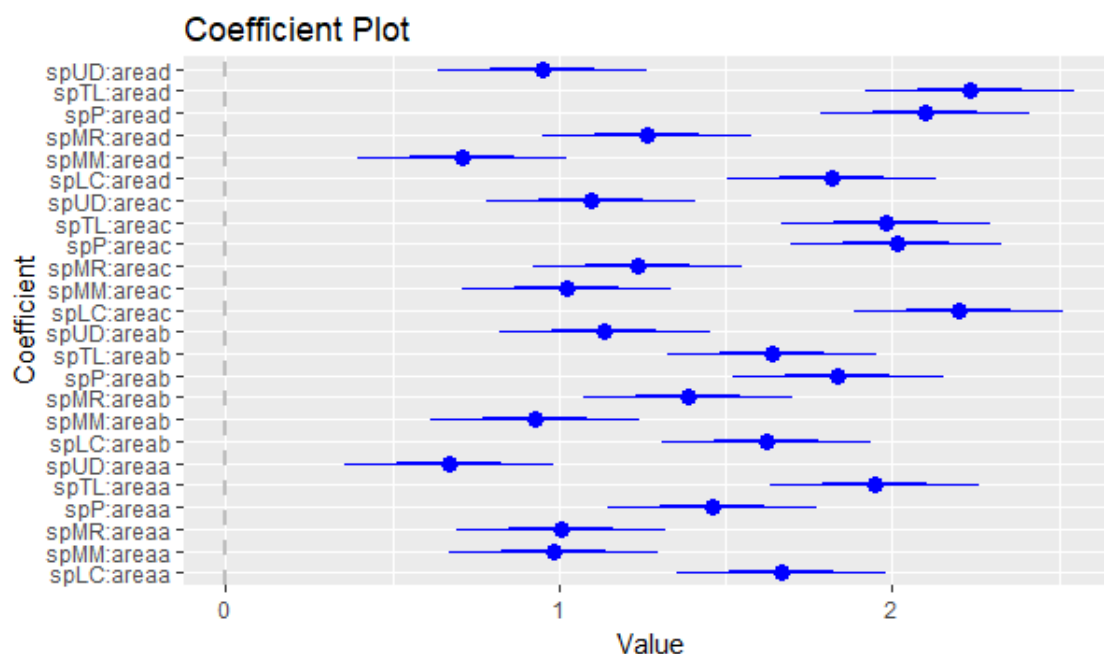


Figura 6 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: concentração do nitrogênio da biomassa microbiana e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Tabela 26 Valores brutos do conteúdo de nitrogênio orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
61,29445212	38,35064296	53,35942764	79,37172075	76,02492467	64,0607305
61,29445212	41,56121308	54,35942764	76,31866273	76,765766	65,0607305
71,25607108	40,92967472	53,69994097	75,73907571	78,98828999	66,0607305
55,04354741	33,36911765	41,22027888	86,7526818	52,16981095	88,99120863
55,04354741	32,71415686	42,5510757	81,51551122	57,80891542	85,77809568
55,79356692	33,36911765	44,54727092	89,00867663	51,79387065	89,37382243
Área 2					
61,29445212	56,20793651	34,18949936	50,1467992	66,12205534	67,82714004
60,52817374	55,43785714	35,84768655	50,91840954	65,88909091	68,82714004
64,35956565	57,74809524	34,84768655	56,31968191	76,39462451	71,88923077
75,37567395	46,69997179	37,72420657	43,35391477	93,39012342	87,08951503
75,99376484	43,67286428	38,06216584	45,3676115	87,57607056	78,59867409
73,13016823	42,40940488	41,71514173	46,32652131	89,9932743	85,26476262

