

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Atividade e diversidade catabólica da biomassa microbiana do solo alterada
pelo uso da terra**

André Mancebo Mazzetto

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre
em Ciências. Área de Concentração: Microbiologia Agrícola

Piracicaba

2009

André Mancebo Mazzetto

Biólogo

Atividade e diversidade catabólica da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra.

Orientadora:

Profa. Dra. **BRIGITTE JOSEFINE FEIGL**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre em Ciências. Área de Concentração: Microbiologia Agrícola.

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Mazzetto, André Mancebo

Atividade e diversidade catabólica da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra / André Mancebo Mazzetto. - - Piracicaba, 2009.
104 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Análise Multivariada 2. Biomassa 3. Ecologia microbiana 4. Manejo do solo
5. Microbiologia do solo 6. Pastagens 7. Uso do solo I. Título

CDD 631.46
M477a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A **ELIZA** e **NILSON**,
Meus “orientadores da vida”,
Com imenso orgulho,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, Allah, Jeová, Senhor, Jah, Espírito Superior..seja lá como você quiser chamá-lo;

A minha irmã preferida, Dani, pelo apoio e companheirismo durante todo o tempo, além dos quitutes culinários que ajudavam a matar a fome durante a redação;

A Prof^a Dr^a Bigitte Josefine Feigl, pela orientação, amizade e confiança durante todas as etapas do trabalho. Obrigado Bri!;

Ao Prof Dr Carlos Clemente Cerri e Prof Dr Carlos Eduardo P. Cerri, pelos sempre valorosos conselhos/palpites/sugestões durante o planejamento e execução do trabalho, além da amizade construída;

Ao Prof Dr Phil Brookes e Prof Dr David Powlson, pelo apoio e confiança durante o período em que este trabalho foi realizado em Rothamsted;

Ao Prof Dr Rodger White, pela assistência, conselhos e “aulas” na parte estatística do trabalho;

Ao Laboratório do CENA-USP e seus funcionários: Lilian, Sandra, Dagmar, Mara e Zezinho pela estrutura e auxílio, tanto na parte burocrática quanto na prática do trabalho;

A FAPESP pela bolsa de estudos concedida e financiamento do projeto Temático do qual esta pesquisa está inserida;

A Beatriz, da biblioteca do LAN, pela revisão e conselhos sobre a formatação do trabalho;

A Giovana, secretária do PPG Microbiologia Agrícola, sempre respondendo com paciência às minhas intermináveis dúvidas;

Aos amigos do CENA, colegas de laboratório: Bruna Gonçalves, Cindy Moreira, Francisco Mello, Marcos Siqueira, João Luís, Marília Chiavegatto, Angélica Jaconi, Adriana Silva, Felipe Cury, Maísa Belizario, Leidivan Frazão, Gregori Ferrão, Carolina Lisboa, Stoécio Maia, Karina Cenciani e Ciniro Costa...valeu pelo apoio galera!

Aos amigos do PPG Microbiologia Agrícola, que me acompanharam durante o período de Mestrado: Bolinha, Mylenne, Carlão, Nara, Polé, Adriano, Winston, Elisa, Vivian, Kelly, Rafael, Gi Nunes, Gi “uai”, Marina, Júlia, Kit e (com ênfase) Natália;

Aos amigos de Piracicaba e os eternos amigos de Tatuí, pelo incentivo durante esta jornada;

Aos amigos de Ponta Grossa, que mesmo distantes sempre mantiveram, mesmo que em pensamento, minha atenção e carinho. Rafael, Neto, Maluquinho, João Paulo, Milena, Leila, Carol, Aline, Paulinha (minha “mestre”) e Grazy (e família). Obrigado pelos anos de convivência e por fazerem parte da minha vida;

A família Mancebo, liderada pela matriarca Vó Elza: Tia Teresa, Tia Elvira, Tio Cícero, Fábio, Patrícia, Giancarlo, Felipe, Nana, Russo, Henrique, Gabriel, sem contar os agregados...a lista é longa! Sem esquecer também de André Mancebo, de quem eu herdei muito mais do que apenas o nome...

A toda a família Bianchi e Mazzetto, especialmente aos meus padrinhos Lair e João César, que sempre incentivaram meus estudos.

Citar nomes é complicado...sempre alguém é esquecido. Portanto, a todos aqui não citados, mas que fizeram parte deste caminho fica o meu sincero agradecimento e gratidão.

“Ilumine a escuridão”

Robert (“Bob”) Nesta Marley (1945 – 1981)

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 DESENVOLVIMENTO.....	17
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1 Gases do efeito estufa	17
2.1.2 Conversão da Floresta Amazônica em área cultivada	18
2.1.3 Influências ambientais na microbiota do solo	19
2.1.4 A biomassa microbiana e alguns dos índices eco-fisiológicos.....	20
2.1.5 A diversidade funcional dos microorganismos do solo.....	21
2.1.6 A estatística multivariada no campo microbiológico	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.2.1 Caracterização da área de estudo.....	25
2.2.1.1 Clima	25
2.2.1.2 Relevo.....	26
2.2.1.3 Vegetação	26
2.2.1.4 Solos	27
2.2.2 Caracterização das Ecorregiões	29
2.2.2.1 Escolha dos locais de amostragem	32
2.2.3 Coleta e preparo das amostras para análises.....	41
2.2.4 Quantificação da Respiração Microbiana no solo	41
2.2.5 Diferenciação e Identificação de Comunidades Microbianas	42
2.2.6 Biomassa Microbiana	43
2.2.7 Análises Estatísticas	43
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
2.3.1 Análise Geral dos atributos microbiológicos	45
2.3.2 Linha de Base: Áreas Nativas.....	47
2.3.2.1 Análise Geral	47
2.3.2.2 Análise Multivariada na separação das áreas nativas.....	51
2.3.2.3 Análise Multivariada na separação entre ecorregiões	55
2.3.3 Mudança de uso de terra na região como um todo.....	59
2.3.4 Mudança de uso de terra nas ecorregiões	65
2.3.4.1 Ecorregiões: Pastagem.....	68

2.3.4.2 Ecorregiões: Áreas agrícolas.....	69
2.3.4.3 Estudo de Caso: Ecorregião Alto Xingú.....	69
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXOS.....	93

RESUMO

Atividade e diversidade catabólica da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra

A demanda crescente de alimentos gera problemas ambientais, principalmente devido à remoção das coberturas vegetais nativas para a expansão da agricultura no Brasil. Essas alterações no uso da terra acarretam mudanças na dinâmica da matéria orgânica do solo. O tipo de vegetação também tem influência sobre a biota do solo e, por isso, a sua alteração ocasiona mudanças na biomassa microbiana, como revelam estudos envolvendo desmatamento. Os microorganismos representam a maior diversidade biológica e fisiológica do solo, além de serem responsáveis por mais de 95% dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. Por este motivo, a demanda por indicadores rápidos e confiáveis para detectar alterações na qualidade do solo, principalmente por aqueles com base nos microrganismos, vem crescendo continuamente. O objetivo geral foi verificar se há diferenciação dos padrões da atividade e da diversidade funcional da biomassa microbiana dos solos sob as diferentes vegetações naturais, pastagens em uso e sistemas agrícolas recém implantados. A área de abrangência desta pesquisa corresponde aos estados de Rondônia (RO) e Mato Grosso (MT), que foi dividida em 11 ecorregiões relativamente homogêneas em termos de solos, vegetação nativa, geologia, clima e relevo. Foi realizada a análise da variável canônica de alguns atributos físicos, químicos e microbiológicos de cada ecorregião e uso da terra, buscando evidenciar padrões e as variáveis que os diferenciam. As áreas nativas apresentaram padrões distintos na dinâmica dos atributos microbiológicos relacionadas principalmente à quantidade de serapilheira em cada bioma estudado. Em relação às áreas antropizadas, observaram-se resultados similares entre pastagens e áreas nativas, significativamente diferentes dos resultados obtidos em áreas agrícolas, que devido à diferença de manejo e diversidade de culturas analisadas apresentou uma grande variabilidade no seu resultado final. Os resultados obtidos reforçam a recomendação da utilização dos atributos microbiológicos como indicadores de mudança de uso da terra, aliados a fatores químicos e físicos. A respiração induzida por substratos (ou diversidade catabólica) mostrou-se eficiente na separação dos usos da terra e ecorregiões. Estes resultados suportam a idéia de que cada forma de uso da terra induz a presença de grupos específicos de microrganismos, independente de tipo de solo, clima ou outras influências externas.

Palavras-chave: Sudoeste da Amazônia; Biomassa microbiana; Respiração basal; Análise de variável canônica; Ecorregiões

ABSTRACT

Effects of soil land use on microbial activity and catabolic diversity

The increasing demand for food creates environmental problems, mainly due to the removal of native vegetation cover for agriculture expansion in Brazil. These changes in land use leads to changes in the soil organic matter dynamics. The vegetation type also affects the soil biota and, therefore, its change causes modifications in the microbial biomass, as shown by studies involving deforestation. Microorganisms represent the most biological and physiological diverse in soil, as well as being responsible for more than 95% of the decomposition and nutrient cycling. For this reason, the demand for fast and reliable indicators to detect changes in soil quality, especially for those based on micro-organisms has been growing continuously. The main objective in this research was to check the differentiation of patterns in activity and functional diversity of soil microbial biomass under natural vegetation, pastures and agricultural systems in use. The area covered by this study corresponds to the states of Rondônia (RO) and Mato Grosso (MT), which was divided into 11 ecoregions relatively homogeneous in terms of soil, vegetation, geology, climate and landscape. A canonical variate analysis was used in some physical, chemical and microbiological factors in each ecoregion and land use, looking for patterns and variables that can differentiate them. The native areas showed distinct patterns in the dynamics of microbiological attributes mainly related to the amount of litter in each biome studied. For the disturbed areas, there were similar results between pastures and native areas, significantly different from the results obtained in agricultural areas, which due to differences in management and kind of cultures analyzed showed a great variability in its final result. The results support the recommendation for use of microbiological attributes as indicators of land use change, combined with chemical and physical factors. The substrate-induced respiration (or catabolic diversity) was efficient in the separation of land uses and ecoregions. These findings support the idea that specific land uses have specific groups of microbial biomass, regardless soil type, climate or other external influences.

Keywords: Southwest Amazon; Microbial biomass; Basal respiration; Canonical variate analysis; Ecoregions

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos tem gerado diversos problemas ambientais, causados principalmente pelo desmatamento de florestas para a expansão da agricultura no Brasil. A vegetação nativa está sendo convertida em pastagens e agricultura, ao mesmo tempo em que parte das pastagens cede lugar para cultivos agrícolas, submetidos a sistemas de manejo mais intensivos e tecnicamente mais avançados.

O uso intensivo da terra, quando não se adota práticas conservacionistas, invariavelmente leva a efeitos negativos tanto para o ambiente como para a produtividade agrícola. No que se refere ao ambiente, a redução da quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) é acompanhada de emissão de gases, como o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso (CO_2 , CH_4 e N_2O , respectivamente) para a atmosfera, potencializando o aquecimento global. Sob o ponto de vista da sustentabilidade do solo, ocorre uma redução/alteração da quantidade na qualidade da MOS remanescente. Essas alterações verificam-se, por exemplo, na desagregação e desestruturação do solo com perdas por erosão, na redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas e na menor capacidade de armazenamento de água. Estes e outros fatores refletem negativamente na produtividade agrícola, com consequente redução da produtividade de alimentos e na sustentabilidade do sistema solo-planta-atmosfera.

A alteração dos ecossistemas naturais afeta a composição e a diversidade dos microorganismos dos diferentes tipos de solo, com impactos ainda pouco conhecidos sobre a dinâmica da MOS. Teme-se que a qualidade do solo possa ser alterada por um longo período, ou irreversivelmente. Os microorganismos representam a maior diversidade biológica e fisiológica do solo, além de serem responsáveis por mais de 95% dos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. Por este motivo, a demanda por indicadores rápidos e confiáveis para detectar alterações na qualidade do solo, principalmente por aqueles com base nos microrganismos, vem crescendo continuamente.

O objetivo geral deste trabalho foi verificar se há diferenciação dos padrões da atividade e da diversidade funcional da biomassa microbiana dos solos sob as diferentes vegetações naturais, pastagens em uso e sistemas agrícolas recém implantados do Sudoeste da Amazônia. Para tanto, foram realizadas análises de variável canônica buscando evidenciar as principais diferenças nos atributos microbiológicos e físico-químicos do solo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Gases do efeito estufa

O planeta Terra sempre passou por ciclos naturais de resfriamento e aquecimento, com períodos de intensa atividade vulcânica. Eventos como estes levaram à formação da camada de gases que recobre o planeta, o que constitui um efeito estufa natural. Porém, atualmente, a concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera tem aumentado, principalmente devido à industrialização, que teve seu início no final do século XVIII, e o desmatamento de áreas nativas para a implantação de sistemas agrícolas, devido à demanda de alimentos para a população. Este aumento progressivo na concentração de GEE na atmosfera aumenta a retenção da radiação solar, principalmente na faixa do infra-vermelho, que são refletidos pela superfície terrestre, gerando aumento da temperatura global (LAL, 1998; COX et al., 2000). Os modelos do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) têm mostrado que entre 1900 e 2100 a temperatura global pode aumentar entre 1,4 e 5,8° C, o que representa um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX.

Entre os maiores países emissores de GEE, o Brasil destaca-se pelo volume de gases liberados devido ao desmatamento de ecossistemas naturais, levando o país ao 5º lugar no ranking mundial de emissões. Como o processo de desmatamento envolve principalmente a emissão de CO₂, este gás se torna o alvo de muitos estudos visando medidas mitigadoras para abrandar os impactos gerados pelo aquecimento global, além de pesquisas para determinar a dinâmica do CO₂ no sistema solo-atmosfera (FEARNSIDE, 2000).

Knorr (2005) alerta sobre a possibilidade de que um aumento na temperatura pode levar os microorganismos a mineralizar mais rapidamente a matéria orgânica do solo (MOS), liberando assim uma quantidade maior de CO₂ e potencializando o efeito estufa. Segundo os modelos aplicados por este autor que consideram três reservatórios de carbono (C) no solo (de ciclagem rápida, intermediária e lenta), a degradação do compartimento lento da MOS se torna mais sensível à mudança da temperatura do que a matéria orgânica mais disponível aos microorganismos, causando assim um feedback positivo em relação ao aquecimento global que aumentaria ainda mais do que o previsto anteriormente.

2.1.2 Conversão da Floresta Amazônica em área cultivada

O desmatamento da floresta Amazônica avançou no início da década de 1970 com a colonização e, conseqüentemente, com a abertura de grandes estradas na região. A média anual de desmatamento era de aproximadamente 15,3 mil km², mas foi em 1994 que o seu recorde foi atingido, com nada menos do que 29 mil km² (INPE, 2006). Segundo especialistas, as oscilações da taxa de desflorestamento acontecem por diversos motivos, dentre eles a abertura de estradas, o corte de árvores para produzir madeira e o avanço da pecuária e da agricultura.

Processos de desmatamento são complexos e envolvem muitos fatores, em diferentes escalas de tempo e espaço. No início, a principal razão para o desmatamento foi a exploração de madeira e a pecuária (pastagem). A crescente demanda de grãos, fibras e carne para exportação têm acarretado significativas mudanças no cenário agrícola do território brasileiro. Áreas nativas estão sendo ocupadas por pastagem e agricultura, terras utilizadas com pastagem estão sendo convertidas para agricultura, e aquelas em uso agrícola há mais tempo estão sendo submetidas a sistemas de manejo mais intensivos e tecnicamente mais avançados. Os dois primeiros usos e mudanças de uso da terra vêm ocorrendo em grandes proporções e de forma bastante acelerada na Amazônia Legal, com destaque para a cultura da soja e, em particular, na região sudoeste, abrangendo os estados de Rondônia e Mato Grosso. Em 1990 a produção de soja no Brasil foi de 19 mil toneladas e em 2004 a produção aumentou para 49 mil toneladas, sendo Mato Grosso o estado que mais contribuiu para esse aumento (BRASIL, 2009).

Segundo Maia (2009), Mato Grosso apresentou um aumento de 20 vezes na área cultivada no período de 1970 a 2002. O aumento das áreas de pastagens no mesmo período foi bem menor, 2,1 vezes. Já em Rondônia as pastagens apresentaram um aumento de 17 vezes, enquanto a área cultivada cresceu 10,3 vezes. Este crescimento relacionado à área cultivada aconteceu principalmente no período de 1970 a 1985, mantendo-se estável entre 1985 a 2002. Em entrevistas com especialistas, Maia (2009) observou que ocorreu um aumento considerável do plantio direto entre 1985 e 2002, sendo o principal sistema de cultivo atualmente na região. Em relação às pastagens, o autor percebeu um grande aumento nas pastagens classificadas como degradadas, porém também ocorreu um significativo aumento nas pastagens melhoradas.

A atual fronteira agrícola, provavelmente a mais extensa do mundo, abrange uma área com mais de 1 milhão de km² nesses estados. As mudanças no uso e cobertura da terra que vêm

ocorrendo nos últimos 30 anos certamente estão causando significativos impactos ambientais globais, sobretudo no que se refere ao aquecimento da atmosfera terrestre. Além disso, a intensificação do uso agrícola pode estar provocando degradação das terras em escalas regional e local.

2.1.3 Influências ambientais na microbiota do solo

As alterações no uso da terra têm ocasionado mudanças na dinâmica da MOS. Por sua vez, a vegetação também influencia a biomassa microbiana ocasionando redução do carbono da biomassa, como revelam estudos envolvendo desmatamento. Em um ambiente tão complexo quanto o solo, onde fatores químicos e físicos interagem continuamente influenciando as condições de umidade, temperatura, aeração e outros, podemos perceber que a comunidade microbiana presente é regida fortemente pelas características citadas acima.

A biomassa microbiana do solo é definida como a parte viva da MOS e além de armazenadora de nutrientes, decompositora da matéria orgânica e transformadora de alguns nutrientes disponíveis em outros componentes que são utilizados pelos mesmos, pode servir como indicador rápido de mudanças do solo, revelando a sensibilidade da microbiota a alguma interferência no sistema. Como avaliação da biomassa microbiana é relativamente rápida quando comparada à avaliação direta da produtividade vegetal, esta pode ter ampla aplicação na avaliação da qualidade do solo (BARROS et al., 2007).

Para viver, os microorganismos não dependem apenas de energia e de carbono (C). O material celular é constituído de inúmeros elementos que devem estar disponíveis no meio ambiente de modo a permitir o desenvolvimento e a multiplicação destes. Para sobreviver no solo, que é um ambiente em constante modificação, os microorganismos se adaptam para utilizar as mais diversas fontes de energia (luz, oxidação de compostos inorgânicos e dissimilação de quase todas as substâncias orgânicas concebíveis) e sob as mais diversas condições ambientais (BROOKES, 2001). A adaptação para a vida no solo faz com que ocorram com certa frequência espécies de microorganismos com extraordinária plasticidade nutricional e que podem mudar seu conjunto de enzimas para assim sobreviverem nas mais diversas condições ambientais.

Na maioria dos solos sujeitos a práticas agrícolas (aração, adubação, calagem, incorporação de agrotóxicos, e outros) os nichos disponíveis podem ser afetados pela intervenção nas características físico-químicas ou biológicas. Cada modificação profunda corresponde uma

renovação da pressão de seleção, favorecendo alguns componentes da comunidade microbiana e eliminando outros, assim ocorrendo o remanejamento do estado de equilíbrio entre as populações.

2.1.4 A biomassa microbiana e alguns dos índices eco-fisiológicos

Quando uma floresta altamente diversificada é convertida numa monocultura ou em uma pastagem, causa um severo impacto ambiental. Os mecanismos naturais de reciclagem dos nutrientes e de proteção do solo são rompidos, resultando normalmente na degradação da área. Alterações na comunidade microbiana podem resultar em mudanças em toda a qualidade e fertilidade do solo e na disponibilidade de carbono, nitrogênio e fósforo (C, N e P, respectivamente) e demais nutrientes para as plantas.

A demanda por indicadores da qualidade do solo aumentou durante a última década. Atributos químicos e físicos eram utilizados para definir a qualidade do solo em virtude da grande dificuldade de identificação dos organismos, que podem apresentar mais de 10.000 espécies por grama de solo (TORSVIK et al., 1990) e representar cerca de 85% da biomassa ou 90% do fluxo de CO₂ entre componentes bióticos responsáveis pela decomposição de serapilheira em florestas decíduas (PAOLETTI; BRESSAN, 1996).

O isolamento de linhagens de organismos envolvidos nos processos de interesse de cada solo pode não representar a situação real, pois, de modo geral, apenas 1 a 3 % dos microrganismos são cultiváveis nas atuais técnicas de isolamento (LIN; BROOKES, 1999), e as populações variam naturalmente de acordo com as características pedogênicas e variações climáticas locais (BERRY, 1994; SUETT et al., 1996).

Por este motivo, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas utilizando propriedades genéricas, como a respiração basal dos microorganismos presentes no solo, atividade enzimática, mineralização da MOS, entre outros, que, sob condições controladas de laboratório representam estimativas das funções metabólicas da biomassa microbiana, refletindo sua fisiologia como comunidade total presente no solo (ANANYEVA et al., 2008). Muitos autores apontam para a possibilidade de que estas propriedades podem diferenciar práticas de manejo, propriedades do solo e clima (BENDING et al., 2004; GIL-SOTRES et al., 2005; MARINARI et al., 2006; MONOKROUSOS et al., 2006).

A degradação da MOS é uma propriedade de todos os microrganismos heterotróficos e sua taxa é comumente utilizada para indicar a atividade microbiana do solo. Essa atividade permite melhor entender os processos de mineralização e visualizar a intensidade dos fluxos de energia (INGRAM et al., 2005). A respiração microbiana apresenta grande potencial de utilização como indicador da qualidade de solos em áreas degradadas, relacionando-se com a perda de C orgânico do sistema solo-planta para a atmosfera. Por qualidade, entende-se uma combinação de propriedades físicas, químicas e biológicas (ANDERSON, 2003).

O termo índice eco-fisiológico implica uma relação entre fisiologia celular funcionando sob a influência de fatores ambientais. A biomassa microbiana é considerada como um coletivo, onde atividades metabólicas específicas de determinados microrganismos dentro da comunidade são refletidos na capacidade metabólica total da comunidade (ANDERSON, 2003).

Entre os índices eco-fisiológicos mais citados, está o quociente CO_2 (qCO_2), que representa a respiração total da comunidade microbiana por unidade de biomassa. Este índice é medido por meio das análises respirométricas associadas com a medida da biomassa microbiana, refletindo a energia necessária para manutenção da população. Outro importante índice é a relação de Carbono Microbiano (C_{mic}) e Carbono Orgânico Total (C_{org}) do solo. A razão $C_{mic}:C_{org}$ indica a qualidade da matéria orgânica (WARDLE, 1994) e disponibilidade de C para o crescimento da população, sendo assim possível monitorar a dinâmica da MOS (SPARLING, 1992).

No entanto, apesar do importante papel dos microrganismos, são poucos os estudos que relacionam a qualidade do solo com atributos microbiológicos, especificamente com a diversidade microbiana.

2.1.5 A diversidade funcional dos microrganismos do solo

A diversidade microbiana do solo normalmente é avaliada como diversidade de espécies e diversidade genética, mais do que a diversidade estrutural e funcional. Contudo, em termos de qualidade de solo, estas últimas duas formas de diversidade podem ser mais importantes devido à redundância funcional de microrganismos na qualidade do solo (VISSER; PARKISON, 1992; BEARE et al., 1995).

A diversidade funcional compreende a diversidade das atividades microbianas do solo, sendo que a dinâmica da comunidade microbiana está diretamente relacionada ao funcionamento de um

ecossistema antes ou após uma perturbação (KENNEDY, 1999). Esta análise inclui a variedade (riqueza) e a semelhança, ou expressão relativa, de funções como: decomposição, transformação de nutrientes, promoção/redução do crescimento vegetal, e outros diversos processos físicos. A diversidade da função de decomposição exercida pelos microrganismos heterotróficos representa, portanto, somente um componente da diversidade funcional dos microrganismos do solo.