Tabela 27 Valores brutos do conteúdo de nitrogênio orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
39,94706564	40,38065955	47,11500994	49,67255952	47,54962025	47,20886454
39,30222008	40,73268671	44,45870775	49,67255952	48,54962025	46,54346614
39,30222008	40,38065955	46,45093439	57,62565476	48,54962025	46,54346614
42,38222222	45,09168986	42,21470356	51,57608653	51,76353877	44,94407921
45,03325397	44,45870775	44,19511858	49,26230088	49,77131213	45,60552475
45,62389764	43,79463221	40,89442688	53,23297935	55,74799205	46,92841584
Área 2					
34,22540434	26,96210728	32,19597656	52,81608696	52,82083582	49,23297935
29,24310757	25,32220307	30,54357422	52,49581028	53,49136318	51,20365782
29,90850598	26,96210728	31,50078125	53,43705534	54,82083582	50,74635735
31,23930279	35,54307692	60,31704071	47,16189055	49,40480636	50,74635735
35,68384158	35,54307692	59,00971202	45,34021804	48,40480636	49,42738401
35,68384158	36,88187251	59,6731281	47,32652131	47,07797418	57,62565476

Tabela 28 Valores brutos do conteúdo de nitrogênio orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
42,13438555	52,10345472	45,56242786	67,9227532	72,86173416	40,64505046
42,76994584	37,34989173	47,87956219	59,52684366	72,86173416	40,31334502
44,75090884	41,4320374	47,10718408	56,47378564	73,23470553	42,62676945
33,79016617	39,06579632	34,5847457	62,23644763	44,69294701	53,98048611
33,11925977	38,53469271	34,2527183	62,97836668	45,34919455	52,65497024
33,4203262	38,51682318	34,93243646	65,20412383	46,09460737	55,30600198
Área 2					
37,59534739	30,33037274	47,24826486	85,82880142	59,88011869	61,93480558
37,93485546	31,61014893	46,61508039	93,28268969	59,88011869	63,06076538
38,24869941	31,9600853	47,61508039	88,43516969	60,04114738	63,43856677
26,04131505	28,02018927	26,97885447	64,10293303	65,90036257	56,69340509
28,62966104	25,03323045	26,62627359	63,72773938	65,52479597	54,78778865
28,71255309	26,36460877	26,93285549	64,85369327	67,39747414	57,32861057

Tabela 29 Valores brutos do conteúdo de nitrogênio orgânico total (mg/kg de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
37,50220896	34,29140299	37,89157689	52,47285437	59,70907278	70,69184524
34,09271642	34,29140299	35,40405485	53,04902913	62,29802592	83,64434524
32,91170149	34,88191045	38,14781587	43,52553398	61,00354935	70,99059524
53,94327553	25,07899606	47,82039683	55,93960552	62,5942439	43,10019646
54,94327553	27,66311024	49,75248016	56,22003945	63,5942439	44,68316306
52,69244701	26,91076772	49,10845238	57,22003945	64,12762927	44,10019646
Área 2					
59,84066995	27,74061569	33,51104478	66,80983218	48,22342183	57,19709773
60,20108374	25,97261172	34,51104478	67,45068115	47,68329039	57,19709773
60,20108374	27,15128103	31,91170149	66,80983218	47,88926254	57,19709773
54,41882006	22,86698225	51,81455796	63,81954545	51,26309524	58,7959802
55,69547689	24,62278107	49,26375246	62,89509881	55,97309524	58,7959802
55,05714848	25,20804734	49,90145383	59,2536166	45,37559524	59,43873267