Os dois métodos mais comuns para mensurar a utilização de substratos por microorganismos são o BIOLOG (GARLAND; MILLS, 1991; ZAK et al., 1994) e a resposta respiratória à adição de substratos (SIR) (DEGENS; HARRIS, 1997; DEGENS et al., 2001). A resposta respiratória a uma ampla variedade de substratos pode indicar a diversidade funcional da comunidade microbiana dos solos. Os autores afirmam que estas técnicas são suficientemente sensíveis para distinguir mudanças na diversidade catabólica que ocorrem em períodos curtos de tempo, bem como em grandes diferenças que tenham acontecido no solo depois de alguns anos (GRAHAM; HAYNES, 2005).

Conforme destacado por Tótola e Chaer (2002), a importância das análises de diversidade funcional e catabólica reside no fato de somente com base nas alterações da diversidade genética não é possível inferir se algumas funções do solo foram perdidas ou não. Estas análises permitem maior compreensão do funcionamento da comunidade microbiana, uma vez que permitem averiguar a presença de redundância funcional do solo. Quanto maior a redundância funcional e a diversidade de organismos, mais rápido o ecossistema pode retornar às condições originais, ou seja, maior a sua resiliência.

O método visa medir a semelhança das funções catabólicas da comunidade microbiana de diferentes solos ou alterações de um mesmo solo submetido a diferentes tratamentos ou usos da terra, ou a intensidade da resposta respiratória e uma gama de substratos testados. A riqueza (variedade) da diversidade catabólica é dada pelo número total de substratos que poderiam, potencialmente, ser usados pela comunidade microbiana. A imensa variedade das funções catabólicas é praticamente impossível de enumerar. Quanto maior o índice de semelhança, maior a diversidade da população microbiana, pois está mantida a capacidade de dar uma resposta respiratória intensa a todas as substâncias (substratos) testadas.

Havendo redução da diversidade microbiana, perdem-se algumas espécies capazes de metabolizar determinados grupos funcionais e com isso diminui a capacidade de reação, na forma

de emissão de CO₂. Quanto menor o índice de semelhança, menor a diversidade da população microbiana (VAN HEERDEN et al., 2002).

Stevenson et al. (2004) demonstrou padrões catabólicos diferenciados para florestas e pastagens na Nova Zelândia. Seus resultados mostraram diferenças claras nas respostas respiratórias de comunidades microbianas em pastagens e florestas, mas mostrou forte similaridade dentro de cada classe de vegetação apesar da ampla extensão geográfica, diferentes solos e espécies de plantas presentes nos locais de estudo.

Nesta pesquisa foi estudada a possibilidade de verificar se ocorrem padrões catabólicos, os mesmos abordados no trabalho de Stevenson et al. (2004) ou outros na Amazônia para áreas com pastagem, agricultura e com os ecossistemas naturais (Cerrado e Floresta). Esta metodologia ainda não foi aplicada em solos tropicais brasileiros e pode ser útil na avaliação do impacto da mudança de uso da terra na fronteira agrícola do país.

2.1.6 A estatística multivariada no campo microbiológico

A ecologia microbiana está passando por profundas mudanças, com o início das relações entre estrutura-função das comunidades e ambiente, em escalas de campo, regionais e até mesmo continentais. Um dos maiores obstáculos enfrentado pelos pesquisadores é a exploração e utilização de grandes bancos de dados, e a escolha de ferramentas numéricas apropriadas para avaliação visual e estatística dos dados (RAMETTE; TIEDGE, 2007).

As análises multivariadas são análises que trabalham com mais de uma variável dependente, sendo análises principalmente exploratórias, recomendadas em estudos de comunidades para classificação e ordenação das diversas variáveis em questão. O princípio da ordenação visa reduzir o número de variáveis para permitir reconhecimento de padrões por meio das variáveis mais importantes (RAMETTE, 2007). Assim, é concebida uma nova combinação de variáveis (variáveis latentes), que podem ser tratadas como variáveis independentes e submetidas a análises estatísticas comuns (ANOVA, teste t, regressão). Este princípio é amplamente utilizado em variáveis biológicas (espécies ou táxons) a partir de observações (amostras). Entre as análises que seguem o princípio de ordenação, as mais importantes são a discriminante, variável canônica, correspondência, componentes principais, gradientes e escalonamento multidimensional.

Para o objetivo traçado nesta pesquisa foi selecionada a análise de variável canônica, que procura, com base em um grande número de características originais correlacionadas, obter

combinações lineares destas características denominadas variáveis canônica. As variáveis analisadas são utilizadas para a classificação em grupos, sendo que cada variável possui um peso específico nesta separação, de acordo com sua importância na análise. A vantagem desta análise reside no fato de que por meio dela podem-se capturar as variações não percebidas quando características originais são utilizadas separadamente, além de ser uma função discriminante, ou seja, maximiza a variação entre tratamentos em relação à variação residual.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização da área de estudo

A área de abrangência desta pesquisa corresponde aos estados de Rondônia (RO) e Mato Grosso (MT), onde foi avaliada a dinâmica da biomassa microbiana do solo em sistemas nativos e alterados pelos cultivos. A região sudoeste da Amazônia representa uma área de transição entre a bacia Amazônica e o planalto Central brasileiro, localizada entre as latitudes 7° e 18° Sul e entre as longitudes 50° e 67° Oeste, formando um divisor de águas entre a bacia Amazônica ao norte e a bacia do Paraná ao sul. Esta região constitui uma das mais extensas fronteiras agrícolas do mundo, abrangendo uma área de aproximadamente 1.128.000 km² nestes estados.

2.2.1.1 Clima

O clima da região varia em função da latitude, podendo ser caracterizado por um regime tropical úmido com curto período de seca. Em termos de temperatura, a região pode ser considerada como quente com grande uniformidade térmica, onde não se percebe presença de variações significativas no decorrer do ano (em geral, variação térmica inferior a 5°C). Entretanto, temperaturas mais baixas (médias e mínimas) podem ocorrer nas zonas de altitude do sul de Rondônia e no sudeste do Mato Grosso.

O regime pluviométrico é caracterizado por duas épocas bem definidas: uma época chuvosa e outra época seca ou com pouca chuva, com precipitação anual variando entre 1400 e 2500 mm. A época mais chuvosa tem início entre dezembro e janeiro e duração de cerca de dois a cinco meses. O maior índice pluviométrico ocorre no norte do Mato Grosso, mais precisamente no médio Teles Pires, região que apresenta precipitação em torno de 2550 mm. Áreas com precipitações variando entre 1400 e 1500 mm ocorrem nos extremo sudeste e sudoeste do Mato Grosso. As áreas com precipitação total decrescendo de 2500 a 1500 mm formam a partir da área mais chuvosa uma série de faixas contínuas, abrangendo, portanto, a maior parte da região de estudo (MELLO, 2007).

Segundo o sistema de Köppen, os tipos climáticos da região de estudo são essencialmente o Aw e o Am, ou seja, clima tropical com curto período seco (Aw: úmido com apenas um mês seco; Am: variedade monção com época seca mais prolongada).

2.2.1.2 Relevo

As altitudes mais elevadas, atingindo cotas superiores a 1000 metros, são encontradas no centro e no sul da região de estudo, na Chapada dos Parecis e na Chapada das Alcantiladas. Nas bordas da região, ao norte, a leste e a oeste, a altitude decresce consideravelmente não excedendo os 200 m.

O relevo da região apresenta-se principalmente sobre uma larga porção do escudo brasileiro (Plataforma Amazônica) limitada ao norte pela Bacia Amazônica e ao sul pela Bacia Sedimentar do Paraná. Pequenas bacias, de importância secundária, limitam o escudo a oeste (Bacia do Guaporé e Bacia do Alto Paraguai) e a leste (Bacia do Araguaia) (MELLO, 2007).

2.2.1.3 Vegetação

A vegetação natural varia em função do regime de chuvas, proporcionando acentuado caráter semi-caducifólio, redução do porte e densidade da vegetação no sentido Norte-Sul. A Floresta Ombrófila Aberta Amazônica cobre quase totalmente o Estado de Rondônia, estendendo-se no sentido Leste, ao Norte de Mato Grosso. Na região do Alto Xingu ocorre a transição Floresta Ombrófila – Floresta Estacional Semidecidual. A fitofisionomia Cerrado e Cerradão ocorrem dos planaltos de Rondônia, noroeste do Mato Grosso e, estende-se na totalidade da bacia sedimentar do Paraná, Chapada dos Parecis, incluindo Cuiabá e Paranatinga. Na porção Sul do Estado do Mato Grosso, encontra-se o bioma Pantanal (MELLO, 2007) (Figura 1).

Segundo Zoneamento Sócio Econômico Ecológico do Estado de Rondônia (ZSEE-RO), as coberturas vegetais são caracterizadas por:

Floresta Ombrófila: florestas tropicais úmidas, pluviais, sempre verdes. Dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado. Ocorre sobre latossolos, podzólicos, lateritas de idades variadas desde o quaternário (aluviais), predominando no terciário até o pré-cambriano. Estas subdividem em abertas, as quais são florestas com dossel descontínuo, permitindo ausência de área foliar entre 30 e 40 %. Podem estar associadas a palmeiras, cipós, bambus e sororocas; e florestas com dossel contínuo, fechado. Floresta Ombrófila densa apresenta dominância de árvores na abóbada, sem associações co-dominantes.

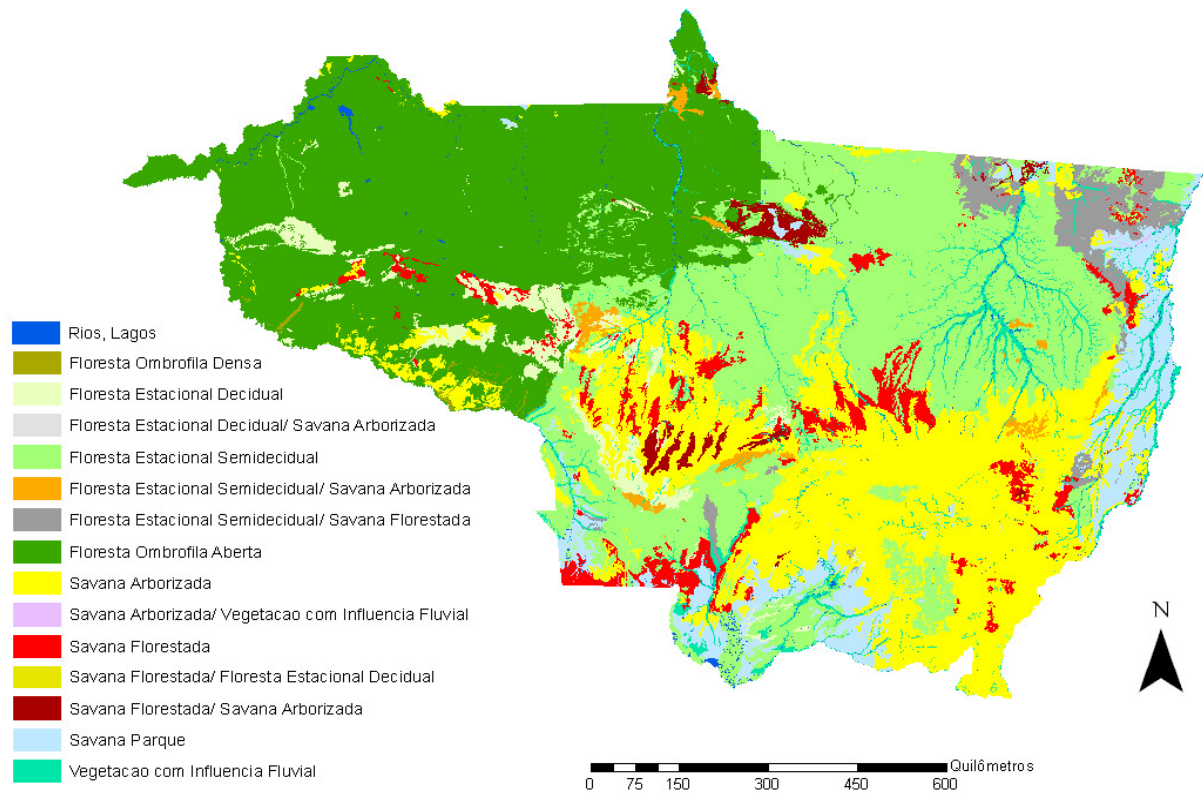


Figura 1 – Vegetação nativa dos Estados de RO e MT (MELLO, 2007)

Floresta Estacional Semidecidual: florestas com sazonalidade moderada, com grau de decidualidade de até 30 % em relação às espécies. A sazonalidade é de natureza hídrica, com déficit de até 4 meses do ano. Dossel com emergentes reduzidas.

Cerrado (savana): são formações com feições xeromórficas produzidas por estacionalidade ou estresse edafo-climático de origem hídrica ou de saturação de alumínio e ferro. As savanas brasileiras podem ser definidas como ambientes onde existe um estrato herbáceo ou graminoso contínuo, exceto em algumas feições florestadas como o cerradão.

2.2.1.4 Solos

Os solos predominantes na Amazônia brasileira são Latossolos e Argissolos. Em menor proporção estão os Neossolos Quartzenicos e Plintossolos (LEPSCH, 2002). Estes solos caracterizam-se por apresentarem baixa fertilidade, e com a fração argila constituída de minerais caolinita, goetita, gibsitita e óxidos de ferro (KITAGAWA, 1979; DEMATTE, 2000). Os níveis de

Na^{+1} , Mg^{+2} , K^{+1} , P, N, e Ca^{+2} são consideravelmente baixos, resultado das altas taxas de intemperismo incidentes sobre esta região durante milhões de anos. O pH no geral se caracteriza como ácido (variando de 4,3 a 6,2), elevado conteúdo de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes. Porém, essas limitações, devido à baixa CTC e pouca retenção de água, podem ser ajustadas com o uso de corretivos, fertilizantes minerais e aumento da matéria orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Mello (2007) descreve os solos da região estudada como sendo representados principalmente por Latossolos, Argissolos e Neossolos, com cerca de 40%, 20% e 15%, respectivamente, do total da área de abrangência dos dois estados (Figura 2). Estes grupos de solos encontram-se distribuídos ao longo de todas as regiões sendo os Latossolos notadamente predominantes na região central do Mato Grosso e no norte de Rondônia. Destacam-se em seguida o grupo dos Plintossolos, cobrindo 8% de toda a área, os Cambissolos e Gleissolos, que representam cerca de 6 e 5 % respectivamente da área territorial de Rondônia e Mato Grosso. Os dois últimos grupos citados acima se concentram em locais específicos. Os Gleissolos na região sul e norte de Rondônia, região de fronteira do estado, onde se localizam os rios Guaporé ao sul e Madeira ao norte; e os Cambissolos, que são principalmente encontrados no Mato Grosso ocupando uma faixa longitudinal extensa na região centro-sul.

Os Latossolos são caracterizados por apresentarem elevado grau de intemperização, podendo ser profundos, ocorrendo principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Apresentam normalmente baixa saturação por bases e baixo pH, o que os caracteriza como solos ácidos. Variando de fortemente a bem drenado, representam 46 % dos solos do Cerrado. Os Neossolos Quartzarênicos possuem no máximo 15 % de argila, sendo muito porosos e excessivamente drenados. (EMBRAPA, 2006).

Os Argissolos caracterizam-se principalmente pela presença de argila de baixa atividade e horizonte B textural, apresentando profundidades variáveis, variando de fortemente a imperfeitamente drenados. Assim como os Latossolos, estes são solos ácidos. Os Plintossolos geralmente se apresentam como solos fortemente ácidos e com baixa saturação por bases, apresentam horizonte plíntico e devido à presença da petroplintita, possuem normalmente coloração pálida com mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas acima do horizonte plíntico.

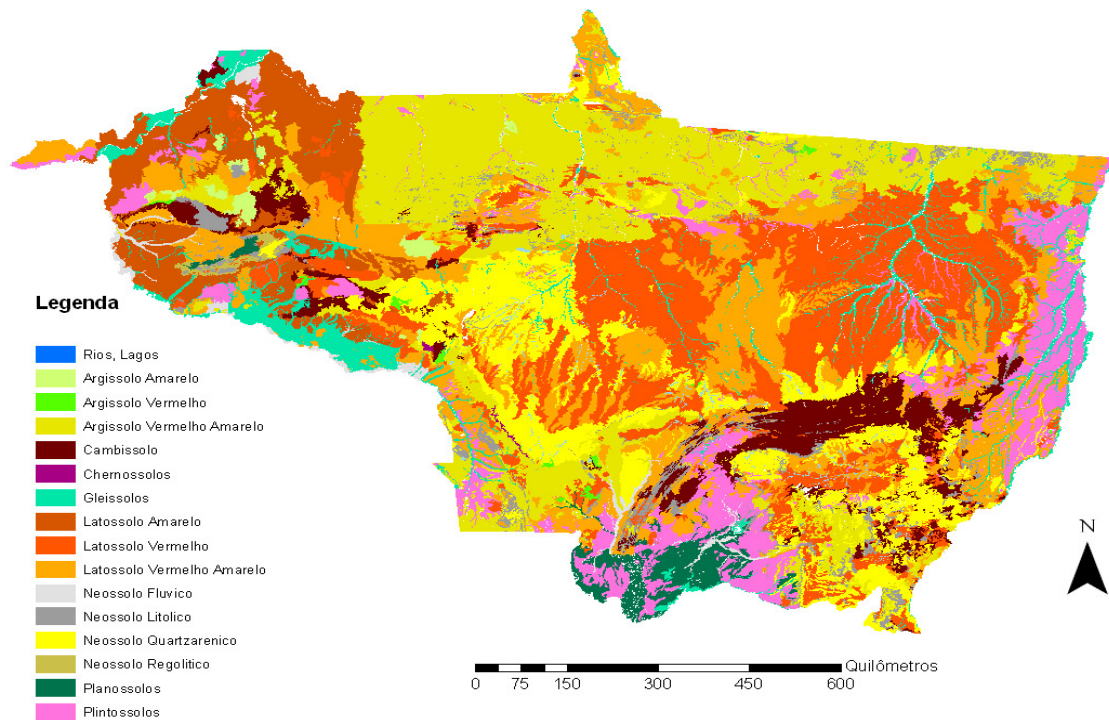


Figura 2 – Solos dos Estados de Rondônia e Mato Grosso (MELLO, 2007)

2.2.2 Caracterização das Ecorregiões

A seleção dos locais e da forma de amostragem, assim como a análise das características físicas e químicas das amostras de solo foram feitas por uma equipe de pesquisadores e alunos de pós-graduação ligados ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) no âmbito de um Projeto Temático FAPESP. Descrições detalhadas podem ser encontradas nas referências citadas, porém será apresentado aqui um resumo dos procedimentos.

Para melhor selecionar os locais de amostragem, a área total dos estados de Rondônia e Mato Grosso foi dividida, em 11 macro zonas biogeoclimáticas (Figura 3). A estratificação da área de estudo é uma recomendação do “*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” produzido pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), que trata dos procedimentos oficiais para estimativa de gases do efeito estufa em nível nacional. Recomenda-se uma estratificação da área de estudo com objetivo de identificar diferenças edafoclimáticas e no

manejo do solo, com objetivo de criar unidades espaciais mais homogêneas para a estimativa das emissões dos gases.

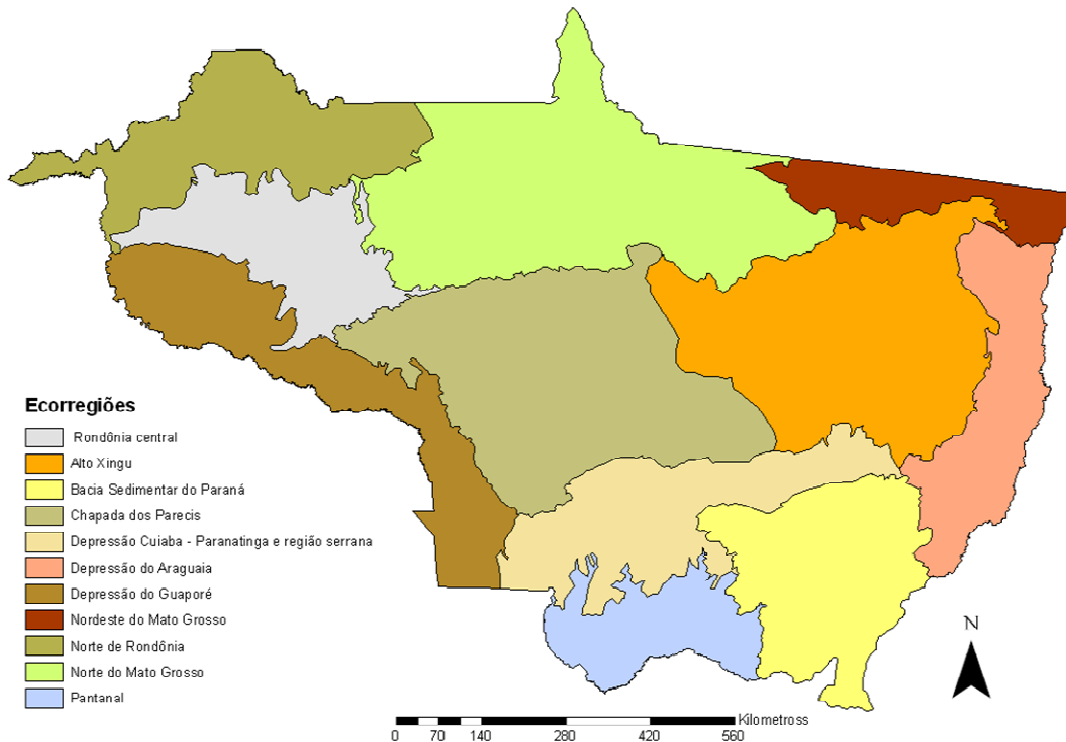


Figura 3 – Macro zonas biogeoclimáticas dos estados de Rondônia e Mato Grosso

A divisão foi efetuada utilizando-se o Sistema de Informação Geográfico ArcGis 9.0 pela sobreposição dos planos de informação referente a solos, vegetação nativa, geologia, clima e relevo afim de encontrar áreas relativamente homogêneas, tornando possível a determinação dos atributos do solo a serem extrapolados criteriosamente para toda ecorregião (Boris Volkoff – Personal Communication; MELLO, 2007).

As ecorregiões e suas principais características estão listadas abaixo:

- Alto Xingu: os solos dominantes são Latossolo e Plintossolo, sendo uma área de transição entre Floresta Ombrófila-Floresta Estacional. O clima é do tipo Am, com precipitação anual de 1750-2250 mm. O relevo é plano (tabular), sendo o substrato sedimentar Paleozóico-Cenozóico.

- Bacia sedimentar do Paraná: os solos dominantes são Neossolo Quartzarênico e Latossolo, com Cerrado como principal tipo de vegetação. O clima é do tipo Am e Cwa com

precipitação anual de 1250 a 1750 mm. O relevo é plano (Chapadões), sendo o substrato sedimentar Paleozóicos e Mesozóicos.

- Chapada dos Parecis: os solos dominantes são Latossolo e Neossolo Quartzarênico, sendo a vegetação caracterizada pelo Cerrado e transição Cerrado-Floresta Estacional. O clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1500 a 2250 mm. O relevo é plano (Chapadões), com substrato sedimentar Paleozóico-Mesozóico.

- Depressão do Araguaia: os solos dominantes são Plíntico e Glei, com o Cerrado como principal tipo de vegetação. O clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1250-2000 mm. O relevo é plano, com substrato sedimentar Cenozóico e Quaternário.

- Depressão de Cuiabá-Paranatinga e região Serrana: os solos dominantes são Plintossolo, Argissolo e Latossolo, sendo a vegetação composta pelo Cerrado e Floresta Estacional. O clima é do tipo Am com precipitação anual de 1500-1750 mm. O relevo é plano ou montanhoso, com substrato sedimentar metamorfizado ou não metamorfizado do Proterozóico.

- Depressão do Guaporé: o solo dominante é Latossolo, sendo a vegetação caracterizada pela Floresta Ombrófila aberta na parte norte, e Floresta estacional e Cerrado na parte sul. O clima é do tipo Ami com precipitação anual de 1750-2250 mm na parte norte, e do tipo Ami e Am com precipitação anual de 1500-1750 mm na parte sul. O relevo é plano, com o substrato cristalino.

- Nordeste do Mato Grosso: o solo dominante é Argissolo, sendo a vegetação classificada como transição Cerrado-Floresta Ombrófila. O clima é do tipo Ami com precipitação anual de 2000-2500 mm. O relevo é ondulado (colinas), com o substrato cristalino.

- Norte de Rondônia: o solo dominante é Latossolo, com vegetação caracterizada como Floresta Ombrófila aberta. O clima é do tipo Awi com precipitação anual de 2000 a 2500 mm. O relevo é plano (tabular), sendo o substrato em parte cristalino e em parte sedimentar Cenozóico e Quaternário.

- Norte do Mato Grosso: os solos dominantes são Argissolo, Latossolo e Neossolo Litólico. A vegetação é caracterizada como Floresta Ombrófila aberta e transição Cerrado-Floresta Estacional. O clima é do tipo Awi e Ami com precipitação anual de 2000 a 2750 mm. O relevo é ondulado (colinas) ou plano (Chapadas internas), sendo o substrato predominantemente cristalino com inclusões sedimentar Proterozóico-Paleozóico.

- Pantanal: o solo dominante é o Gleissolo, sendo a vegetação caracterizada como Cerrado. O clima é do tipo Am com precipitação anual de 1500-1750 mm. O relevo é plano, com o substrato sedimentar Quaternário.

- Rondônia Central: o solo dominante é Argissolo, sendo a vegetação caracterizada como Floresta Ombrófila aberta. O clima é do tipo Awi e Ami, com precipitação anual de 1750 a 2250 mm. O relevo é ondulado (colinas e cristas), com o substrato predominantemente cristalino com inclusões sedimentar Proterozóico.

2.2.2.1 Escolha dos locais de amostragem

Em cada ecorregião foram sorteados dois municípios para avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos (dinâmica da biomassa microbiana) dos solo em função da mudança do uso da terra, totalizando 22 municípios (Figura 4).

- Alto Xingu: São Jose do Xingu e Sorriso
- Bacia sedimentar do Paraná: Itiquira e Novo São Joaquim
- Chapada dos Parecis: Conquista d'Oeste e Sapezal
- Depressão do Araguaia: Água Boa e Ribeirão Cascalheira
- Depressão de Cuiabá-Paranatinga: Porto Esperidião e Várzea Grande
- Depressão do Guaporé: Pimenteiras d'Oeste e Pontes e Lacerda
- Nordeste do Mato Grosso: Guarantã do Norte e Vila Rica
- Norte de Rondônia: Rio Crespo e Theobroma
- Norte de Mato Grosso: Itauba e Nova Monte Verde
- Pantanal: Barão de Melgaço e Cáceres.
- Rondônia central: Ariquemes e Santa Luzia d'Oeste

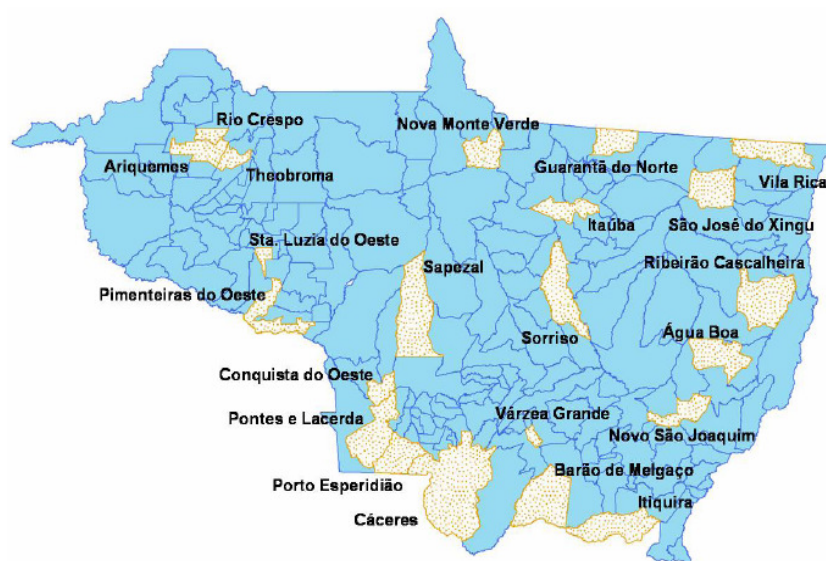


Figura 4 - Municípios sorteados para amostragem de solo

Nestes locais foi realizada a amostragem de solo em pares representativos quanto ao uso e mudança de uso da terra para determinação do estoque de carbono. Os pares de amostragem são caracterizados por sistema nativo (referência), pastagem, uso agrícola com agricultura sob sistema de plantio convencional e/ou direto e culturas perenes. As características gerais das áreas como: latitude, longitude, municípios, estado, uso da terra e práticas de manejo estão apresentadas na Tabela 1 (BELIZARIO, 2008).

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Alto Xingu	10°54'37''	52°47'3''	São José do Xingu (MT)	PA- melhorada	14	Calagem; Adubação
Alto Xingu	10°55'18''	52°47'17''	São José do Xingu (MT)	PA - alt. degradada	14	
Alto Xingu	10°55'18''	52°47'54''	São José do Xingu (MT)	FES		
Alto Xingu	10°54'42''	52°47'3''	São José do Xingu (MT)	PA nominal	14	
Alto Xingu	12°29'46''	55°40'32''	Sorriso (MT)	Contato SF/FES		
Alto Xingu	12°29'43''	55°40'35''	Sorriso (MT)	PA- melhorada	20	Calagem e adubo
Alto Xingu	12°29'46''	55°40'36''	Sorriso (MT)	PA(5) > Soja (15)	20	PD safrinha
Alto Xingu	12°30'12''	55°38'39''	Sorriso (MT)	Soja (6)	6	PD safrinha
Alto Xingu	12°29'13''	55°38'49''	Sorriso (MT)	Arroz (2)	2	Cult. Convencional
Alto Xingu	12°29'12''	55°38'47''	Sorriso (MT)	Soja (15)	15	PD e pousio
Alto Xingu	12°29'43''	55°36'53''	Sorriso (MT)	Soja (6)	6	PD e safrinha
Alto Xingu	12°29'43''	55°36'52''	Sorriso (MT)	Contato SF/FES		
Bac. Sed. Paraná	17°25'98''	54°41'57''	Itiquira (MT)	PA – nominal	17	Produtiva
Bac. Sed. Paraná	17°27'11''	54°42'33''	Itiquira (MT)	PA(4)>S (5)>Alg (3)>S (3)	15	PD safrinha
Bac. Sed. Paraná	17°25'53''	54°40'45''	Itiquira (MT)	PA(3)>S(2)>Alg (2)>S(10)	22	PD e pousio
Bac. Sed. Paraná	17°27'12''	54°42'35''	Itiquira (MT)	SF		

(continua)

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

(Continuação)

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Bac. Sed. Paraná	17°28'50''	54°40'59''	Itiquira (MT)	PA – altam. degradada	10	P e calagem
Bac. Sed. Paraná	17°28'44''	54°40'59''	Itiquira (MT)	AS		
Bac. Sed. Paraná	15°9'9''	53°34'9''	Novo São Joaquim (MT)	Soja/alg (15)> Soja (4)	19	Soja em PD com safrinha
Bac. Sed. Paraná	15°9'11''	53°34'9''	Novo São Joaquim (MT)	Soja/Algodao	19	Cult. Convencional
Bac. Sed. Paraná	15°7'32''	53°34'26''	Novo São Joaquim (MT)	SP		
Bac. Sed. Paraná	15°8'26''	53°25'55''	Novo São Joaquim (MT)	PA - nominal	15	
Chapada Parecis	14°32'23''	59°30'50''	Conquista D'Oeste (MT)	PA - altam. degradada	18	
Chapada Parecis	14°32'22''	59°30'43''	Conquista D'Oeste (MT)	FES		
Chapada Parecis	14°32'23''	59°31'	Conquista D'Oeste (MT)	PA - altam. degradada	14	
Chapada Parecis	14°37'30''	59°31'37''	Conquista D'Oeste (MT)	PA – nominal	12	
Chapada Parecis	14°37'31''	59°31'44''	Conquista D'Oeste (MT)	FES		
Chapada Parecis	13°27'18''	58°43'32''	Sapezal (MT)	Soja (5)	5	PR (milheto safrinha)
Chapada Parecis	13°27'16''	58°43'32''	Sapezal (MT)	AS		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

(Continuação)

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Chapada Parecis	13°43'51''	58°59'14''	Sapezal (MT)	Soja (7)	7	PD safrinha
Chapada Parecis	13°43'48''	58°59'17''	Sapezal (MT)	AS		
Chapada Parecis	13°38'10''	58°43'32''	Sapezal (MT)	Soja (7)	7	PD safrinha
Chapada Parecis	13°38'60''	58°43'32''	Sapezal (MT)	FES		
Depres. Araguaia	14°3'8''	52°20'34''	Água Boa (MT)	Soja	18	PD com 7 anos safrinha
Depres. Araguaia	14°3'8''	52°20'38''	Água Boa (MT)	Ar (2)> PA(2) – melhorada	4	Adubo-NPK
Depres. Araguaia	14°3'15''	52°20'39''	Água Boa (MT)	AS		
Depres. Araguaia	12°38'26''	51°47'25''	Rib. Cascalheira (MT)	FES		
Depres. Araguaia	12°38'25''	51°47'25''	Rib. Cascalheira (MT)	PA (10)>Soja (5)	15	PD safrinha
Depres. Araguaia	12°38'28''	51°47'23''	Rib. Cascalheira (MT)	PA – melhorada	5	Reformada (arroz)
Depres. Araguaia	12°35'40''	51°47'06''	Rib. Cascalheira (MT)	PA - alt. Degradada	10	
Depres. Cuiabá	15°50'21''	58°30'54''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	15	
Depres. Cuiabá	15°50'15''	58°29'59''	Porto Esperidião (MT)	AS		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

(Continuação)

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Depres. Cuiabá	15°50'39''	58°30'43''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	12	
Depres. Cuiabá	15°50'36''	58°30'52''	Porto Esperidião (MT)	PA - mod. Degradada	21	
Depres. Cuiabá	15°50'53''	58°31'19''	Porto Esperidião (MT)	FES		
Depres. Cuiabá	15°39'15''	56°13'18''	Várzea Grande (MT)	PA - mod. Degradada	20	
Depres. Cuiabá	15°39'15''	56°13'18''	Várzea Grande (MT)	AS		
Depres. Guaporé	13°21'57''	60°53'56''	Pimenteiras do Oeste (RO)	PA(18)>Ar(2)>S (2)	22	PC, pouso; NPK
Depres. Guaporé	13°22'54''	60°53'38''	Pimenteiras do Oeste (RO)	PA – Alt. degradada	15	
Depres. Guaporé	13°21'56''	60°53'57''	Pimenteiras do Oeste (RO)	FES		
Depres. Guaporé	13°17'17''	60°47'46''	Pimenteiras do Oeste (RO)	Café(10)>Ar (2)>M/S (10)	22	PD safrinha; NP, calagem
Depres. Guaporé	13°17'10''	60°47'51''	Pimenteiras do Oeste (RO)	Past - mod. degradada	15	
Depres. Guaporé	13°13'43''	60°47'47''	Pimenteiras do Oeste (RO)	FES		
Depres. Guaporé	15°17'45''	59°12'23''	Pontes e Lacerda (MT)	PA(7)> Soja (3)	10	PD safrinha; NPK
Depres. Guaporé	15°16'54''	59°12'28''	Pontes e Lacerda (MT)	PA - alt. degradada	10	
Depres. Guaporé	15°16'56''	59°12'19''	Pontes e Lacerda (MT)	FES		
Depres. Guaporé	15°16'35''	59°13'46''	Pontes e Lacerda (MT)	PA-nominal	16	

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Nordeste de MT	9°52'31''	54°53'9''	Guarantã do Norte (MT)	Floresta		
Nordeste de MT	9°52'31''	54°53'12''	Guarantã do Norte (MT)	PA – nominal	27	Calagem em 2001
Nordeste de MT	9°52'23''	54°53'14''	Guarantã do Norte (MT)	PA - altam. degradada	29	
Nordeste de MT	9°57'51''	50°58'29''	Vila Rica (MT)	PA - alt. degradada	13	
Nordeste de MT	9°58'19''	50°59'13''	Vila Rica (MT)	PA - mod. Degradada	21	Calagem a 2 anos
Nordeste de MT	9°57'54''	50°58'35''	Vila Rica (MT)	FOA		
Norte de RO	9°49'48''	62°40'59''	Rio Crespo (RO)	PA - alt. degradada	15	Queima
Norte de RO	9°48'23''	62°40'55''	Rio Crespo (RO)	PA - mod. degradada	20	Queima
Norte de RO	9°49'50''	62°40'57''	Rio Crespo (RO)	FOA		
Norte de RO	10°6'30''	62°19'26''	Theobroma (RO)	Cacau	9	
Norte de RO	10°6'38''	62°19'30''	Theobroma (RO)	Cacau	6	
Norte de RO	10°6'33''	62°19'10''	Theobroma (RO)	PA – mod. Degradada	10	
Norte de RO	10°6'37''	62°19'26''	Theobroma (RO)	FOA		
Norte de RO	10°3'14''	62°19'12''	Theobroma (RO)	PA – melhorada	12	Calagem, N e P 2 anos

(Continuação)

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

(Continuação)

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Norte de RO	10°3'14''	62°19'12''	Theobroma (RO)	PA – melhorada	12	Calagem, N e P 2 anos
Norte de RO	10°3'17''	62°19'14''	Theobroma (RO)	PA) – moder.degradada		
Norte de MT	10°54'17''	55°15'16''	Itaúba (MT)	PA - mod. Degradada	22	PD c safrinha
Norte de MT	10°54'18''	55°15'14''	Itaúba (MT)	PA (15)> Soja (7)	22	
Norte de MT	10°54'20''	55°15'15''	Itaúba (MT)	FOA		
Norte de MT	11°1'17''	55°17'34''	Itaúba (MT)	PA - mod. Degradada	15	
Norte de MT	11°1'16''	55°17'32''	Itaúba (MT)	FOA		
Norte de MT	9°58'51''	57°21'14''	Nova Monte Verde (MT)	FOA	25	
Norte de MT	9°58'49''	57°21'14''	Nova Monte Verde (MT)	PA – nominal		
Norte de MT	9°58'43''	57°24'28''	Nova Monte Verde (MT)	FOD	10	
Norte de MT	9°58'44''	57°24'28''	Nova Monte Verde (MT)	PA - mod. degradada		
Pantanal	16°12'20''	55°56'45''	Barão de Melgaço (MT)	PA – altam. Degradada	20	
Pantanal	16°12'22''	55°56'42''	Barão de Melgaço (MT)	AS		

Tabela 1 – Caracterização geral dos locais de coleta de amostras de solo em Rondônia e Mato Grosso

(Conclusão)

Ecorregião	Coordenadas		Localização Município (UF)	Usos da terra ¹	Tempo (anos)	Prática de manejo ²
	Latitude	Longitude				
Pantanal	16°2'7''	57°36'40''	Cáceres (MT)	PA – altam. degradada	13	
Pantanal	16°1'56''	57°37'25''	Cáceres (MT)	PA – altam. degradada	20	
Pantanal	16°2'2''	57°36'16''	Cáceres (MT)	AS		
Pantanal	16°0'58''	57°44'37''	Cáceres (MT)	PA – melhorada	5	Adução cobertura morta
Pantanal	16°0'36''	57°44'50''	Cáceres (MT)	PA – nominal	3	
Pantanal	16°0'50''	57°44'31''	Cáceres (MT)	SP		
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Café Conilon	14	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Café Conilon	16	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	Cacau	26	
RO Central	9°49'37''	62°58'15''	Ariquemes (RO)	FOA		
RO Central	11°55'10''	61°44'27''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	Café Conilon	8	Adução – NPK (4 x)
RO Central	11°55'13''	61°44'26''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	PA – alt. Degradada	15	
RO Central	11°55'29''	61°44'38''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	Café Conilon	12	
RO Central	11°55'23''	61°44'27''	Santa Luzia d'Oeste (RO)	FOA		

¹PA= Pastagem, Ar= arroz, S=soja, M=milho, alg=Algodão, FOA= Floresta Ombrófila Aberta, FOD= Floresta Ombrófila Densa, FES= Floresta Estacional Semidecidual, SA= Savana Arborizada, SP= Savana Parque, SF=Savana Florestada, Contato FS/FES= Contato Savana Florestada / Floresta estacional semidecidual. ²PD= Plantio direto, PR= Plantio Reduzido.

2.2.3 Coleta e preparo das amostras para análises

A amostragem foi realizada em junho/julho de 2007. Foram coletadas cinco repetições em cada local nas camadas 0-5 cm de acordo com a Figura 5. As amostras de terra foram destorroadas e peneiradas a 2 mm para retirada de material não decomposto.

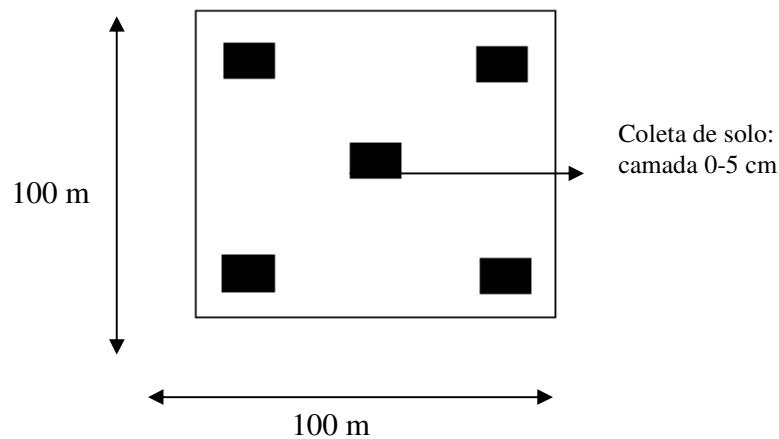


Figura 5 - Esquema de amostragem de solo em cada situação estudada nos estados de Rondônia e Mato Grosso

As variáveis do solo estudadas foram respiração basal, biomassa microbiana e diversidade catabólica da biomassa microbiana, para as diferentes situações encontradas em campo, definidas em três grandes grupos: áreas nativas, pastagem e agricultura. A Ecorregião Norte de Mato Grosso (cidades de Guarantã do Norte e Vila Rica) e Ecorregião Depressão Cuiabá-Paranatinga (cidade de Várzea Grande) não foram consideradas neste estudo, devido à perda de amostras destes locais.

2.2.4 Quantificação da Respiração Microbiana no solo

As avaliações da respiração microbiana em laboratórios permitem simulações por meio do controle da umidade e temperatura adotadas, além de eliminar organismos da mesofauna e partes da planta que poderiam mascarar as avaliações (KELTING et al., 1998). A inclusão de componentes arbóreos pode manter ou aumentar a produtividade de determinado local, devido a processos que aumentem a entrada ou reduzem perdas no solo, como matéria orgânica, nutrientes e água, além de melhorar as propriedades físicas e químicas e beneficiar processos

microbiológicos do solo (YOUNG, 1994). De acordo com Assis Júnior et al. (2003) o método de avaliação com medições não-instantâneas da atividade respiratória no campo é importante para complementação dos resultados, além de apresentar maior sensibilidade por considerar as condições naturais.

As amostras de solo foram peneiradas (2 mm) e acondicionadas em sacos plásticos com respiro, para facilitar as trocas gasosas com o ambiente externo, sendo também mantidas sob refrigeração a 5°C. Após a retirada das amostras de solo da câmara fria foi determinada a umidade e quando necessário foi realizado o ajuste para 55% da capacidade de campo.

Amostras de 5 g de solo foram pré-incubadas por 3 dias em frascos fechados, e após este período foram incubados nos mesmos frascos hermeticamente fechados por 8 horas para avaliação da produção de CO₂ por meio de um analisador de gás infravermelho (infra-red gas analyser – IRGA - Modelo LICOR-6262).

2.2.5 Diferenciação e Identificação de Comunidades Microbianas

Com o objetivo de diferenciar as comunidades microbianas utilizando-se as características funcionais, foram selecionadas 20 áreas com pastagens, 20 áreas com agricultura e 20 áreas com vegetação nativa dentro das ecorregiões analisadas. Esta seleção teve como base a distribuição geográfica e experiência de coleta.

A diversidade catabólica da comunidade microbiana é dada pela resposta em curto prazo da taxa respiratória dos solos aos quais foram adicionados 22 diferentes compostos orgânicos simples (Respiração induzida por substratos - RIS) (DEGENS; HARRIS, 1997). Os diversos substratos foram fornecidos na forma de 2 ml de solução para cada equivalente a 1 g de solo seco e incubados em frascos hermeticamente fechados. O fluxo de CO₂ de cada amostra foi medida com um IRGA (Modelo LICOR-6262), após incubação dos frascos por 4 horas a 25°C. Os substratos incluídos na análise foram: 2 aminas (Glutamina e Glucosamina), 6 aminoácidos (Arginina, Ácido Glutâmico, Asparagina, Histidina, Lisina e Serina), 2 carboidratos (Glucose e Manose) e 12 ácidos carboxílicos (Ácido Cítrico, Ácido Ascórbico, Ácido Glucômico, Ácido Fumárico, Ácido Malônico, Ácido Málico, Ácido Ketoglutárico, Ácido Ketobutírico, Ácido Pantotênico, Ácido Quínico, Ácido Succínico e Ácido Tartárico).

2.2.6 Biomassa Microbiana

Duas sub-amostras pesando 25 g de terra fina seca ao ar (fumigadas e não-fumigadas) foram incubadas por 24h a -0,03 MPa na presença de clorofórmio purificado, e então submetidas à extração com K_2SO_4 0,5 M, submetidas à centrifugação por 10 minutos a 3000rpm e posteriormente filtradas em sistemas de seringas de Teflon Millipore com tela de Silk Screen tratada previamente com K_2SO_4 0,5 M.

Para determinação do Carbono da biomassa microbiana (C_{mic}), os extratos foram analisados quanto ao teor de C orgânico (Shimadzu – TOC 5000A), sendo a biomassa microbiana determinada pela diferença entre os valores obtidos nas amostras fumigadas e as não fumigadas. O fator de correção k_{EC} aplicado foi de 0,33. O método da FE pode ser aplicado a uma grande variedade de solos, inclusive naqueles com baixo pH, alto teor de matéria orgânica fresca ou baixo teor de umidade.

Para determinação do Nitrogênio da biomassa microbiana (N_{mic}), os extratos foram submetidos ao método da Ninhidrina (JOERGENSEN; BROOKES, 1990), sendo colocado 0,6 mL de extrato em tubo de ensaio e adicionado 1,4 mL de ácido cítrico, além de 1 mL do reagente Ninhidrina. As amostras foram levadas a banho-maria por 20 minutos a 100° C. Após a solução estar em temperatura ambiente, foram adicionadas 4 gotas de etanol e realizadas as leituras em espectrofotômetro (Modelo FEMTO 600) à 570 nm de comprimento de onda. O fator de correção k_{EN} aplicado foi de 0,33.

Com os dados de Respiração Basal e Carbono da biomassa microbiana foi calculado o quociente metabólico do CO_2 (qCO_2), ou taxa respiratória específica.

2.2.7 Análises Estatísticas

A hipótese do estudo concentra-se no impacto da mudança do uso do solo na atividade e diversidade da biomassa microbiana, considerando a região de Mato Grosso e Rondônia e as ecorregiões analisadas. Os resultados foram agrupados em diferentes categorias quanto ao uso da terra (Pastagem – PAST; Agricultura – AGR; Áreas Nativas – NAT), sendo também exploradas as diferenças dentro de cada categoria. Foram analisadas as diferenças entre os usos de terra e áreas nativas considerando a região de MT e RO como um todo, considerando as diferenças entre as ecorregiões e também foi realizado um estudo de caso em uma ecorregião em específico.