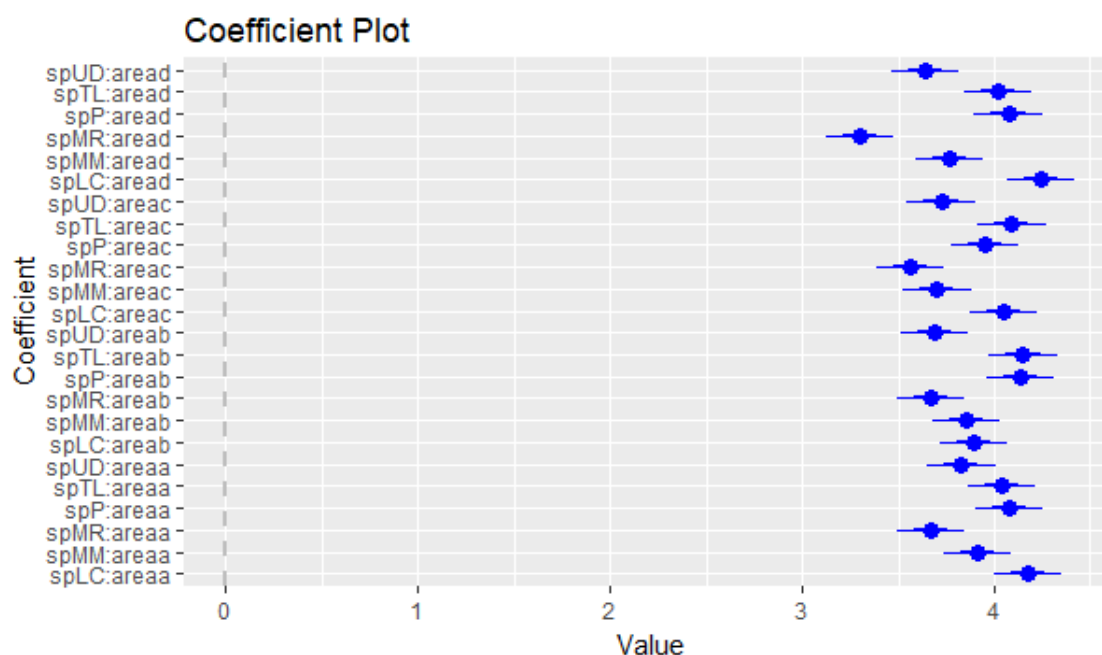


Figura 7 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: conteúdo de nitrogênio orgânico total e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 7

Tabela 30 Valores brutos de C-CO₂ da respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
7,29	3,888	7,29	7,29	6,804	7,29
6,804	4,86	10,206	5,346	5,832	8,262
5,832	4,374	8,748	6,318	6,318	7,29
6,318	4,86	7,29	5,346	6,318	7,776
6,318	3,888	11,178	8,262	8,262	7,29
7,29	4,374	9,234	6,804	7,29	7,29
Área 2					
6,318	7,29	8,262	6,804	7,776	7,776
6,318	8,262	8,262	5,832	7,776	7,776
6,318	7,776	8,748	6,318	7,776	7,29
5,832	7,29	8,262	4,86	6,804	9,234
6,804	9,234	8,262	5,832	6,804	9,234
6,318	8,262	8,262	5,346	6,804	9,234

Tabela 31 Dados brutos de C-CO₂ da respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
6,804	6,048	6,048	3,528	5,832	5,832
5,04	7,056	7,776	3,528	5,346	3,024
6,804	6,804	7,776	6,12	5,346	4,032
4,374	6,12	6,318	2,43	3,024	3,024
6,318	6,12	6,048	6,318	4,032	4,896
6,318	7,344	6,048	4,374	4,032	4,896
Área 2					
6,318	3,024	4,86	5,04	5,04	7,056
4,86	3,888	4,86	6,048	5,04	6,804
6,804	3,888	4,86	5,04	4,032	6,804
5,832	3,888	9,072	5,04	5,544	6,804
5,832	4,032	6,048	6,048	5,04	5,832
4,86	4,032	7,56	6,552	5,04	5,346

Tabela 32 Valores brutos de C-CO₂ da respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
8,64	4,95	8,1	6,3	7,776	9
9,504	4,5	9,9	7,2	7,2	8,1
8,55	4,5	8,1	6,3	9	8,1
8,64	4,05	7,776	6,3	8,1	7,776
7,776	4,95	8,64	6,3	7,2	9,504
9,504	4,95	9,45	6,3	8,1	7,776
Área 2					
9	5,4	8,1	5,4	9	6,3
4,05	6,3	9,9	6,3	8,1	9,9
5,85	5,4	7,2	7,2	9	5,85
4,05	6,3	9	8,1	7,776	9,9
6,3	6,3	9	6,3	6,912	9,9
6,3	4,5	9	6,3	7,776	9