As pastagens analisadas no estudo foram subdivididas em: degradadas, que apresentam evidente perda de produtividade, alta infestação de plantas daninhas, presença de solo exposto e/ou sinais de erosão (PAST D); pastagens típicas, que nunca receberam nenhum tipo de aporte de insumo agrícola (adubos, calcário, etc.) ou prática que pudesse significar um alto aporte de material orgânico, como por exemplo, irrigação, apresentam apropriada pressão de pastejo e se mantêm produtivas (PAST); e pastagens melhoradas, que são aquelas que receberam algum tipo de insumo ou prática de manejo que resultem em um aumento de material orgânico, como irrigação, variedades mais produtivas, consórcio gramíneo-leguminosa, entre outros (PAST M).

Com relação às áreas com agricultura, foi realizada a subdivisão em áreas sob plantio perene (PERE); plantio direto (PD) e plantio convencional (PC). As áreas nativas foram subdivididas em floresta (FLO), Cerrado (CER) e Cerradão (CERRA).

A análise da variância (ANOVA - $\alpha=0,001$) foi utilizada para determinar a diferença entre os usos de terra analisados. Foi também realizada a ANOVA considerando-se duas variáveis (two-way ANOVA), sendo a primeira variável (fixa) o uso de terra e a segunda variável (exploratória) as ecorregiões. A comparação das médias foi realizada por meio da diferença mínima estatística (DMS) a 5% de significância.

A Análise Variável Canônica foi realizada considerando-se todos os dados obtidos nesta pesquisa e acrescentando-se os dados provenientes da base de dados do projeto Temático (C%, estoque de C, pH H₂O, pH KCl, densidade).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote estatístico GenStat 11 e Genstat Discovery Edition 3 (VSN International Ltd., Herts., UK).

2.3 Resultados e Discussão

Os testes estatísticos foram aplicados para as variáveis analisadas (respiração basal, biomassa microbiana, resposta induzida por substrato) para cada uso de terra e ecorregião. Posteriormente, todos os dados desta pesquisa foram reunidos com a base de dados do Projeto Temático FAPESP e submetidos à análise multivariada.

Os resultados para cada variável, suas respectivas relações e testes estatísticos estão apresentados em subitens, separados de acordo com o uso da terra e ecorregiões. Nesta análise, foram consideradas as áreas nativas como linha de base, analisando as diferenças na dinâmica dos atributos microbiológicos devido à mudança do uso da terra.

As tabelas relacionadas à análise multivariada canônica e análise da respiração induzida por substrato (RIS) estão apresentadas nos anexos.

2.3.1 Análise Geral dos atributos microbiológicos

A respiração basal (RB) dos microorganismos variou de 0,007 a 1,82 $\mu\text{gCO}_2.\text{g solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$ na região analisada. O maior valor de RB foi encontrado em pastagem degradada, sob Argissolo Vermelho Amarelo, no município de Conquista d'Oeste, ecorregião Chapada dos Parecis. O valor mínimo foi encontrado em uma área nativa (Floresta), sob Latossolo Amarelo no município de Ariquemes, ecorregião Rondônia Central.

Em relação ao carbono da biomassa microbiana (Cmic), a variação ocorreu de 0,04 a 1,75 gC.kg solo^{-1} , sendo o maior valor encontrado em uma área nativa (Floresta), sob Latossolo Vermelho Amarelo, no município de Novo São Joaquim, ecorregião Bacia do Paraná. O valor mínimo foi encontrado também em áreas nativas, no Cerrado, sob Argissolo Vermelho Amarelo, no município de Sapezal, ecorregião Chapada dos Parecis.

O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) variou entre 0,12 e 108 mgN.kg solo^{-1} . Analisando o Nmic, foi encontrado o maior valor em área nativa (Floresta), sob Argissolo Vermelho Amarelo, no município de Conquista d'Oeste, Ecorregião Chapada dos Parecis, enquanto o valor mínimo foi encontrado sob plantio direto, Latossolo Vermelho Amarelo, no município de Pimenteiras d'Oeste, ecorregião Depressão Guaporé.

A distribuição dos dados e as diferenças estatísticas para todos os usos de terra analisados estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de Respiração, Carbono e Nitrogênio da Biomassa microbiana para os usos de terra analisados

(continua)						
	Respiração Basal ($\mu\text{gCO}_2\text{.g solo}^{-1}\text{.h}^{-1}$)					C.V. (%) ⁵
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	
Uso de Terra Geral						
AGR	0.37 b	0.63	0.26	135	0.08	21.44
NAT	0.46 a	0.94	0.07	140	0.11	24.89
PAST	0.50 a	1.82	0.27	165	0.18	38.06
Agricultura						
PD	0.37 b	0.60	0.27	70	0.07	18.03
PERE	0.40 a	0.63	0.28	20	0.11	42.72
PC	0.34 c	0.55	0.26	10	0.08	24.15
Pastagem						
PAST	0.40 b	0.57	0.28	20	0.09	23.35
PAST D	0.52 a	1.82	0.29	60	0.24	45.65
PAST M	0.54 a	0.93	0.27	20	0.20	36.67
Áreas Nativas						
CER	0.43 b	0.52	0.32	20	0.06	15.19
CERRA	0.48 a	0.71	0.33	25	0.09	20.52
FLO	0.48 a	0.95	0.07	55	0.14	30.38
Carbono da Biomassa microbiana (gC.kg solo^{-1})						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
Uso de Terra Geral						
AGR	0.53 b	0.98	0.07	100	0.21	41.29
NAT	0.55 b	1.75	0.04	100	0.03	55.5
PAST	0.69 a	1.18	0.33	100	0.17	25.29
Agricultura						
PD	0.50 b	0.90	0.07	70	0.21	42.61
PERE	0.66 a	0.98	0.28	20	0.22	33.59
PC	0.45 b	0.61	0.31	10	0.13	29.33
Pastagem						
PAST	0.55 c	0.87	0.33	20	0.14	25.55
PAST D	0.71 b	1.03	0.35	60	0.16	22.59
PAST M	0.78 a	1.18	0.49	20	0.18	22.61
Áreas Nativas						
CER	0.58 a	0.84	0.17	20	0.24	40.97
CERRA	0.50 b	1.06	0.04	25	0.33	66.49
FLO	0.57 a	1.75	0.04	55	0.29	51.52
Nitrogênio da Biomassa microbiana (mgN.kg solo^{-1})						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
Uso de Terra Geral						
AGR	17.85 b	83.69	0.12	100	16.10	90.19
NAT	37.89 a	108.00	0.12	100	31.52	83.20
PAST	37.16 a	95.28	0.83	100	26.93	71.00

Tabela 2 – Valores médios de Respiração, Carbono e Nitrogênio da Biomassa microbiana para os usos de terra analisados

(continuação)

	Nitrogênio da Biomassa microbiana (mgN.kg solo ⁻¹)					C.V. (%) ⁵
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	
Agricultura						
PD	17.46 ab	76.48	0.12	70	14.93	85.50
PERE	21.96 a	83.69	1.30	20	22.24	101.24
PC	12.29 a	19.50	6.15	10	4.87	39.58
Pastagem						
PAST	20.77 b	75.18	1.30	20	22.94	110.47
PAST D	44.88 a	95.28	8.87	60	23.48	52.32
.PAST M	30.42 ab	82.27	0.83	20	29.54	97.12
Áreas Nativas						
CER	33.16 b	74.23	5.20	20	18.24	55.01
CERRA	21.29 c	49.53	0.35	25	17.75	83.40
FLO	47.16 a	108.04	0.12	55	36.63	77.67

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação).

2.3.2 Linha de Base: Áreas Nativas

2.3.2.1 Análise Geral

A distribuição das áreas nativas presentes no banco de dados está representada na figura 6. Os dados referentes a áreas nativas mostram um maior valor de RB em Cerradão e Floresta (0,48 $\mu\text{gCO}_2.\text{gsolo}^{-1}.\text{h}^{-1}$), estatisticamente diferentes do valor observado em áreas de Cerrado (0,43 $\mu\text{gCO}_2.\text{gsolo}^{-1}.\text{h}^{-1}$). O Cmic apresenta seu maior valor em áreas sob Cerrado, seguido por Floresta e Cerradão (0,58; 0,57; 0,50 gC.kg solo^{-1}), enquanto o Nmic possui seu maior valor em áreas sob Floresta (47,16 mgN.kg solo^{-1}), seguido por áreas de Cerrado e Cerradão (33,16; 21,19 mgN.kg solo^{-1}). As figuras 7, 8 e 9 representam a dinâmica dos atributos microbiológicos observada nas áreas nativas.

Os maiores índice de biomassa microbiana e RB presentes em Florestas podem estar relacionados à maior produção de serapilheira neste bioma. Segundo Dornbush, (2007) a serapilheira tem grande efeito na quantidade e atividade da comunidade microbiana. Segundo

Silva et al. (2007) a Floresta apresenta maior produção de serrapilheira, seguido pelas fitofisionomias de Cerrado (Cerradão e Cerrado sensu stricto), quando considerada a fração foliar. Carpanezi (1980) afirma que as folhas constituem a mais importante fração do material decíduo, sendo encontrados resultados semelhantes por Santana et al. (2003) e Shumacher et al. (2003). A taxa na qual os nutrientes são liberados depende de vários fatores, como a composição química e natureza estrutural do nutriente na matriz da serrapilheira e a disponibilidade de fontes de nutrientes externos, além de variáveis macro e micro-climáticas e atividade biótica.

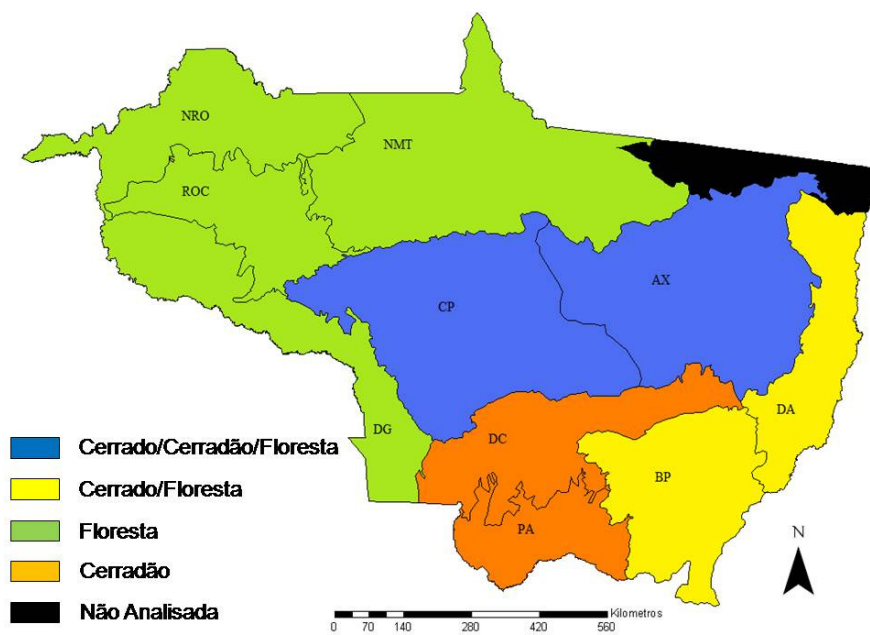


Figura 6 – Base de dados referente a áreas nativas; (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (DA) Depressão Araguaia; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (DG) Depressão Guaporé; (NMT) Norte do Mato Grosso; (NRO) Norte de Rondônia; (PA) Pantanal; (ROC) Rondônia Central.

Os ecossistemas de florestas tropicais possuem produção contínua de serrapilheira durante o ano, enquanto em áreas de Cerrado observa-se maior produção na estação seca. A dinâmica da biomassa microbiana do solo em florestas tropicais e savanas permite a acumulação e conservação de nutrientes em formas biologicamente ativas durante períodos secos (alta biomassa, baixo turnover da MOS), quando a atividade das plantas é baixa. No início do período chuvoso (baixa biomassa, alto turnover da MOS) os nutrientes são liberados e rapidamente captados pelas plantas. (SINGH et al., 1989).

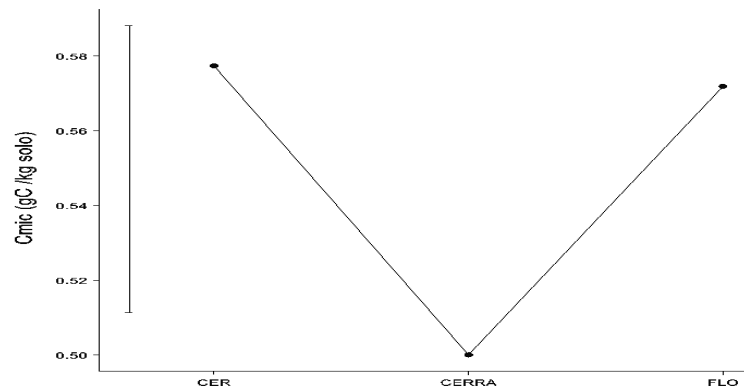


Figura 7 – Dados de Cmic para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) áreas de Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

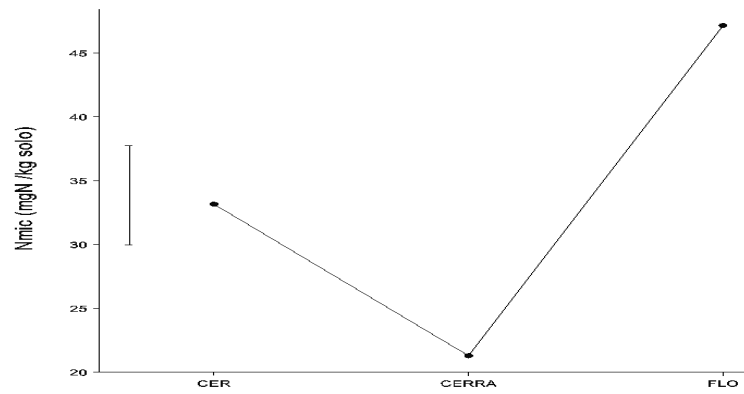


Figura 8 – Dados de Nmic para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) áreas de Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

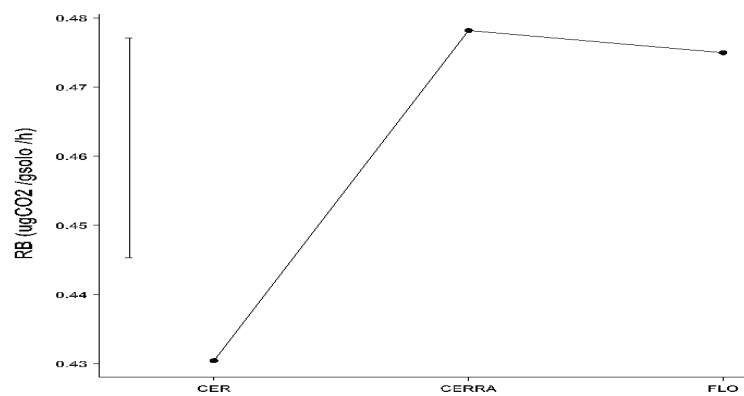


Figura 9 – Dados de RB para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) áreas de Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

Apesar da grande importância, há poucos estudos sobre produção de serrapilheira no ecossistema amazônico. Os vários trabalhos que abordam a ciclagem de nutrientes nos mais diversos ambientes (COUTEAUX, 1995; LI, 2004; HART, 2005) constataram que diversos fatores interferem na deposição da serrapilheira no solo. Kolm (2001) enumera alguns desses fatores, como, por exemplo, o clima, solo, características genéticas da espécie, idade e densidade de plantio, além da comunidade microbiana do solo. Na área estudada, o macroclima pode ser considerado o mesmo, portanto, os fatores mais importantes neste caso são a qualidade da serrapilheira e a biomassa microbiana do solo.

A diversidade florística é outro fator importante que influencia significativamente a dinâmica da biomassa microbiana do solo (WARDLE, 2006). A permanência da camada de serrapilheira favorece a preservação de hifas fúngicas (BANDICK; DICK, 1999), além de resultar em maior aumento de raízes, as quais, via exudatos radiculares, aumentam a entrada de substratos carbonatados no sistema (BOPAIAH; SHETTI, 1991).

A relação Cmic:Corg é maior em áreas sob Cerrado, seguida por áreas sob Floresta e Cerradão. O qCO₂ possui dinâmica oposta, sendo o maior valor observado no Cerradão, seguido por Floresta e Cerrado (Tabela 3).

Tabela 3 – Índices eco-fisiológicos relacionadas às áreas nativas

	Cmic:Corg					
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
CER	3,45 a	8,60	1,08	20	2,31	67,03
CERRA	2,62 a	6,71	0,19	25	1,86	71,11
FLO	3,10 a	10,41	0,10	55	1,89	60,84
	qCO ₂					
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
CER	1,02 a	3,02	0,38	20	0,78	76,52
CERRA	2,91 a	14,01	0,35	25	4,22	145,35
FLO	1,42 a	14,93	0,12	55	2,51	176,19

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

O Cmic representa de 3-4% do C total nas florestas tropicais, mostrando que a biomassa microbiana representa um componente maior da MOS em áreas tropicais. As taxas de decomposição na floresta são dependentes da ação dos organismos do solo (microorganismos, mesofauna e macrofauna) sendo mais pronunciada na estação chuvosa (com umidade mais favorável à ação biológica) do que na estação seca (LUIZÃO; SHUBART, 1987). Os fatores

climáticos que mais influenciam na decomposição da serapilheira são a temperatura e a umidade do solo.

A floresta tropical Amazônica retém a maior parte dos nutrientes do ecossistema na sua biomassa (CUEVAS, 2001). De acordo com Cuevas e Medina (1986), a quantidade de nutrientes fornecidos ao solo pela serrapilheira depende principalmente das espécies que compõe a formação das florestas e da disponibilidade de nutrientes do solo. Observa-se que em climas secos e com temperaturas mais elevadas ocorre maior formação de serapilheira, porém, a decomposição ocorre com maior rapidez em locais com maior precipitação (SELLE, 2007).

Nas florestas, o estoque principal de nutriente encontra-se nos troncos das árvores, podendo ser redistribuídos por diversos caminhos entre os demais componentes do ecossistema. Em função dos processos de decomposição e lixiviação da serapilheira, os nutrientes podem ser carreados para o solo e novamente absorvidos pelo sistema radicular das árvores e das espécies do sub-bosque (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000). Já nas áreas sob Cerrado, as temperaturas elevadas e baixos conteúdos de água no solo, além do grande número de espécies decíduas, podem limitar a atividade dos organismos decompositores, propiciando decomposição mais lenta, com acúmulo de serapilheira sobre o solo.

2.3.2.2 Análise Multivariada na separação das áreas nativas

Os dados microbiológicos presentes nesta pesquisa (RB, Cmic, Nmic) foram adicionados à base de dados do projeto temático (C%, Estoque de C, Densidade, pH) e submetidos análise canônica. Os dados dos vetores e scores canônicos encontram-se nos Anexos. A análise canônica foi realizada com o objetivo de definir se os usos de terra em questão no trabalho podem ser separados com base nos atributos analisados. Inicialmente, este teste foi realizado apenas com os atributos microbiológicos, e posteriormente com os dados provenientes da base de dados completa e da análise da RIS.

Por meio da análise canônica referente apenas aos dados microbiológicos, foi observada uma sobreposição das regiões de confiança entre os tipos de áreas nativas analisadas (Figura 10). Esta sobreposição é reflexo da grande variabilidade presente no banco de dados. Apesar deste fato, a análise canônica promove a separação entre os usos de terra, sendo o atributo que possui maior contribuição para explicação desta separação é o Cmic, para o primeiro eixo (CV1), que separa áreas com Floresta de áreas com Cerrado e Cerradão. O Cmic também possui grande

destaque no segundo eixo (CV2), que separa Cerrado de Cerradão e Floresta. Estes resultados reforçam as diferenças observadas na análise de variância realizada no item anterior.

Com relação ao banco de dados completo (constando atributos físico-químicos das áreas analisadas), a separação entre os usos de terra é mais clara (Figura 11). A maior parte da variabilidade foi explicada pelo CV1 (60,90%), que promove a separação de Floresta de Cerrado e Cerradão, enquanto 39,10% da variabilidade foi explicada pelo CV2, onde Cerradão difere de Floresta e Cerrado. Esta separação é confirmada pela média canônica positiva presente em Florestas (0,51) comparadas com as médias negativas de Cerrado (-1,04) e Cerradão (-0,29) em CV1 e pelas médias negativas de Cerrado (-0,53) e Cerradão (-0,18) em comparação com a média positiva de Floresta (0,82) em CV2. Em CV1 os principais índices que promovem a separação são pH e Cmic, enquanto em CV2 destacam-se pH e RB. De acordo com Wakelin et al (2008), o pH é o fator-chave que controla a dinâmica da biomassa microbiana do solo, promovendo as diferenças observadas na análise multivariada.

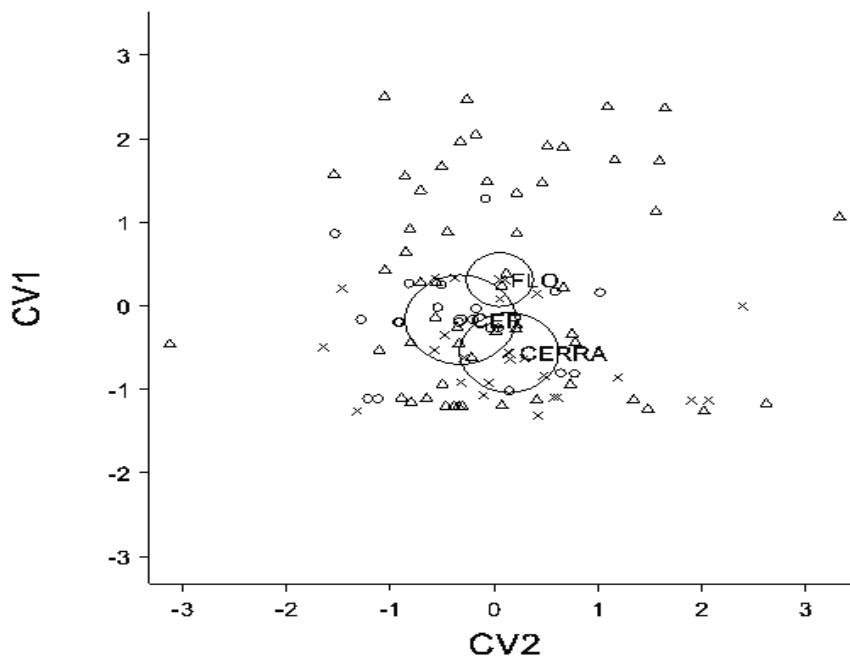


Figura 10 – Análise canônica da variabilidade para os atributos microbiológicos. CV1 explica 83,17% da variabilidade, enquanto CV2 explica 16,83%. (Δ) Floresta; (\circ) Cerrado; (\times) Cerradão

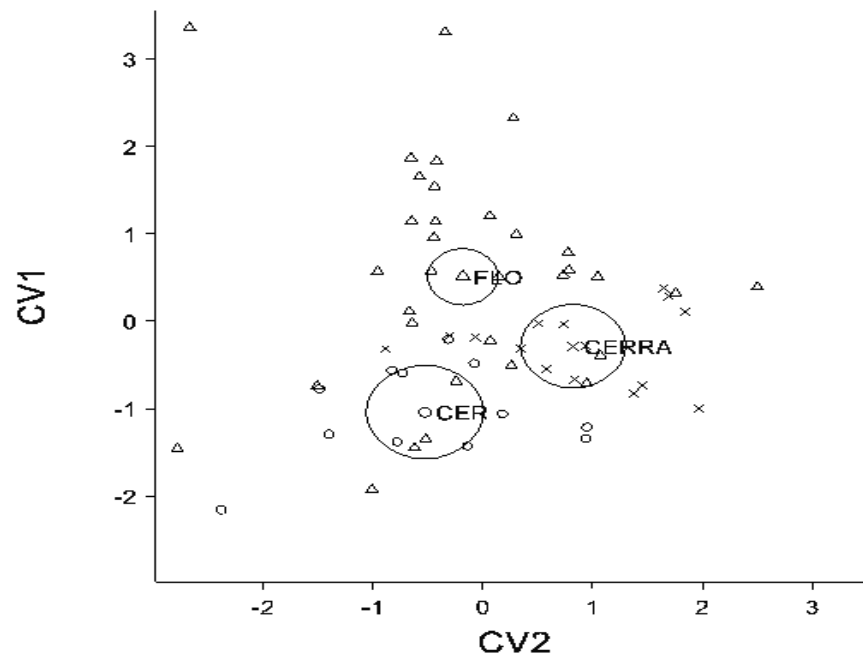


Figura 11 – Análise canônica da variabilidade para a base de dados do projeto temático. CV1 explica 60,90% da variabilidade, enquanto CV2 explica 39,10%. (Δ) Floresta; (○) Cerrado; (×) Cerradão

A RIS também possui grande sucesso na separação das áreas (Figura 12). Entre os principais substratos que contribuem para esta separação estão glutamina e glucose para CV1 e asparagina, glucosamina e histidina para CV2. Diferenças no teor de MOS e natureza dos substratos (DEGENS, 1998 e DEGENS et al., 2000) induzem mudanças no padrão de utilização dos substratos orgânicos. Estes diferentes padrões sugerem a presença de diferentes comunidades microbianas em cada uso de terra.

A baixa resposta catabólica obtida em solos de Cerrado pode estar ligada ao processo de queima frequente que este bioma sofre (Figura 13). Segundo Arocena e Opio, (2003), o fogo tem grande impacto nas propriedades físicas (estabilidade de agregados, teor de argila) e químicas (pH) do solo, tendo influência significativa na biomassa microbiana. Segundo Hart, (2005) o fogo altera a estrutura da biomassa microbiana, sendo um fator de seleção em áreas expostas a eventos periódicos. Campbell et al. (2008) demonstraram em seus estudos que a utilização de substratos carbonatados diminui com a queima da área, o que sugere uma menor resistência/resiliência da comunidade microbiana. Entre os substratos que podem sofrer influências da queima está a arginina, que possui baixa resposta em solos de Cerrado e Cerradão. A utilização da arginina no metabolismo microbiano exige a presença da enzima arginina deaminase, que é inibida devido a presença do fogo. Ajwa et al. (1999) demonstraram em experimentos de longo termo com queima

que a atividade das enzimas urease e fosfatase ácida aumenta com a presença do fogo, porém, com decréscimo na atividade das enzimas B-glucosidase, arginina deamiase e fosfatase alcalina.

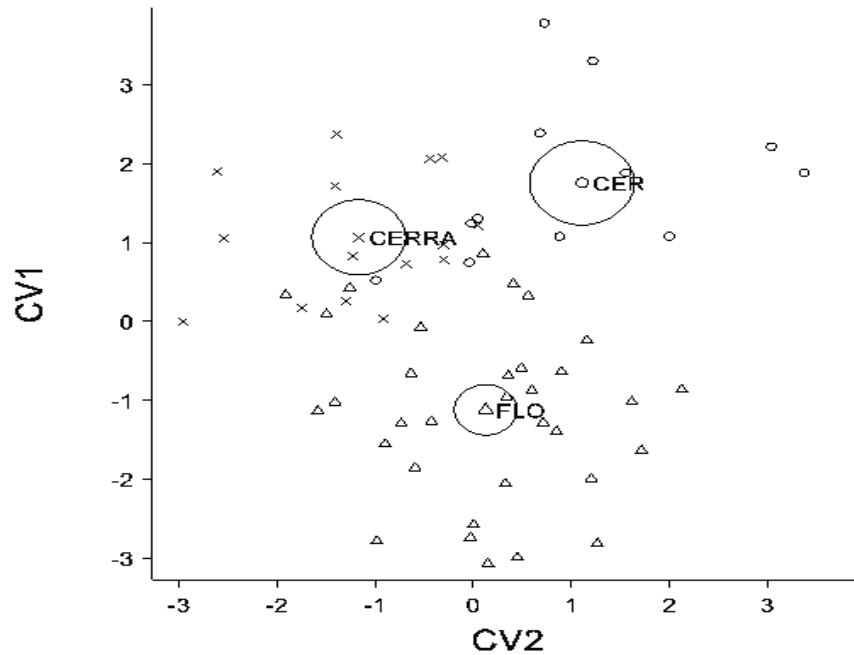


Figura 12 – Análise canônica da relativa ao perfil catabólico dos microorganismos. CV1 explica 72,79% da variabilidade, enquanto CV2 explica 27,21%. (Δ) Floresta; (o) Cerrado; (x) Cerradão

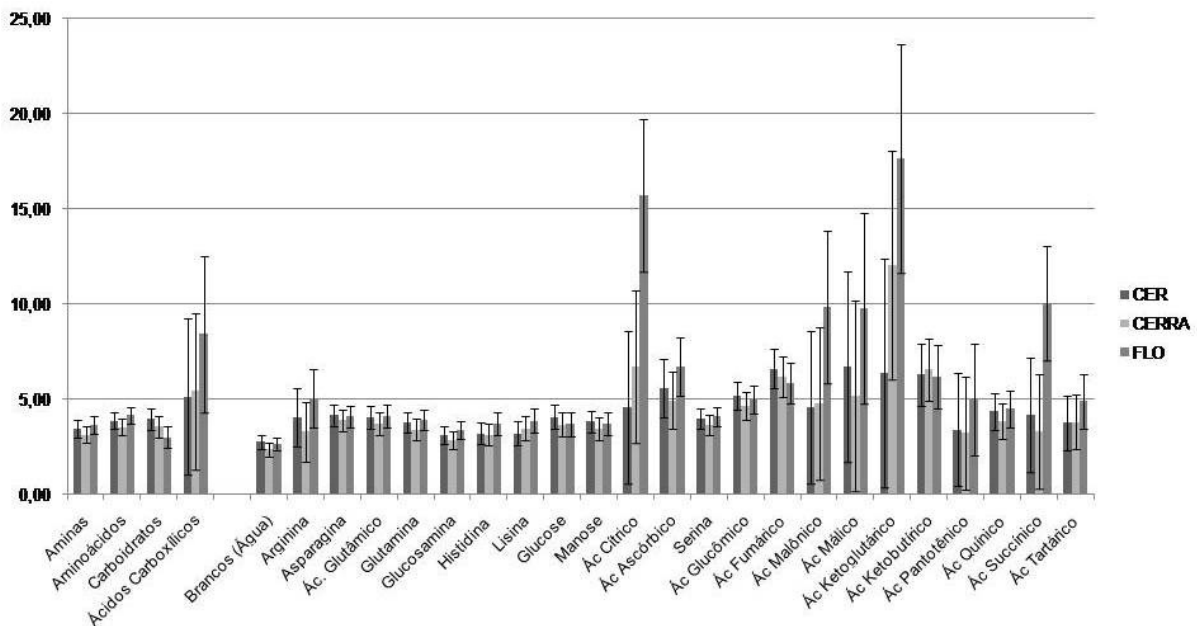


Figura 13 – Perfil Catabólico da biomassa microbiana do solo nas áreas nativas. (CER) Cerrado; (CERRA) Cerradão; (FLO) Floresta

2.3.2.3 Análise Multivariada na separação entre ecorregiões

Foram realizadas análises canônicas referentes às fitofisionomias Cerrado, Cerradão e Floresta, separadamente, para verificar quais os principais fatores que podem promover a separação entre as ecorregiões onde estas áreas nativas estão presentes. As análises foram realizadas considerando a base de dados completa e a RIS.

A base de dados relacionada a áreas de Cerrado mostra que as 4 ecorregiões podem ser separadas, se levado em consideração os dois eixos canônicos presentes na análise. Utilizando a base de dados completa, a separação entre as ecorregiões para o Cerrado é nítida (Figura 13), com grande destaque para Cmic, C% e densidade do solo no CV1, enquanto Cmic e RB são os índices mais significativos para a separação observada no CV2.

A RIS apresenta uma separação ainda mais clara entre as ecorregiões, caracterizando-se como um importante índice para diferenciação entre estas (Figura 14). Destacam-se no CV1 os substratos lisina, ácido pantotênico, ácido quínico e ácido succínico enquanto no CV2 os principais destaques são arginina, glucosamina, lisina, ácido pantotênico e ácido succínico.

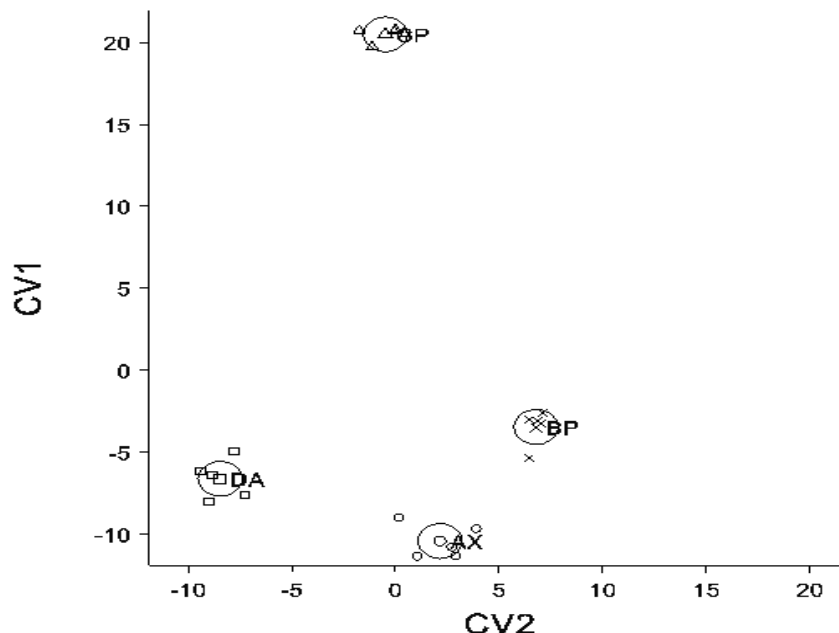


Figura 13 – Análise Canônica para o banco de dados do projeto temático relacionado às áreas sob Cerrado. CV1 explica 82,16% da variabilidade, enquanto CV2 explica 17,24%. (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (DA) Depressão Araguaia; (PA) Pantanal

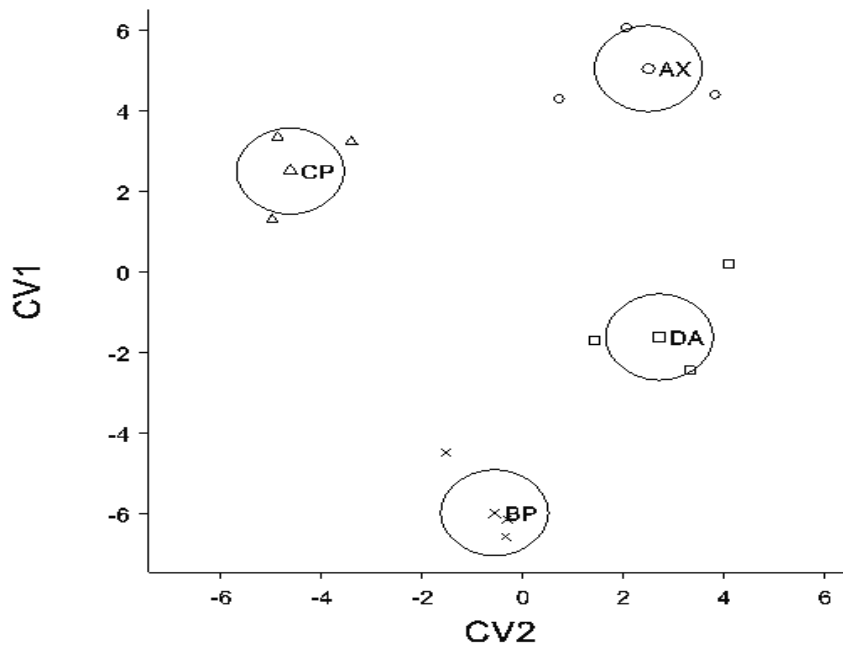


Figura 14 – Análise Canônica para o perfil catabólico dos microorganismos relacionado à áreas sob Cerrado. CV1 explica 61,19% da variabilidade, enquanto CV2 explica 30,76%. (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (DA) Depressão Araguaia; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (PA) Pantanal

Os dados relacionados às ecorregiões sob Cerradão também apresentam boa separação. Utilizando a base de dados completa, CV1 apresenta grande destaque para densidade do solo, Cmic e C%, enquanto CV2 possui grandes valores em pH, RB e C%. Os dados relacionados à RIS mostram grande destaque em CV1 para os substratos histidina e glucosamina, enquanto em CV2 os principais substratos são lisina, histidina e ácido pantotênico.

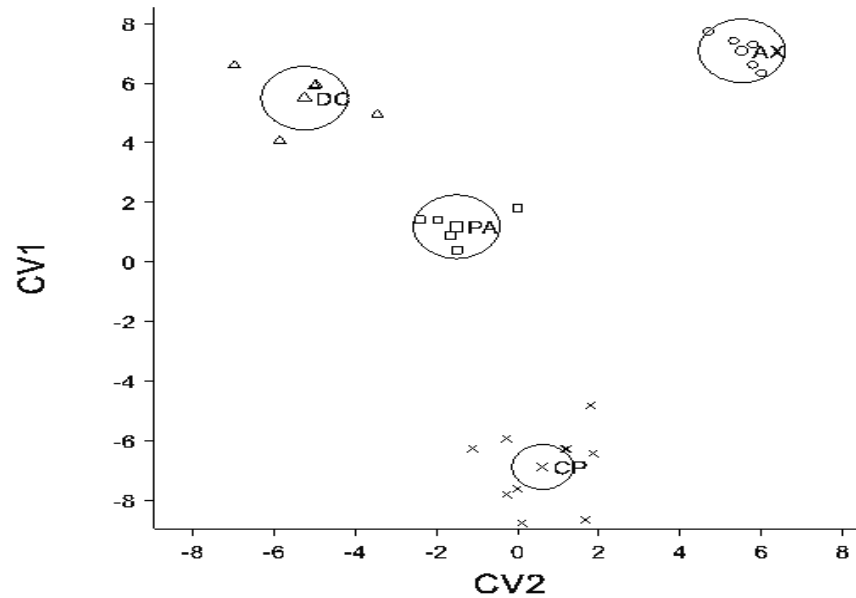


Figura 15 – Análise Canônica para o banco de dados do projeto temático relacionado às áreas sob Cerradão. CV1 explica 70,26% da variabilidade, enquanto CV2 explica 24,30%. (AX) Alto Xingú; (CP) Chapada dos Parecis; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (PA) Pantanal.

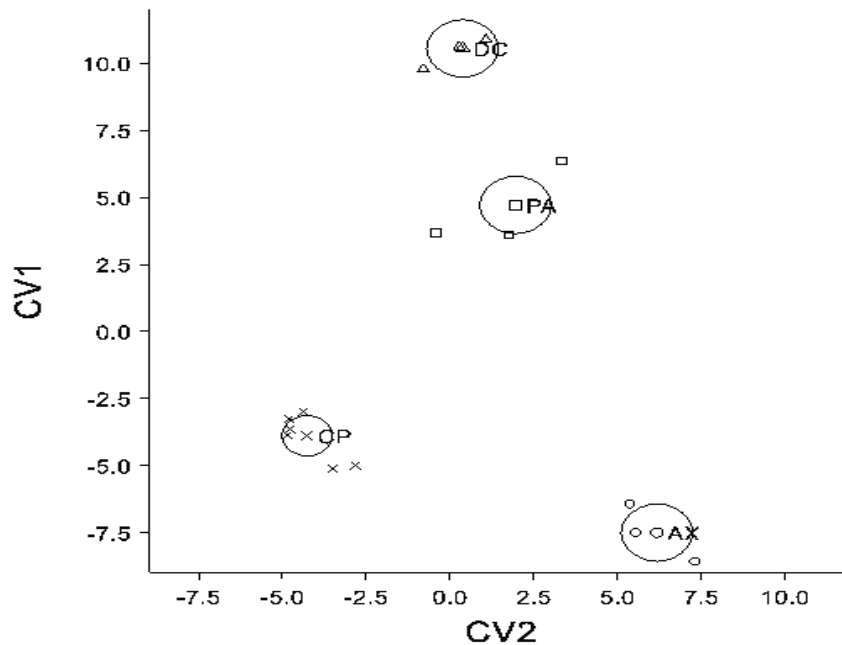


Figura 16– Análise Canônica para o perfil catabólico dos microorganismos relacionado às áreas sob Cerradão. CV1 explica 67,89% da variabilidade, enquanto CV2 explica 24,23%. (AX) Alto Xingú; (CP) Chapada dos Parecis; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (PA) Pantanal

O banco de dados relacionados à floresta também apresenta separação das ecorregiões com relação aos atributos biológicos, físicos e químicos do Projeto Temático FAPESP. Em CV1, pH, RB e densidade do solo possuem destaque na separação, enquanto em CV2 os principais índices são pH e Cmic.

Em relação a RIS, assim como observado nas áreas sob Cerrado e Cerradão, a separação das ecorregiões é mais nítida. Para CV1, os principais substratos que permitem a separação observada são histidina, arginina, asparagina e glucose, enquanto no CV2 os destaques são ácido tartárico, ácido glucômico, ácido glutâmico e glucosamina. Entre os substratos mais importantes envolvidos nesta análise, asparagina e serina são documentados como presentes em exudatos radiculares (BOLTON et al., 1992), enquanto o ácido quínico é um componente do tecido da planta (GEBRE; TCHAPLINSKI, 2002) e o ácido tartárico é um dos principais compostos intermediários do ciclo de Krebs, no metabolismo básico de microorganismos aeróbios (TORTORA et al., 2005).

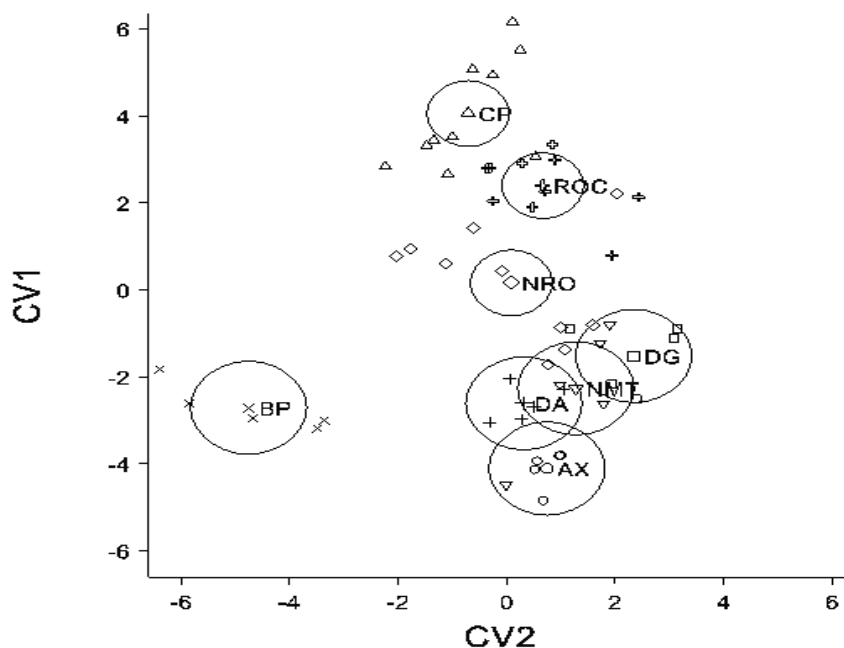


Figura 17 – Análise Canônica para o banco de dados do projeto temático relacionado a áreas sob Floresta. CV1 explica 88,79% da variabilidade, enquanto CV2 explica 8,6%. (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (CRO) Rondônia Central; (DA) Depressão Araguaia; (DG) Depressão Guaporé; (NMT) Norte do Mato Grosso; (NRO) Norte de Rondônia

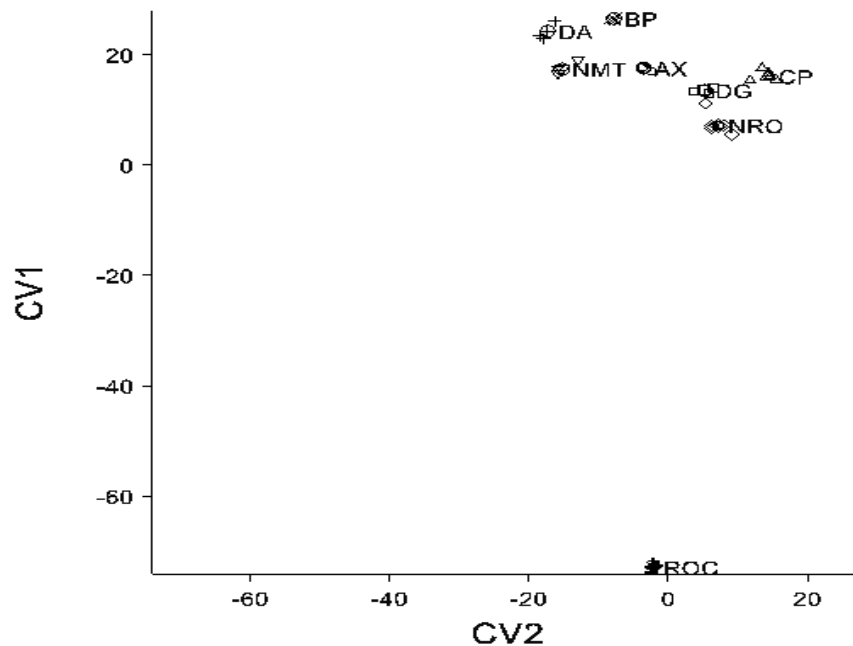


Figura 18 – Análise Canônica relacionada ao perfil catabólico dos microorganismos sob áreas de Floresta. CV1 explica 88% da variabilidade, enquanto CV2 explica 7,62%. (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (CRO) Rondônia Central; (DA) Depressão Araguaia; (DG) Depressão Guaporé; (NMT) Norte do Mato Grosso; (NRO) Norte de Rondônia

2.3.3 Mudança de uso de terra na região como um todo

Analisando a região de MT e RO como um todo, desconsiderando as ecorregiões, pode-se observar uma dinâmica diferenciada dos atributos microbiológicos. As análises das diferenças observadas entre os usos de terra mostram que o maior valor de RB é encontrado na pastagem ($0,50 \mu\text{gCO}_2\cdot\text{gsolo}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), seguido por áreas nativas ($0,46 \mu\text{gCO}_2\cdot\text{gsolo}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ - não diferentes estatisticamente) e agricultura ($0,37 \mu\text{gCO}_2\cdot\text{gsolo}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$). O mesmo comportamento é encontrado no Cmic ($0,69$; $0,55$ e $0,53 \text{ gC}\cdot\text{kg solo}^{-1}$). Com relação ao Nmic, as áreas de vegetação nativa apresentam maior valor ($37,89 \text{ mgN kg solo}^{-1}$), seguidas por pastagem ($37,16 \text{ mgN/kg solo}^{-1}$ - não diferentes estatisticamente) e agricultura ($17,85 \text{ mgN}\cdot\text{kg solo}^{-1}$) (Figuras 19, 20 e 21).