Tabela 33 Valores brutos de C-CO₂ da respiração microbiana (mg/100 cm³ de solo) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
9,828	1,512	6,318	5,544	11,232	5,04
7,956	2,52	6,318	3,528	9,504	4,032
7,956	5,04	8,262	4,536	6,912	4,536
9,504	3,672	6,912	7,344	7,956	4,374
11,232	4,032	7,956	6,12	7,02	4,374
9,504	4,896	7,776	4,896	7,956	5,346
Área 2					
6,048	1,512	4,374	9,504	6,804	8,568
6,048	2,52	5,346	8,64	7,776	6,12
8,64	3,528	4,374	9,504	7,776	6,12
7,956	4,896	5,148	7,776	4,032	7,776
7,02	4,896	6,084	7,776	5,04	7,776
7,02	4,032	5,148	6,912	5,04	9,504

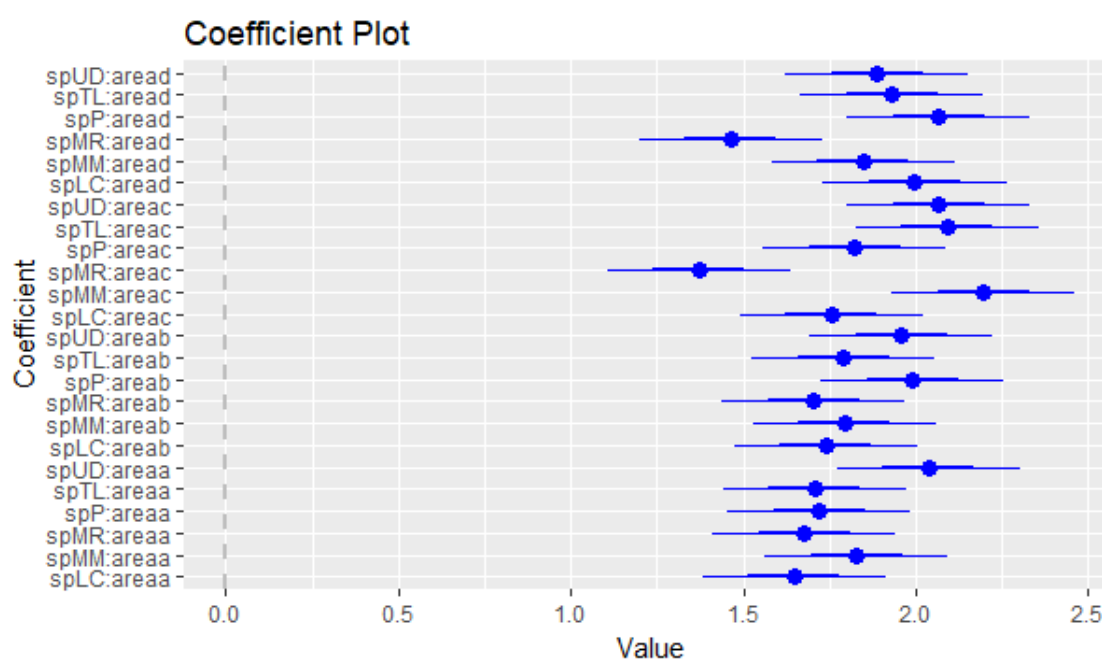


Figura 8 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: conteúdo C-CO₂ da respiração microbiana e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).