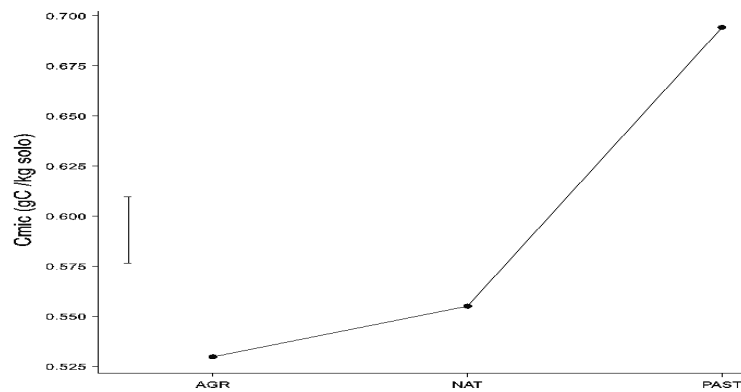


Figura 19 – Dados de Cmic para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (AGR) áreas agrícolas; (NAT) áreas nativas; (PAST) áreas sob pastagem

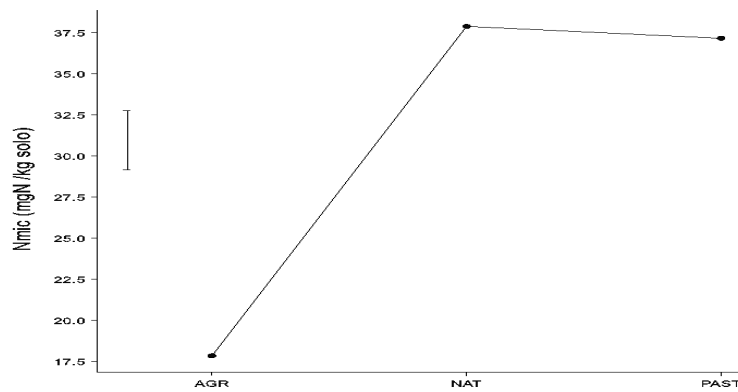


Figura 20 – Dados de Nmic para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (AGR) áreas agrícolas; (NAT) áreas nativas; (PAST) áreas sob pastagem

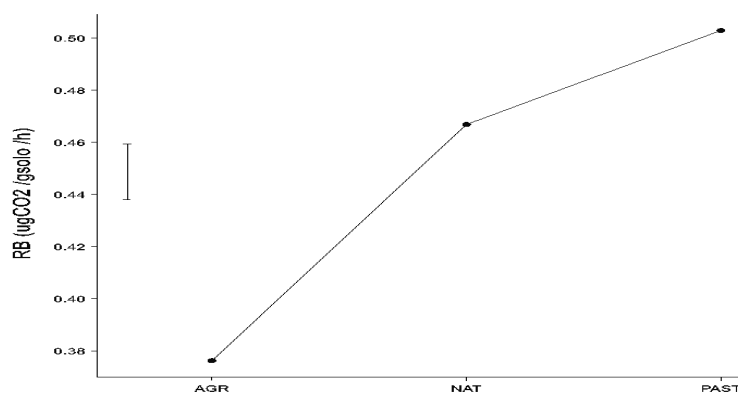


Figura 21 – Dados de RB para região de MT e RO. (DMS) Distância mínima significativa; (AGR) áreas agrícolas; (NAT) áreas nativas; (PAST) áreas sob pastagem

As similaridades entre pastagem e áreas nativas podem estar relacionadas a estoque de C equivalentes, enquanto o comportamento diferenciado apresentado pelas áreas em agricultura

pode estar relacionado com o manejo do solo e os diferentes tipos de culturas que são encontrados na região (soja, milho, arroz, cacau, café, entre outros). Estudos mostram que após alguns anos de cultivo, os teores totais de carbono no solo de pastagens são comparáveis aos de florestas (CERRI et al., 1991; CERRI, 2003; SILVA, 2004), o que influencia também a dinâmica da biomassa microbiana. Este fato deve-se a grande quantidade de raízes presentes no sistema pastagem, que possibilita, a longo prazo, um aumento no teor de MOS e de substratos prontamente disponíveis para os microorganismos (CARNEIRO et al., 2008). Maia (2009) concluiu que pastagens bem manejadas na região de MT e RO podem proporcionar um aumento no teor de C orgânico do solo, promovendo sequestro de C.

A variação dos índices eco-fisiológicos está apresentada na tabela 4. Os maiores valores da relação Cmic:Corg encontram-se nas pastagens (4,07), seguidas por áreas nativas (3,05) e agricultura (2,97). Jakelaitis et al. (2008) também reportaram a mesma sequência em seus estudos. Segundo Balota et al. (2008) solos que exibem valores altos e baixos da relação Cmic:Corg podem representar, respectivamente, acúmulo ou perda de C do solo. Esses valores estão de acordo com a porcentagem proposta por Jenkinson e Ladd (1981), que consideram normal que 1 a 4% do carbono total do solo corresponda ao componente microbiano. Essa relação é reportada como indicador da qualidade da MOS (WARDLE, 1994), pois permite acompanhar as perturbações promovidas pelo desequilíbrio ecológico e variações no total de MOS ocasionadas pelo manejo, reagindo com maior rapidez que os indicadores físico-químicos (ALVAREZ et al., 1995).

Tabela 4 - Índices eco-fisiológicos relacionados á mudança do uso da terra na região.

	Cmic:Corg					
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
AGR	2,98 a	6,26	0,58	135	1,47	49,51
NAT	3,05 b	10,41	0,10	140	1,97	64,65
PAST	4,07 a	7,53	1,42	165	1,35	33,14
	qCO2					
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	C.V. (%) ⁵
AGR	1,00 b	5,85	0,35	135	0,98	97,14
NAT	1,71 a	14,93	0,12	140	2,89	169,00
PAST	0,76 b	2,21	0,31	165	0,34	45,09

¹Max (máximo), ²Mín (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação).

Já o qCO_2 (razão entre biomassa microbiana e RB) possui uma dinâmica diferente, apresentando maior valor nas áreas nativas, seguidas por agricultura e pastagens. Xavier (2004), Santos et al. (2004) e Fialho et al. (2006) também encontraram valores maiores de qCO_2 em áreas nativas. Mader et al. (2002), avaliando agroecossistemas durante 21 anos, observaram uma alta correlação negativa entre o qCO_2 e a diversidade microbiana. Os baixos valores observados em pastagens e áreas agricultáveis (0,76 e 1,01 respectivamente) sugerem que estas áreas possuem biomassa microbiana mais eficiente na utilização da energia, caracterizando ambiente mais estáveis (CHAER, 2001) e que também possuem maior diversidade microbiana (MADER et al., 2002). Dinesh et al. (2003) atribui valores maiores de qCO_2 , como os encontrado no trabalho (1,71) para áreas nativas devido à grande quantidade de teor de C disponível para degradação dos microorganismos do solo.

A análise canônica referente apenas aos dados microbiológicos não mostra uma separação clara entre as áreas sob pastagem e áreas nativas, porém há separação destas com áreas agrícolas (Figura 22). Os principais atributos que permitem esta separação são RB (destaque em CV1) e C_{mic} (destaque em CV2).

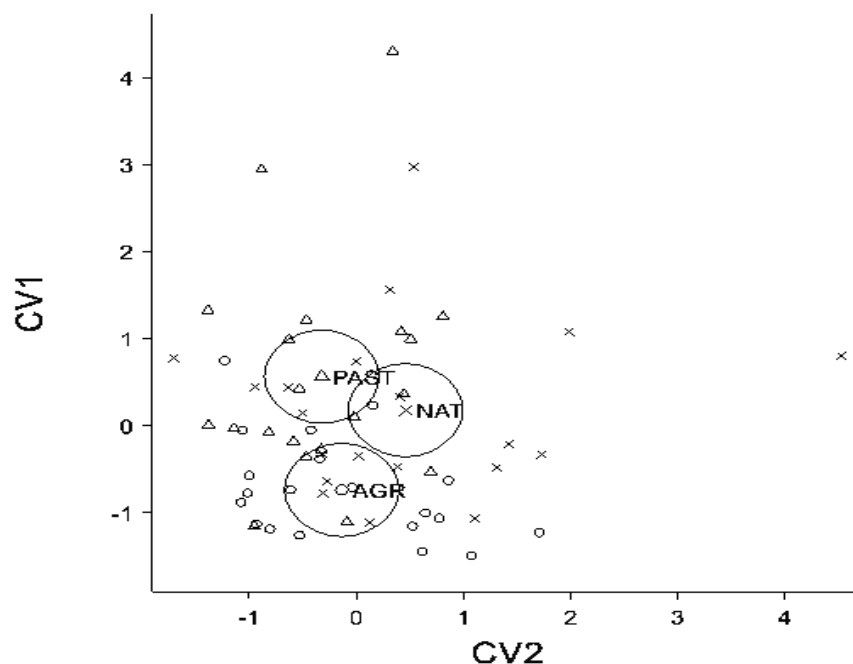


Figura 22 – Análise Canônica relacionada aos atributos microbiológicos. CV1 explica 72,84% da variabilidade, enquanto CV2 explica 27,16 %. (Δ) Pastagem; (\circ) Áreas Agrícolas; (\times) Áreas Nativas

Foi observada uma boa separação dos dados de acordo com a classificação de uso da terra utilizando a base de dados completa (Figura 23). A maior parte da variabilidade encontrada

(59,75%) é explicada pelo primeiro eixo canônico (CV1), que separa áreas nativas de pastagens e agricultura. A separação é confirmada pelas médias canônicas do primeiro eixo, sendo o de áreas nativas positivo (1,62), enquanto as médias de agricultura e pastagens são negativos (-0,71 e -0,91, respectivamente). A densidade do solo possui grande valor negativo relacionado ao CV1, sendo o principal fator para separação de áreas sob agricultura e pastagem de áreas nativas. Outros fatores de destaque relacionados a esta separação são Cmic e pH. O segundo eixo (CV2) explica 40,25%, separando pastagens e áreas nativas de agricultura, como demonstrado pelas médias negativas de pastagem (-1,10) e áreas nativas (-0,09) quando comparados com as médias positivas de agricultura (1,20). Assim como no CV1 o principal fator para CV2 é a densidade do solo, porém a RB também contribui com grande destaque para esta separação.

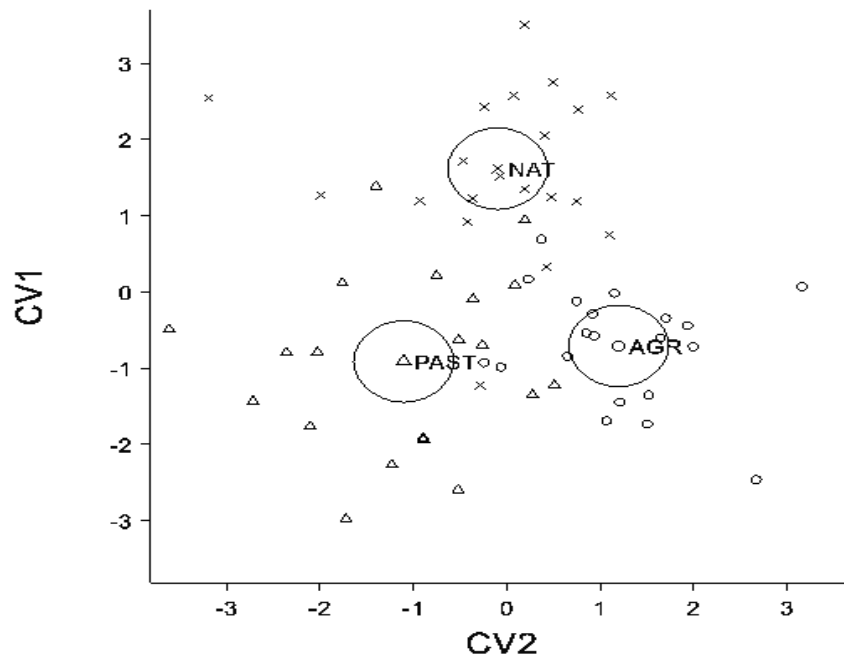


Figura 23 – Análise Canônica relacionada à base de dados do projeto Temático. CV1 explica 59,75% da variabilidade, enquanto CV2 explica 40,25 %. (Δ) Pastagem; (\circ) Áreas Agrícolas; (\times) Áreas Nativas

Os solos sob pastagem tiveram significativas respostas catabólicas aos grupos amina e carboidrato, e individualmente aos substratos ácido glutâmico, glutamina, glicose, manose, serina e ácido fumárico. Em contraste, solos sob vegetação nativa tiveram respostas significativas a ácido malônico, ácido málico e ácido succínico. Os solos sob agricultura não apresentaram respostas significativas a nenhum substrato analisado, porém, apresentam grandes respostas a aminoácidos como grupo, mas não diferente estatisticamente de solos sob pastagem. (Figura 24).

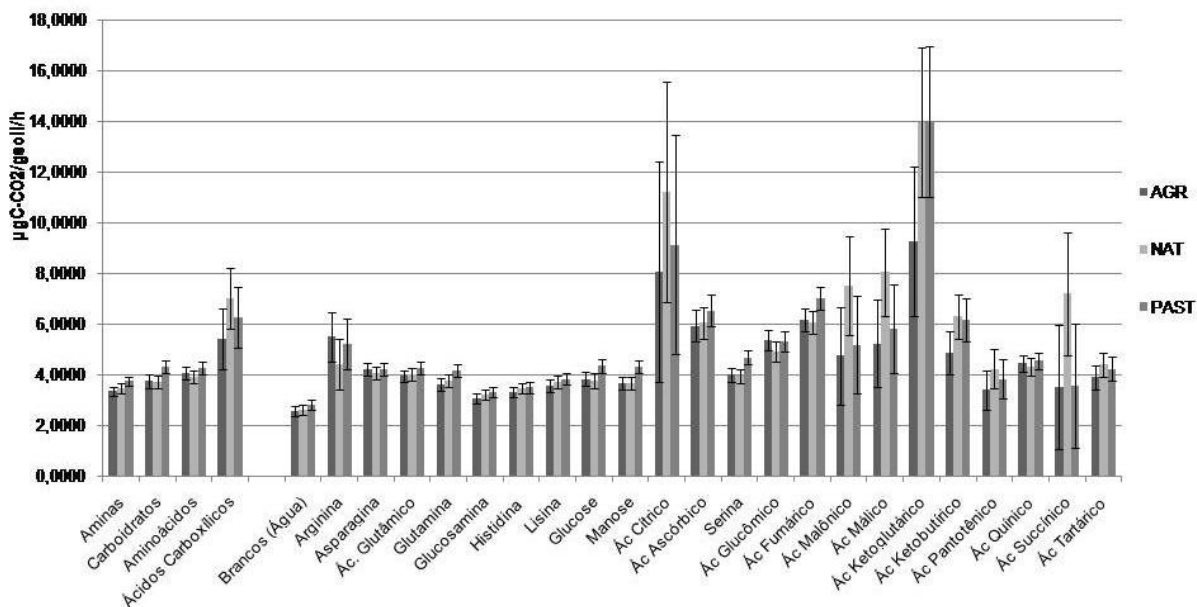


Figura 24– Perfil catabólico dos microorganismos. (AGR) áreas agrícolas, (NAT) áreas nativas, (PAST) áreas sob pastagem

A análise canônica demonstrou que os dados relacionados a RIS possuem um grande sucesso na diferenciação entre os três usos da terra analisados (Figura 25). O CV1 explica 67,5% da variabilidade observada, separando pastagens de áreas nativas e agricultura. As médias de áreas nativas e agricultura são negativas (-1,38 e -0,58, respectivamente) para CV1, enquanto a média de pastagem é positivo (1,96). Asparagina, histidina e ácido quínico, que possuem valores altamente negativos estão intimamente ligados a áreas nativas e agricultura, enquanto ácido glutâmico e glucosamina possuem grande representatividade em relação à pastagem. O CV2 explica 32,5% da variabilidade observada, separando áreas nativas de agricultura e pastagens. A média de áreas nativas para o segundo eixo é positivo (1,34), enquanto as de agricultura e pastagens são negativas (-1,02 e -0,32, respectivamente). Os principais substratos que proporcionaram esta separação são serina e ácido quínico, que possuem valores negativos (ligados a pastagem e agricultura) e ácido tartárico, sendo o substrato mais representativo relacionado a áreas nativas.

Resultados semelhantes na separação de áreas por uso de terra utilizando o perfil catabólico dos microorganismos também foi observado por Stevenson et al. (2004) em solos da Nova Zelândia. Neste estudo, o autor afirma a separação dos grupos em florestas nativas, florestas plantadas e pastagens. Assim como apontado por Stevenson et al. (2004), este perfil

catabólico observado sugere que, mesmo com uma grande variabilidade de condições (clima, tipo de solo, topografia, composição florística), as comunidades microbianas compartilham similaridades com usos da terra específicos.

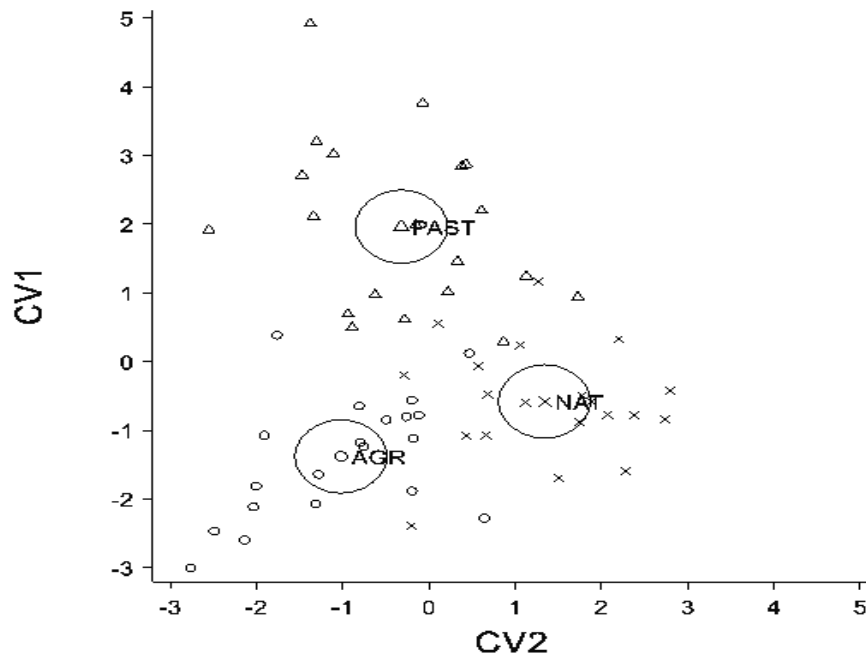


Figura 25 – Análise Canônica do perfil catabólico dos microorganismos. CV1 explica 67,50% da variabilidade, enquanto CV2 explica 32,50 %. (Δ) Pastagem; (\circ) Áreas Agrícolas; (\times) Áreas Nativas.

2.3.4 Mudança de uso de terra nas ecorregiões

As florestas geralmente estão estabelecidas em solos pobres em nutrientes e minerais, o que torna sua manutenção dependente dos ciclos biogeoquímicos. Os nutrientes ciclam então do meio biótico para o abiótico, em um equilíbrio dinâmico (SELLE, 2007). Com a remoção da floresta este ciclo é quebrado, o que provoca mudanças na dinâmica da MOS e biomassa microbiana. As diferentes ecorregiões analisadas apresentaram diferentes padrões no que se refere às análises microbiológicas. Os diferentes padrões de RB, Cmic e Nmic para cada ecorregião estão representados na tabela 5 e Figura 26.

Considerando as áreas nativas como linha de base, algumas regiões apresentaram aumentos ou diminuições dos atributos microbiológicos após a conversão para pastagem ou agricultura. As diferenças observadas entre as ecorregiões analisadas podem estar relacionadas a

tipo de solo, clima, pluviosidade e outros fatores intrínsecos que foram utilizados para caracterizar cada ecorregião.

Tabela 5 - Comportamento dos atributos microbiológicos nas ecorregiões analisadas

	Respiração Basal ($\mu\text{gCO}_2\cdot\text{g solo}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)						AGR ⁶	NAT ⁷	PAST ⁸
	n ¹	Média	Máx ²	Min ³	DP ⁴	CV ⁵			
Alto Xingú	60	0,48	0,48	0,28	0,13	27,57	0,41	0,51	0,53
Bacia do Paraná	35	0,35	0,60	0,26	0,08	23,39	0,32	0,44	0,29
Chapada dos Parecis	50	0,53	1,82	0,31	0,25	47,63	0,38	0,52	0,78
Depressão Araguaia	30	0,38	0,57	0,27	0,08	21,81	0,33	0,40	0,40
Depressão Cuiabá	10	0,51	0,64	0,34	0,11	22,36	0,43	0,48	-
Depressão Guaporé	15	0,42	0,82	0,33	0,12	28,76	0,38	0,38	0,50
Norte de Mato Grosso	20	0,48	0,75	0,29	0,14	29,92	0,37	0,49	0,53
Norte de Rondônia	40	0,50	0,82	0,32	0,13	25,14	0,55	0,46	0,49
Pantanal	10	0,40	0,49	0,30	0,06	14,83	0,24	0,44	-
Rondonia Central	30	0,36	0,56	0,07	0,10	26,50	0,35	0,41	0,31
Carbono da Biomassa microbiana ($\text{gC}\cdot\text{kg solo}^{-1}$)									
	n ¹	Média	Máx ²	Min ³	DP ⁴	CV ⁵	AGR ⁶	NAT ⁷	PAST ⁸
Alto Xingú	60	0,60	1,18	0,13	0,19	32,20	0,50	0,61	0,70
Bacia do Paraná	35	0,67	1,75	0,43	0,23	34,69	0,64	0,74	0,65
Chapada dos Parecis	50	0,42	1,02	0,04	0,32	75,15	0,21	0,44	0,71
Depressão Araguaia	30	0,65	0,84	0,44	0,12	18,25	0,65	0,68	0,61
Depressão Cuiabá	10	0,87	1,06	0,62	0,14	16,05	0,59	0,96	-
Depressão Guaporé	15	0,42	0,60	0,29	0,11	25,36	0,32	0,38	0,55
Norte de Mato Grosso	20	0,59	0,94	0,20	0,22	37,15	0,63	0,34	0,68
Norte de Rondônia	40	0,70	1,03	0,24	0,19	27,18	0,77	0,53	0,75
Pantanal	10	0,51	0,58	0,33	0,10	18,79	0,26	0,56	-
Rondonia Central	30	0,61	0,98	0,04	0,28	45,23	0,63	0,46	0,86
Nitrogênio da Biomassa microbiana ($\text{mgN}\cdot\text{kg solo}^{-1}$)									
	n ¹	Média	Máx ²	Min ³	DP ⁴	CV ⁵	AGR ⁶	NAT ⁷	PAST ⁸
Alto Xingú	60	27,14	82,27	1,77	22,82	84,06	24,89	27,19	29,93
Bacia do Paraná	35	28,21	84,76	0,83	26,65	94,47	13,32	48,25	47,71
Chapada dos Parecis	50	39,93	108,04	0,35	36,92	92,46	10,06	45,16	69,80
Depressão Araguaia	30	19,67	65,25	0,83	15,03	76,44	19,54	28,82	10,65
Depressão Cuiabá	10	38,55	49,88	27,31	9,50	24,65	36,66	35,39	-
Depressão Guaporé	15	17,98	45,98	0,12	18,01	100,17	9,29	6,62	38,04
Norte de Mato Grosso	20	32,87	68,44	3,07	26,57	80,81	9,10	12,48	54,95
Norte de Rondônia	40	35,96	93,74	4,96	25,01	69,53	26,64	44,33	33,16
Pantanal	10	14,49	26,95	1,30	8,59	59,24	4,88	19,06	-
Rondonia Central	30	39,71	99,29	1,30	31,43	79,15	20,40	67,04	42,96

¹n (número de observações), ²Max (máximo), ³Min (mínimo), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação), ⁶AGR (áreas agrícolas), ⁷NAT (áreas nativas), ⁸PAST (áreas sob pastagem)

Com base na Tabela 5 é possível verificar quais as ecorregiões possuem maior destaque em áreas agrícolas, pastagens e áreas nativas nos três atributos microbiológicos analisados. Por meio da análise destas informações foi construído um mapa (Figura 29) em que estão destacadas as ecorregiões onde os atributos analisados possuem maior significância nas áreas nativas (verde), pastagens (amarelo) e áreas agrícolas (azul).