Apêndice 8

Tabela 33 Valores brutos de quociente metabólico (C-CO₂/Carbono da biomassa microbiana) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostrachya</i>	<i>Panicum sp</i>
5,485106554	5,45855218	7,106922534	4,724132257	2,981792988	4,530224845
9,478679934	6,09680421	9,812083099	2,561430831	2,695559631	1,592758906
9,444825866	7,98620824	4,456830338	5,859647129	2,700121005	2,246935952
9,535532847	6,06541428	13,03665895	3,820127278	3,862278879	3,966605508
9,924294758	7,69098717	20,17159518	4,386083624	3,699067241	1,97267709
10,26422977	5,65573661	16,64245364	5,138734931	1,520622735	2,02793026
Área 2					
6,524288174	10,4024141	7,305053397	2,942778408	1,857339936	1,216633317
9,815925493	10,5429837	11,68960057	2,300998361	1,657037136	1,314185372
8,731612296	8,92700705	18,39993866	2,132739958	1,985065772	2,088990459
10,54904281	7,14845378	20,29018437	2,076288982	2,418445569	2,537287051
5,618429311	16,2862312	17,33980023	2,586788065	1,389551995	2,275006204
6,386878325	12,058384	15,01418249	3,431167486	1,62800897	1,219252293

Tabela 34 Valores brutos de quociente metabólico (C-CO₂/Carbono da biomassa microbiana) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo cerrado, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostrachya</i>	<i>Panicum sp</i>
4,483730138	4,98937944	6,851788431	0,929738924	1,790272505	1,349969028
5,152937647	6,02047515	6,913140217	1,207213738	2,335340394	1,295469251
4,824009799	7,32916792	3,087264901	1,497091277	1,79470129	1,766576237
5,445790696	3,70278499	7,996354873	0,7268395	0,825911447	1,656414433
4,053247274	8,83318364	4,13221865	1,990509757	1,018214204	1,262701462
5,195519698	8,6100677	5,634843613	1,114538691	1,029812036	1,311539681
Área 2					
6,042809179	5,90563451	31,70461407	6,128609769	4,054186277	3,174991454
13,01610586	6,0838403	17,70089705	5,221463702	3,659795894	3,614444432
12,83531129	6,43918315	34,87075411	5,739493248	3,605589866	2,408242741
7,120045744	2,21788155	9,090679276	5,908169219	3,9117097	2,818321386
5,375770316	4,49873371	26,27693637	6,139820581	4,259605999	3,114192117
14,10700231	7,30567114	38,01581093	4,032541413	3,479478658	2,817330184

Tabela 35 Valores brutos de quociente metabólico (C-CO₂/Carbono da biomassa microbiana) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de março.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
30,62370748	4,83726218	14,64837501	4,492371671	6,270834249	2,419376883
8,988753203	6,98756077	7,653858602	5,779817459	7,954775405	2,724509904
19,09861691	7,06185396	14,12589371	4,63422	7,945097017	1,595711173
12,50647896	4,98499343	13,82765429	4,78263594	6,98872456	3,802373797
14,99974729	10,668492	9,13216107	5,167845683	5,140855013	1,386603554
7,27462562	8,37329518	18,05199572	4,787734145	5,245042804	2,506678865
Área 2					
11,92536199	7,30005601	14,59181779	2,059145068	1,275339512	4,56438009
16,21206799	11,1628944	17,4843938	2,829051758	2,972586674	2,228726614
16,25071411	8,57360917	18,09230873	1,196642526	2,230865617	4,571187187
10,09598921	8,22192547	13,07939966	4,284668079	1,876573897	4,179428932
8,662985418	12,5478022	11,17165756	2,95700481	2,100152368	3,596608841
19,88490356	10,8095533	9,135526923	1,621461811	1,974755918	3,115011059

Tabela 36 Valores brutos de quociente metabólico (C-CO₂/Carbono da biomassa microbiana) no solo da rizosfera das gramíneas estudadas, em ambas as áreas de campo sujo, coleta de setembro.