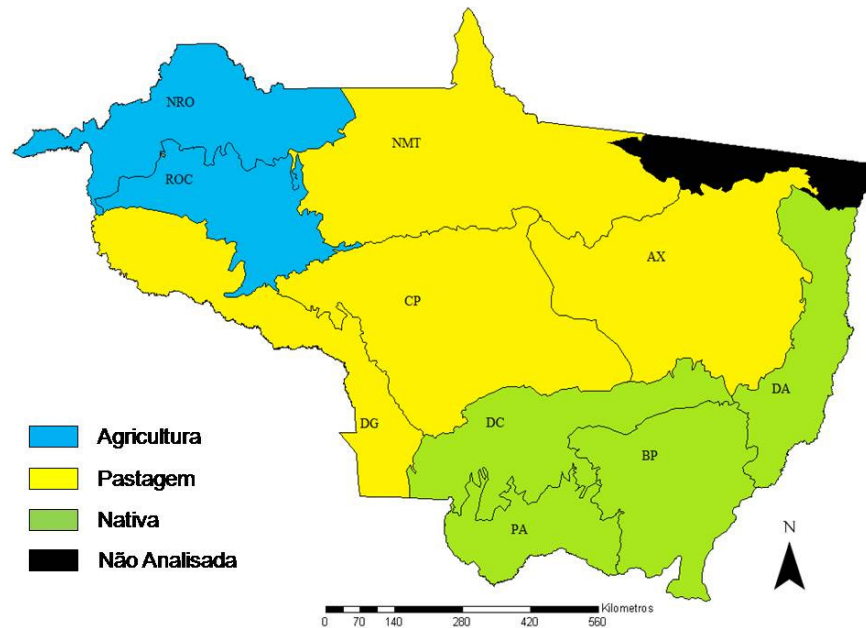


Figura 26– Mapa ressaltando atributos microbiológicos em cada ecorregião, de acordo com o uso de terra; (AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (DA) Depressão Araguaia; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (DG) Depressão Guaporé; (NMT) Norte do Mato Grosso; (NRO) Norte de Rondônia; (PA) Pantanal; (ROC) Rondônia Central.

Algumas ecorregiões apresentaram destaques nas áreas nativas, com valores significativos nos três atributos microbiológicos, como Bacia do Paraná, Depressão Araguaia e Pantanal. Outras ecorregiões que possuem destaque nas áreas nativas são: Depressão Cuiabá-Paranatinga (Cmic e RB), Norte de Rondônia (Nmic) e Rondônia Central (RB, Nmic).

As ecorregiões de Depressão Cuiabá-Paranatinga e Pantanal possuem como área nativa o Cerrado, comparado neste caso com PC e pastagens típicas. Carneiro et al. (2008) destaca a redução do Cmic e RB em áreas sob PC quando comparadas ao Cerrado. Nas ecorregiões Norte de Rondônia e Rondônia Central a Floresta é caracterizada como a área nativa presente, com grande destaque para o Nmic. Destacam-se nas ecorregiões de Bacia do Paraná e Depressão

Araguaia a presença de pastagens recentes (2 a 5 anos de estabelecimento), assim como áreas agricultáveis onde o PD foi iniciado recentemente (3 a 7 anos).

A análise das diferenças observadas devido às conversões do uso de terra está separada em subitens, de acordo com o destaque para as ecorregiões.

2.3.4.1 Ecorregiões: Pastagem

Levando em consideração os três atributos microbiológicos analisados nesta pesquisa, observa-se que quatro ecorregiões apresentam perfis semelhantes, com destaque para as áreas de pastagens. As ecorregiões Chapada dos Parecis, Norte de Mato Grosso e Depressão Guaporé têm em comum, principalmente, a presença de pastagens classificadas como degradadas. A ecorregião Alto Xingú foi considerada a mais representativa, sendo estudada separadamente.

Os altos níveis observados em solos sob pastagens em relação a áreas nativas devem-se, principalmente, ao fato de que a maioria das pastagens analisadas nestas ecorregiões são antigas, entre 10 e 25 anos de estabelecimento. Luizão et al. (1999) estudou pastagens de 2 a 13 anos na região Amazônica, e afirma que a biomassa microbiana e a RB na camada superficial (0-5 cm) do solo aumentam até os 5 anos após o estabelecimento da pastagem. Após este período ocorre um declínio progressivo, até o oitavo ano. Porém, de Vries et al. (2007) demonstra uma correlação positiva entre biomassa (fúngica e bacteriana) e idade de pastagens.

A biomassa de raízes finas (LUIZÃO et al., 1999) é um fator que pode influenciar a resposta dos atributos microbiológicos no sistema pastagem, possuindo correlação positiva com a biomassa microbiana e com o teor de água no solo. A alta RB que é observada em pastagens degradadas pode estar relacionada à diversidade de plantas invasoras, que possuem sistemas radiculares diversificados, promovendo maior aeração e oxigenação do solo (GRIMALDI et al., 1992), além de aumentar a entrada de nutrientes por meio da liteira e exudatos produzidos por diferentes espécies vegetais. O maior teor de Nmic presente em pastagens degradadas pode indicar, indiretamente, uma mudança nos grupos taxonômicos que compõe a biomassa microbiana (VENZKE FILHO, 1999). Devido às diferentes condições físicas, químicas e nutricionais do solo, pode ter ocorrido o favorecimento a organismos nitrificantes.

Outros fatores que podem favorecer o desenvolvimento da biomassa microbiana em pastagens é a pressão de pastejo, que resulta em um aumento no Cmic e Nmic (WANG et al., 2006) e a excreta do gado, que age como fertilizante natural e, conseqüentemente, provoca

reações na dinâmica dos microorganismos presentes no solo, como apontado por Saviozzi et al. (2001) e Iyyemperumal et al. (2007). A biomassa microbiana caracteriza-se por ser um índice sensível às alterações na forma de carbono orgânico do solo em funções da mudança de manejo e uso do solo. Após a alteração ser introduzida, a biomassa microbiana passa por flutuações até atingir um novo equilíbrio (POLWSON et al., 1987).

2.3.4.2 Ecorregiões: Áreas agrícolas

As áreas agrícolas possuem valores de destaque na ecorregião de Norte de Rondônia (RB e Cmic). O pequeno destaque para regiões agrícolas em relação a áreas nativas também é reportado por Mercante et al. (2000), Oliveira (2000), Mendes (2002) e Carmo et al. (2007). Matsuoka et al. (2003) observou o mesmo comportamento na região de Mato Grosso, comparando o Cerradão com áreas agricultáveis. Segundo Rosa (2003), além do tamanho da biomassa microbiana, o índice de RB em áreas agricultáveis é influenciado por condições de temperatura interna, umidade e aeração. Estes fatores, somados ao maior aporte de nutrientes e substratos presentes em áreas nativas e pastagens contribuem para a ocorrência de valores maiores relacionados aos fatores microbianos (RB, Cmic, Nmic, Cmic: Corg, qCO₂) nestas áreas.

A ecorregião de Rondônia Central também possui destaque para a agricultura, porém, a variação presente nesta ecorregião é grande. Entre os fatores que colaboram para a variabilidade dos atributos microbiológicos observada é a presença de áreas sob agricultura perene, pastagens degradadas e floresta (área nativa). De acordo com as análises realizadas anteriormente, florestas e pastagens degradadas possuem respostas significativas aos índices microbiológicos, assim como áreas sob cultura perene, sendo difícil criar um padrão para esta ecorregião em específico. Devido à significativa resposta das áreas sob agricultura perene nas duas ecorregiões ao norte da região analisada, consideram-se Norte de Rondônia e Rondônia Central como destaques nas áreas agrícolas.

2.3.4.3 Estudo de Caso: Ecorregião Alto Xingú

Para exemplificar a dinâmica dos atributos microbiológicos dentro das ecorregiões, foi realizado um estudo de caso na ecorregião Alto Xingú. Esta ecorregião foi escolhida por possuir

grande representatividade na mudança de uso da terra no Sudoeste Amazônico. Alto Xingú é caracterizada pela pecuária no município de São José do Xingú e pela presença da agricultura no município de Sorriso. O solo de ambos os municípios foi classificado como Latossolo com diferença textural, sendo em média 55% argila + silte em Sorriso e 12% em São José do Xingu (BELIZARIO, 2008).

Em relação ao C_{mic} , áreas sob agricultura ($0.50 \text{ gC.kg solo}^{-1}$) apresentaram os menores valores, sendo estatisticamente diferentes de áreas sob áreas nativas ($0.61 \text{ gC.kg solo}^{-1}$) e pastagens ($0.70 \text{ gC.kg solo}^{-1}$), que não apresentam diferença estatísticas. O mesmo comportamento também é notado em relação ao N_{mic} , sendo encontrado os maiores valores em áreas de pastagem ($29.93 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$), seguidas por áreas nativas ($27.19 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$) e agricultura ($24.89 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$), porém não há diferença estatística entre os usos de terra. Os valores de RB para áreas agrícolas foi o menor $0.41 \text{ (}\mu\text{gCO}_2\text{.gsolo}^{-1}\text{.h}^{-1}\text{)}$, estatisticamente diferente de áreas nativas ($0.51 \text{ }\mu\text{gCO}_2\text{.gsolo}^{-1}\text{.h}^{-1}$) e pastagens ($0.53 \text{ }\mu\text{gCO}_2\text{.gsolo}^{-1}\text{.h}^{-1}$).

Os estudos realizados em áreas agrícolas nesta ecorregião, especificamente no município de Sorriso, ressalta a diferença entre os atributos microbiológicos entre os sistemas de plantio convencional (PC) e plantio direto (PD). O C_{mic} apresentou os maiores valores em PD ($0,55 \text{ gC.kg solo}^{-1}$), estatisticamente diferente do valor encontrado em PC ($0,34 \text{ gC.kg solo}^{-1}$). O N_{mic} e RB dos microorganismos não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, ainda com o maior valor encontrado em PD ($38,49 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$ e $0,42 \text{ }\mu\text{gCO}_2\text{.gsolo}^{-1}\text{.h}^{-1}$, respectivamente) e o menor em PC ($13,85 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$ e $0,39 \text{ }\mu\text{gCO}_2\text{.gsolo}^{-1}\text{.h}^{-1}$, respectivamente) (Figuras 27, 28 e 29, respectivamente).

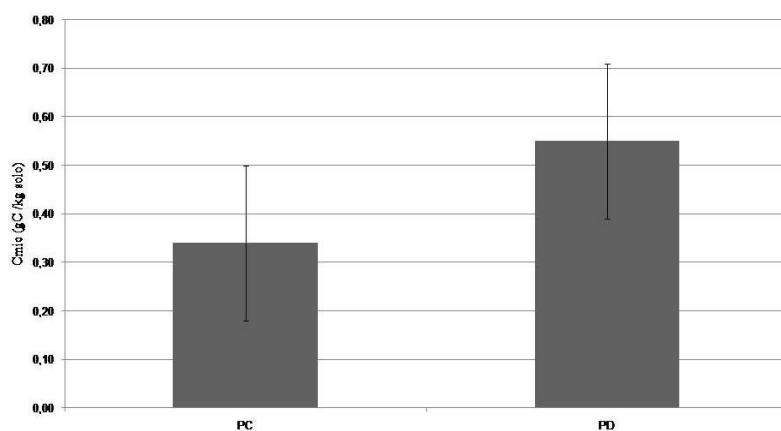


Figura 27 – Dados de C_{mic} para a ecorregião Alto Xingú, relacionado a áreas agrícolas. (DMS) Distância mínima significativa; (PC) áreas sob plantio convencional; (PD) áreas sob plantio direto

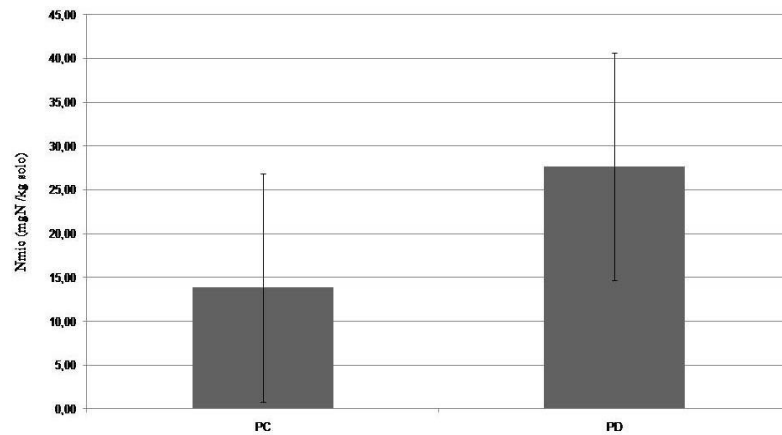


Figura 28– Dados de Nmic para a ecorregião Alto Xingú, relacionado a áreas agrícolas. (DMS) Distância mínima significativa; (PC) áreas sob plantio convencional; (PD) áreas sob plantio direto

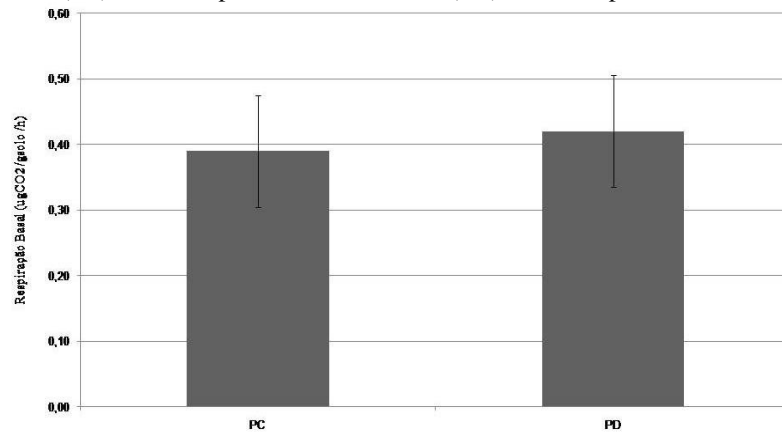


Figura 29 – Dados de RB a ecorregião Alto Xingú, relacionado a áreas agrícolas. (DMS) Distância mínima significativa; (PC) áreas sob plantio convencional; (PD) áreas sob plantio direto

Alvarez et al. (1995); Balota et al. (1998); Mendes et al. (1999) e Vargas e Scholles (2000), avaliando a produção de C-CO₂ sob diferentes sistemas de manejo, observaram que, nos sistemas de PC, a liberação de C-CO₂ tende a ser uniforme na profundidade de 0-20 cm. Em sistemas de PD e com preparo reduzido do solo, os maiores níveis de liberação de C-CO₂ ocorrem na camada superficial (0-5 cm).

Balota et al. (1998), Vargas e Scholles (2000), Fialho et al. (2006) e Cookson (2008) também relatam baixos teores de Cmic e RB em sistemas de PC, comparado com PD. Franchini et al. (2007), trabalhando com solos tropicais (região sul do Brasil), também reportaram maior teor de Cmic e RB em solos sob PD, independente da rotação de culturas. Cookson (2008) encontrou uma maior relação fungos:bactérias em solos sob PD, sendo a discussão sob a

importância das hifas fúngicas já abordada anteriormente. Solos sob PD não só possuem mais substratos prontamente disponíveis como também são mais úmidos, frescos e possuem menor flutuação em conteúdo de água e temperatura do que solos sob PC (DORAN, 1980). Solos superficiais (0-5 cm) sob PD possuem mais material leve (DING et al., 2002) e matéria orgânica particulada (MOTTA et al., 2001).

Estas condições estimulam o crescimento e atividade dos microorganismos do solo. Além disso, estas características indicam que a composição química e estrutural da MOS é diferente entre os dois sistemas (VARGAS; SCHOLLES 2000; DING et al., 2002). Outro fator que pode colaborar com os maiores teores de biomassa microbiana e respiração em PD é o aumento do estoque de C orgânico no solo causado por esta prática. Maia (2009), utilizando as mesmas áreas de estudo deste trabalho, indica um grande potencial das áreas sob PD sofrerem um aumento no teor de C orgânico do solo devido à prática de não revolvimento do solo.

Em relação às áreas sob pastagem, Cmic e RB apresentam seus maiores valores em pastagens melhoradas, seguidas por pastagens degradadas e típicas. Para Cmic, os valores relacionados a pastagens são 0,84; 0,60; e 0,53 gC.kg solo⁻¹, sem ser observada diferença estatística entre pastagens degradadas e típicas. A RB dos microorganismos também não apresenta diferenças estatísticas entre pastagens degradadas e típicas, com os valores de 0,61; 0,42; e 0,46 ugCO₂.g solo⁻¹.h⁻¹, respectivamente. Apenas os valores de Nmic não apresentaram diferenças estatísticas relacionadas à pastagem. Os maiores valores se encontram em pastagens melhoradas (41,54 mgN.kg solo⁻¹), seguidas por pastagens degradadas (23,36 mgN.kg solo⁻¹) e pastagens típicas (13,29 mgN.kg solo⁻¹) (Figuras 30, 31 e 32, respectivamente).

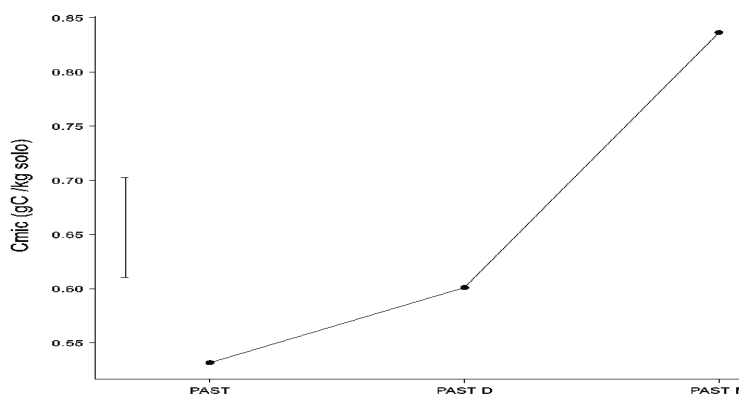


Figura 30 – Dados de Cmic para a ecorregião Alto Xingú, relacionada a pastagens. (DMS) Distância mínima significativa; (PAST) pastagens típicas; (PAST D) pastagens degradadas; (PAST M) pastagens melhoradas

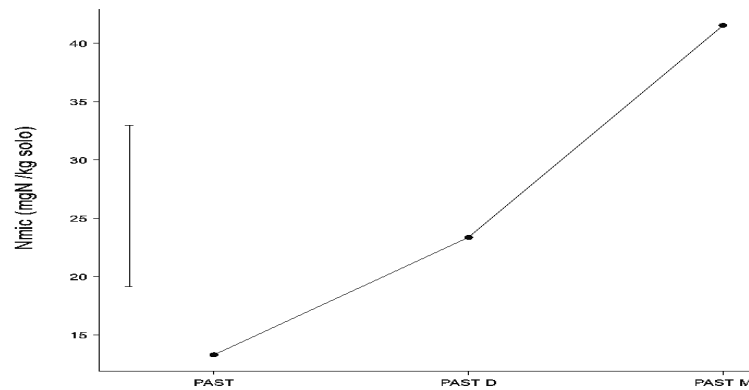


Figura 31 – Dados de Nmic para a ecorregião Alto Xingú, relacionada a pastagens. (DMS) Distância mínima significativa; (PAST) pastagens típicas; (PAST D) pastagens degradadas; (PAST M) pastagens melhoradas

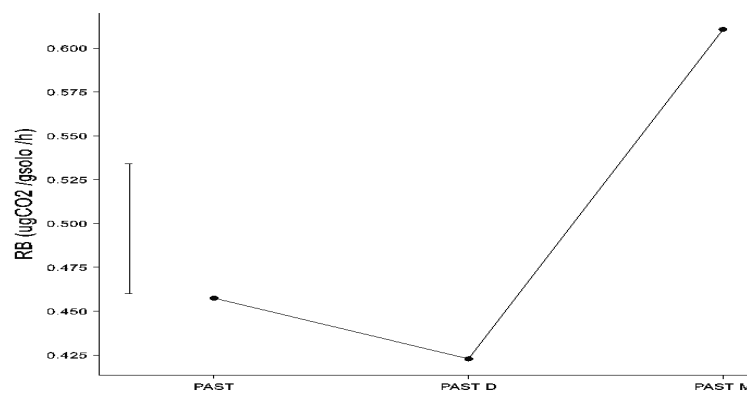


Figura 32 – Dados de RB para a ecorregião Alto Xingú, relacionada a pastagens. (DMS) Distância mínima significativa; (PAST) pastagens típicas; (PAST D) pastagens degradadas; (PAST M) pastagens melhoradas

Os maiores valores encontrados em pastagens melhoradas podem estar relacionados à aplicação de fertilizantes e calagem que foi realizada na área amostrada. Hatch et al., (2000) demonstraram aumentos na respiração basal em solos submetidos à aplicação de fertilizantes, porém, não reportaram aumentos na biomassa microbiana total, diferentemente do observado neste estudo.

O fertilizante pode desencadear um processo de “priming effect” no solo, promovendo o aumento na taxa de biomassa ativa (microorganismos r-estrategistas), que após a exaustão do substrato morrem ou tornam-se dormentes, devido a sua incapacidade de mineralizar a MOS. Em contraste, a biomassa de crescimento mais lento (microorganismos k-estrategistas) mantém-se ativa e aumenta sua população devido às frações não-degradadas pelos organismos r-estrategistas

e também pelos substratos fornecidos por estes após a lise celular (Fontaine et al., 2003). Os mecanismos de priming effect ainda não estão totalmente elucidados, porém, a competição entre microorganismos r e k-estrategistas pode ajudar a elucidar a dinâmica observada nas pastagens deste estudo.

Em relação à aplicação de calagem, o aumento no pH causado pela aplicação pode ter impacto na composição da biomassa microbiana, como já salientado no item 2.3.3.2. A elevação no pH estimula a atividade das bactérias nitrificantes, responsáveis, junto com os fertilizantes nitrogenados pela reacidificação do solo, principalmente nas camadas mais superficiais (Giracca, 2005).

As diferenças entre as áreas nativas são diferentes das gerais, quando analisada apenas esta ecorregião. O Cerradão apresenta maiores valores de C_{mic} ($0,69 \text{ gC.kg solo}^{-1}$), seguido por Cerrado ($0,64 \text{ gC.kg solo}^{-1}$) e Floresta ($0,50 \text{ gC.kg solo}^{-1}$). O N_{mic} apresenta o valor de $46,2 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$ para Cerrado, $30,50 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$ e $4,80 \text{ mgN.kg solo}^{-1}$ para Floresta. A RB dos microorganismos apresenta comportamento diferente, sendo maior em Florestas ($0,63 \text{ ugCO}_2.\text{gsolo}^{-1}.\text{h}^{-1}$), seguida por Cerradão ($0,45 \text{ ugCO}_2.\text{gsolo}^{-1}.\text{h}^{-1}$) e Cerrado ($0,45 \text{ ugCO}_2.\text{gsolo}^{-1}.\text{h}^{-1}$) (Figuras 33, 34 e 35 respectivamente).