Área 1					
<i>Melinis munitiflora</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Urocloa decumbens</i>	<i>Loudetiopsis chrysothrix</i>	<i>Tristachya leiostachya</i>	<i>Panicum sp</i>
6,286390118	18,8296581	14,48439272	3,897575147	4,867473239	3,304411498
13,50465521	5,68336921	8,091539413	3,254121757	4,19236244	2,282768778
14,43135186	12,636715	18,88297046	3,112816566	2,890149435	3,063237419
13,10502644	10,0018248	4,591950709	3,064988561	4,082697384	2,111123592
14,2132638	8,56650661	7,292636703	4,788515046	4,065877498	1,753083082
11,44235675	12,6484458	12,9457891	4,21732387	4,214181358	2,296610754
Área 2					
9,955519604	7,97932945	5,387065196	3,489036508	5,916243287	4,273100659
15,37263593	11,2092323	5,534952641	0,776867367	4,021623477	3,859011435
10,50955417	9,64250032	5,14180397	2,643688764	6,947077173	2,75703125
8,215560345	8,56723179	4,347541211	3,352016813	1,205163684	2,84598187
10,24776295	6,38399705	4,102550172	2,801752311	4,473256312	3,206165084
9,662200406	8,79392891	6,487505554	2,915825796	7,945705843	3,790962602

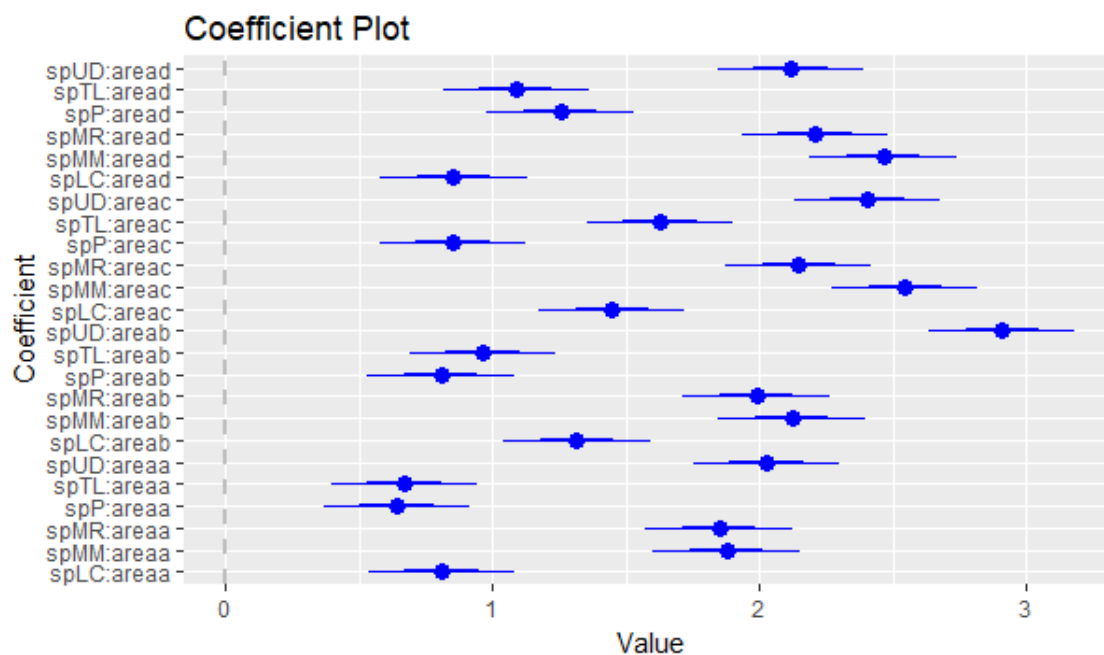


Figura 9 Output do R dado pela análise de modelos mistos mostrando a diferença do intervalo de confiança entre as variáveis: quociente metabólico (C-CO₂/Carbono da biomassa microbiana) e áreas estudadas. Para todas as gramíneas invasoras (*Melinis minutiflora* (MM), *Melinis repens* (MR), *Urochloa decumbens* (UD)) e para as gramíneas nativas (*Loudetiopsis chrysothrix* (LC), *Tristachya leiostachya* (TL) e *Panicum sp.*(P)), nas quatro áreas estudadas (a = CC1; b = CC2; c = CS1; d = CS2).