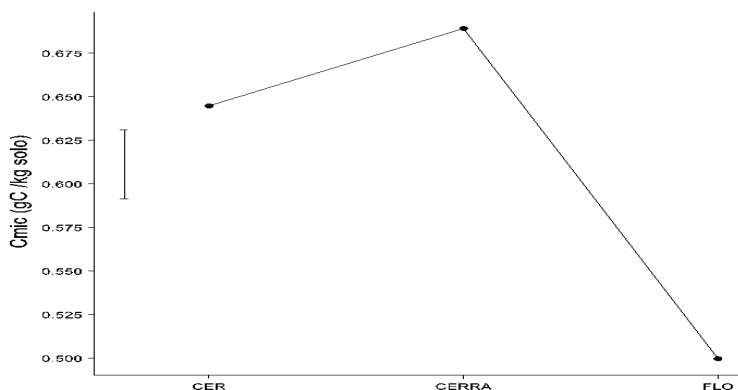


Figura 33 – Dados de C_{mic} para a ecorregião Alto Xingú, relacionada a áreas nativas. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

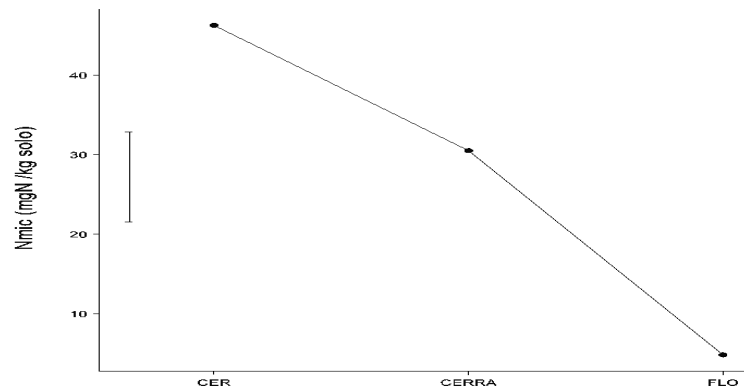


Figura 34 – Dados de Nmic para a ecorregião Alto Xingú, áreas nativas. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

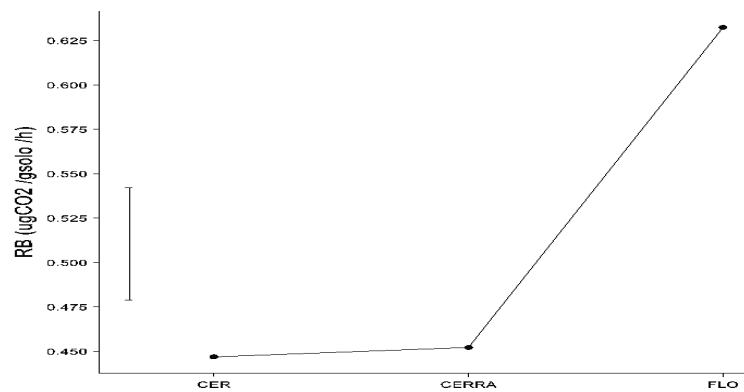


Figura 35 – Dados de RB para a ecorregião Alto Xingú, relacionada áreas nativas. (DMS) Distância mínima significativa; (CER) áreas de Cerrado; (CERRA) Cerradão; (FLO) áreas de Floresta

Foi realizada a análise variável canônica para a ecorregião Alto Xingú, em princípio, utilizando apenas os atributos microbiológicos estudados nesta pesquisa. A separação observada não é clara, sendo apenas possível utilizando o primeiro eixo canônico, que separa áreas agrícolas de áreas nativas e pastagem. Esta separação é confirmada pelas médias canônicas em CV1, com destaque para Cmic (Figura 36).

Utilizando a base de dados do projeto temático completa, foi observada uma clara separação entre os usos de terra nesta ecorregião (Figura 37). O CV1 explica 59,33% da variabilidade encontrada no banco de dados, separando áreas agrícolas (score positivo; 2,33) de áreas sob pastagem e áreas nativas (scores negativos; -0,61 e -3,07 respectivamente). Para este eixo canônico, as principais variáveis que permitem a separação são Densidade, RB, C% e Cmic, todos com valores negativos. O CV2 explica 40,67% da variabilidade, separando pastagens

(score positivo; 2,50) de áreas nativas e agricultura (scores negativos; -1,82 e -0,91 respectivamente). No segundo eixo, as principais variáveis são densidade do solo e C%, com valores positivos e RB com valor negativo.

Em relação a RIS, a análise canônica também permite uma separação nítida entre os 3 usos de terra com base no perfil catabólico dos microorganismos (Figura 38). O CV1 explica 66,5% da variabilidade, separando áreas nativas (score negativo; -7,87) de áreas sob agricultura e pastagem (scores positivos; 4,33 e 0,49 respectivamente). Os principais substratos envolvidos neste eixo são: ácido succínico e ácido malônico, com valores negativos. Ácido quínico e glicose, com valores positivos também contribuem para a separação observada. O CV2 explica os 33,5% restantes da variabilidade, separando áreas sob pastagem (score positivo; 4,84) de áreas nativas e agrícolas (scores negativos; -2,04 e -2,65 respectivamente). Entre os principais substratos neste eixo, destacam-se asparagina e ácido tartárico, com valores negativos, enquanto lisina e ácido pantotênico possuem valores positivos.

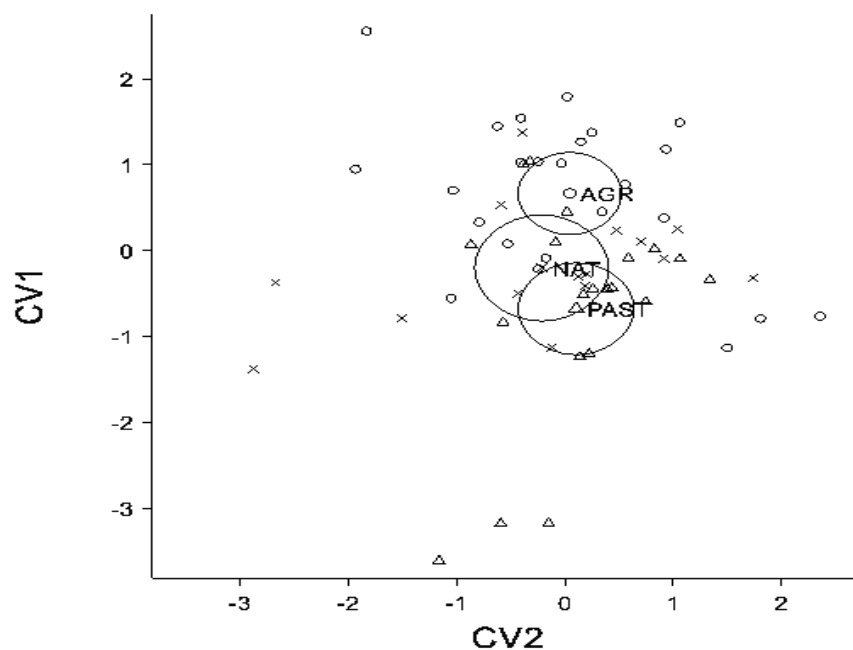


Figura 36 – Análise Canônica dos dados microbiológicos da Ecorregião Alto Xingú. CV1 explica % da variabilidade, enquanto CV2 explica %. (Δ) Pastagem; (○) Áreas Agrícolas; (x) Áreas Nativas

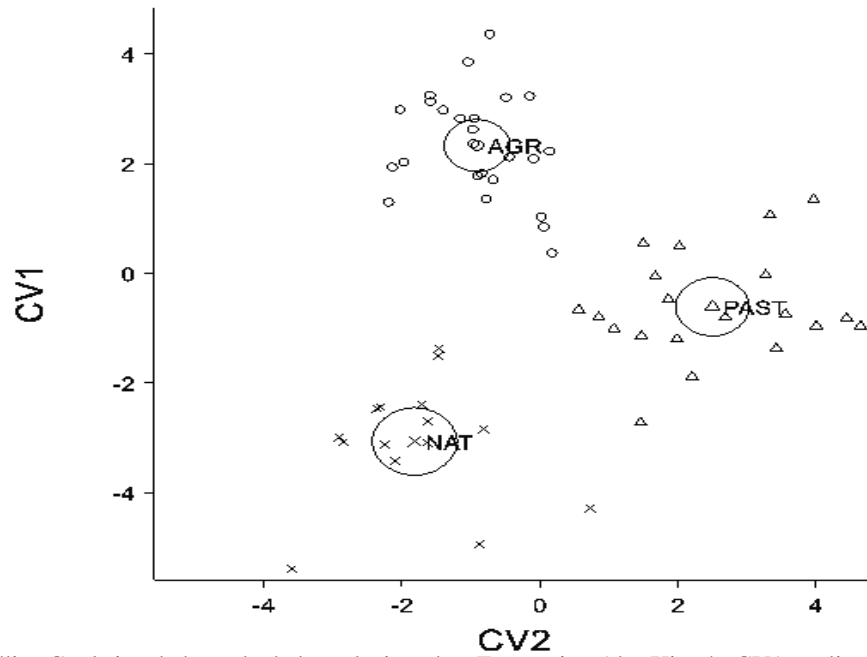


Figura 37 – Análise Canônica da base de dados relacionada a Ecorregião Alto Xingú. CV1 explica 59,33% da variabilidade, enquanto CV2 explica 40,67%. (Δ) Pastagem; (\circ) Áreas Agrícolas; (\times) Áreas Nativas.

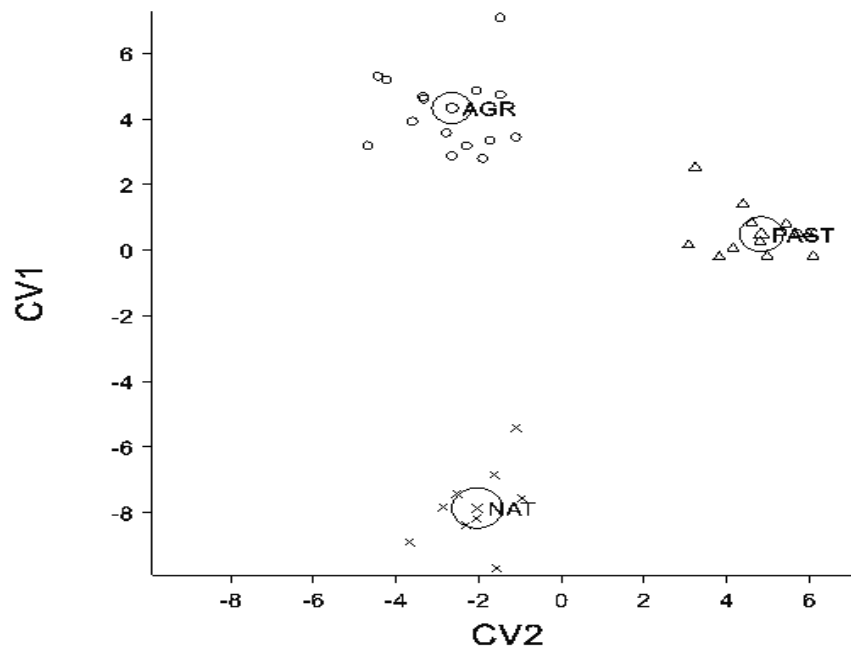
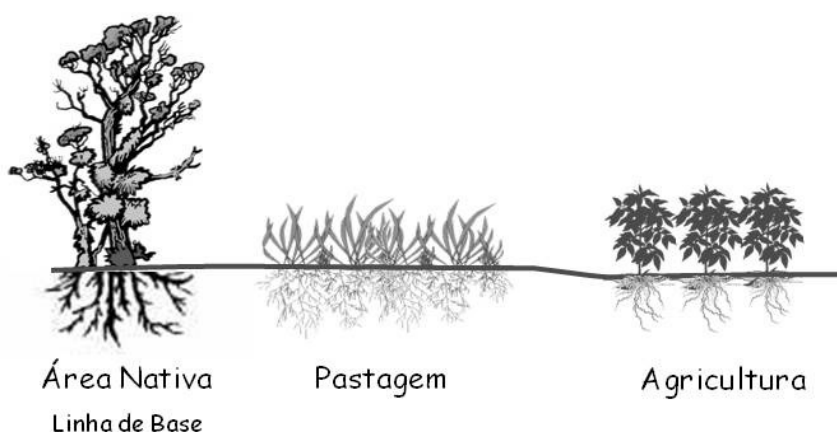


Figura 38 – Análise Canônica do perfil catabólico dos microorganismos na ecorregião Alto Xingú. CV1 explica 66,5% da variabilidade, enquanto CV2 explica 33,5%. (Δ) Pastagem; (\circ) Áreas Agrícolas; (\times) Áreas Nativas

2.4 Considerações Finais

A presente pesquisa apresentou a dinâmica dos atributos microbiológicos nos estados de Mato Grosso e Rondônia sob diferentes usos de terra, considerando áreas nativas, áreas sob pastagens e agricultura. Os dados foram complementados utilizando a base de dados do projeto Temático FAPESP ao qual este trabalho está vinculado, para melhor apresentar as análises multivariadas e analisar o peso de cada componente avaliado na separação das áreas.

Os resultados obtidos reforçam a recomendação da utilização dos atributos microbiológicos como indicadores de mudança de uso da terra, aliados a fatores químicos e físicos. A Figura 39 apresenta um quadro-resumo de todas as variáveis analisadas neste trabalho nos usos de terra considerados.



pH	5,45	6,04	↑	6,06	↑
Densidade	1,13	1,37	↑	1,17	↑
C%	19,78	18,40	↓	19,86	↑
Estoque C	10,58	12,23	↑	11,26	↑
Cmic	0,55	0,69	↑	0,53	↓
Nmic	37,89	37,16	↓	17,85	↓
RB	0,46	0,50	↑	0,37	↓
qCO ₂	1,71	0,76	↓	1,00	↓
Cmic:Corg	3,05	4,07	↑	2,98	↓

Figura 39 – Quadro resumo das principais variáveis analisadas, indicando pelas setas a tendência das áreas de pastagem e agricultura em relação ao sistema nativo (aumento ou diminuição).

Apesar de não muito utilizada, a análise de variável canônica teve aplicação essencial neste trabalho, evidenciando os principais atributos para a separação de usos de terra e ecorregiões analisadas, sendo uma técnica multivariada simples e de fácil aplicação, com resultados práticos.

A análise das ecorregiões mostrou haver diferenciação geográfica na relevância dos atributos microbiológicos analisados. O fator determinante para a estratificação observada é a concentração de culturas perenes na região noroeste, pastagens degradadas na região central e áreas nativas (principalmente Cerrado) na região sudeste. A variação dos atributos microbiológicos em cada uma das áreas analisadas pode ser regida por diferentes fatores nas diferentes ecorregiões, sendo necessário um estudo mais aprofundado para se determinar quais fatores influenciam os atributos microbiológicos, como realizado no estudo de caso na ecorregião Alto Xingú.

A aplicação da técnica da respiração induzida por substratos mostrou-se eficiente na separação dos usos da terra e ecorregiões, confirmando a hipótese inicial. A composição da comunidade microbiana mostrou, por meio dessa análise, uma estreita relação com a cobertura vegetal, independente do fator climático ou tipo de solo.

REFERÊNCIAS

- AJWA, H.A.; DELL, C.J.; RICE, C.W. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 769–777, 1999.
- ALVAREZ, R. et al. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from tree tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 17-28, 1995.
- ANANYEVA, N.D.; SUSYAN, E.A.; CHERNOVA, O.V.; WIRTH, S. Microbial respiration activities of soil from different climatic regions of European Russia. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 44, p. 147-157, 2008.
- ANDERSON, T.H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 98, p. 285-293, 2003.
- AROCENA, J.M., OPIO, C., Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 113, p. 1–16, 2003.
- ASSIS JÚNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e áreas devastadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 35-41, 2003.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.641-649, 1998.
- BANDICK, A.K., DICK, R.P. Field management effects on soil enzymes activities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p. 1471-1479, 1999.
- BARROS, N.; GALLEGO, M.; FEIJÓO, S. Sensitivity of calorimetric indicators of soil microbial activity. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 458, p. 18-22, 2007.
- BEARE, M.H.; COLEMAN, D.C.; CROSSLEY Jr, D.A.; HENDRIX, P.F.; ODUM, E.P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.170, p. 5-22, 1995.
- BELIZARI, M. H.; **Mudanças no estoque de carbono do solo devido ao uso agrícola da terra no Sudoeste da Amazônia**. 2008. 94 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- BENDING G.D.; TURNER M.K.; RAYNS F.; MARX M.C.; WOOD M. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, p. 1785–1792, 2004.

BERRY, E.C. Earthworms and other fauna in the soil. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A., (Ed.) **Soil biology effects on soil quality**. Boca Raton, CRC Press, 1994. p. 61-83.

BOLTON, H. JR.; FREDRICKSON, J.K.; ELLIOTT, L.F. 1992. Microbial ecology of the rhizosphere. In: METTING, F.B. (Ed.), **Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management**, New York: Marcel Dekker, 1992. pp. 27-63.

BOPAIAH, B.M., SHETTI, H.S. Soil microflora and biological activities in the rhizospheres and root regions of coconut-based multistoreyed cropping and coconut monocropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.17, p. 297-302, 1991.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Agropecuária. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 20 maio 2009.

BROOKES, P. The soil microbial biomass: Concept, Measurement and Applications in soil ecosystem research. **Microbes and Environment**, Amsterdam, v. 16, p. 131-140, 2001.

CAMPBELL, C.D.; CAMERON, C.M.; BASTIAS, B.A.; CHEN, C.; CAIRNEY, J.W.G. Long term repeated burning in a wet sclerophly forest reduces fungal and bacterial biomass and responses to carbon substrates. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 2246-2252, 2008.

CARMO, J.B.; PICCOLO, M.C.; ANDRADE, C.A.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; NETO, E.S.; CERRI, C.C. Short terms chances in nitrogen availability, gas fluxes (CO₂, NO, NO₂) and microbial biomass after tillage during pasture re-establishment in Rondônia, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 96, p. 250-259, 2007.

CARNEIRO, M.C.; ASSIS, P.C.R.; MELO, L.B.C.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SILVEIRA NETO, A.N. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 276-283, p. 2008.

CARPANEZZI, A.A. 1980. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de Eucalyptus no interior do Estado de São Paulo**. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

CERRI, C.C.; EDUARDO, B.P.; PICCOLO, M.C. Use of stable isotopes in soil organic matter studies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF STABLE ISOTOPES IN PLANT NUTRITION, SOIL FERTILITY AND ENVIRONMENTAL STUDIES, 1990. Vienna, **Proceeding...**Vienna: International Atomic Energy Agency, 1991. p. 247-259.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K ; JENKINSON, D. S. BERNOUX,,M. VICTORIA, R., CERRI, C. C. Modeling Soil Carbon from Forest and Pasture Ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p.1879-1887, 2003.

CHAER, G. M. **Modelos para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e biológicos**. 2001. 89 p. Tese (Mestrado em Microbiologia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

COOKSON, W.R., MURPHY, D.V., ROPER, M.M. Characterizing the relationships between soil organic matter components and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 763-777, 2008.

COÛTEAUX, M.M., BOTTNER, P., BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Tree**, Amsterdam, v. 10, p. 63-66, 1995.

COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, London, v. 408, p. 184-187, 2000.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. In: nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, Berlim, v. 68, p. 446 –472, 1986.

CUEVAS, E. Soil versus biological controls on nutrient cycling in Terra Firme forests. In: MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L.; RICHEY, J.E. (Ed.) **The Biogeochemistry of the Amazon basin**, New York: Oxford University Press, 2001. p.53-67.

DE VRIES, S.T.; BLOEM, J.; EEKEREN, N.; BRUSAARD, L.; HOFFLAND, E. Fungal biomass in pastures increase with age and reduced N input. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.39, p. 1620-1630, 2007.

DEGENS, B. P.; HARRIS J.A. Development of a physiological approach to measuring the catabolic diversity of soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 1309-1320, 1997.

DEGENS, B. P.; HARRIS J.A. Development of a physiological approach to measuring the catabolic diversity of soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 1309-1320, 1997.

DEGENS, B. P.; SCHIPPER, L. A.; SPARLING, G. P.; DUNCAN, L. C. Is the microbial community in a soil with reduced catabolic diversity less resistant to stress or disturbance? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, p. 1143-1153, 2001.

DEGENS, B.P., SCHIPPERS, L.A., SPARLING, G.P., VOJVODIC–VUKOVIC, M. Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 189–196, 2000.

DEMATTE, J.L.I. Solos. In: SALATI, E.; ABSY, M.L.; VICTORIA, R.L. (Ed.). **Amazônia: um ecossistema em transformação**. Manaus: INPA, 2000. cap. 6 p. 119-162.

DINESH, R.; GHOSHAL CHAUDHURI, S.; GANESHAMURTHY, A.N.; DEY, C. Changes in soil microbial indices and their relationships following deforestation and cultivation in wet tropical forests. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 24, p. 17–26, 2003.

DING, G.; NOVAK, J.M.; AMARASIRIWARDENA, D.; HUNT, P.G.; XING, B. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, p. 421–429, 2002.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 765-771, 1980.

DORNBUSH, M.E. Grasses, litter and their interaction affect microbial biomass and soil enzyme activity. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 2241-2249. 2007.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 2006. 412 p.

FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Berlin, v. 108, p.147-166, 1998

FEIGL, B.J., SPARLING, G.P., ROSS, D.J., CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soil: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1467-1472, 1995.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JÚNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas de vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi – CE. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, p. 250-257, 2006.

FONTAINE, S., MARIOTTI, A., ABBADIE, A.. The priming effect of organic matter: a question of microbial competition? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.35, p. 837-843, 2003.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicator of soil quality under various soil management and crop rotation system in south Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, p. 18-29, 2007.

GARCIA, M.L.R.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solos sob pastagens com diferente lotação de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 269-276, 2007.

- GARLAND, J.L.; MILLS, A.L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns on community-level, sole-carbon-source utilization. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 57, p. 2351–2359, 1991.
- GEBRE, G.M.; TSCHAPLINSKI, T.J. Solute accumulation of chestnut oak and dogwood leaves in response to throughfall manipulation of an upland oak forest. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, p. 251–260, 2002.
- GIL-STORES, F.; TRASAR-CEPEDA, C.; LEIROS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, p. 877-887, 2005.
- GIRACCA, E.M.N.; **Efeito do calcário em atributos microbiológicos do solo**. 2005. 61 p. Tese (Doutorado em Biodinâmica e Manejo do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- GRAHAM, M.H.; HAYNES, R.J. Catabolic diversity of soil microbial communities under sugarcane and other land uses estimated by Biolog and substrate-induced respiration methods. **Applied Soil Ecology**. Amsterdam, v. 29, p. 155-164, 2005.
- GRAYSTON, S.J.; GRIFFITH, G.S.; MAWDSLEY, J.L.; CAMPBELL, C.D.; BARDGETT, R.D. Accounting for variability in soil microbial communities of temperate upland grassland ecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.33, p. 533-551, 2001.
- GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, M.R. Efeitos da vegetação e da ação do homem sobre a estrutura dos latossolos argilosos da Amazônia Brasileira. Annals of the first International Symposium on environmental studies in tropical rainforests, **Biosfera**, Rio de Janeiro, p. 25-29, 1992.
- HART, S.C., DE LUCA, T.H., NEWMAN, G.S., MACKENZIE, M.D., BOYLE, S.I. Post-fire vegetative dynamics as drives of microbial communities structure and function in Forest soils. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, p. 166-184, 2005.
- HATCH, D.J., LOVELL, R.D., ANTIL, R.S., JARVIS, S.C. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 30, p. 288–293, 2000.
- HENDRIX, P.F.; PARMELLE, R.W.; CROSSLEY, JR.D.A.; COLEMAN, D.C.; ODUM, E.P., Groffman, P.M., 1986. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. **Bio Science**, Oxford, v. 36, p. 374-433, 1986.
- INGRAM, L.J.; SCHUMAN, G.E.; STAHL, P.D.; SPACKMAN, L.K. Microbial Respiration and Organic Carbon Indicate Nutrient Cycling Recovery in Reclaimed Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, p. 1737-1745, 2005.
- INSAM, H. Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 22, p. 525–532, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) - **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite/Projeto PRODES**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Acesso em: 20 maio 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Guidelines for national greenhouse gas inventories**, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> Acesso em : 26 abril 2008

IPCC 2007 Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, Amsterdam, v. 79, p. 9-16, 2000.

IYYEMPERUMAL, K.; ISRAEL, D.W.; SHI, W. Soil microbial biomass, activity and potential nitrogen mineralization in a pasture: Impact of stock camping activity. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 149-157, 2007.

JAKELAITIS, A.; DA SILVA, A.A.; DOS SANTOS, J.B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 118-1127, 2008.

JENKINSON, E.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. v. 5, p. 415-471. (Books in Soil and the Environment).

JOERGENSEN, R. G.; CASTILLO, X. Interrelationships between microbial and soil properties in young volcanic ash soils of Nicaragua. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, p. 1581-1589, 2001.

JOERGENSEN, R.G; BROOKES, P.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K₂SO₄ soil extracts. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, p. 1023-1027, 1990.

KAISER, K.; GUGGENBERGER, G.; HAUMAIER, L.; ZECH, W. The composition of dissolved organic matter in forest soil solutions: changes induced by seasons and passage through the mineral soil. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 33, p. 307-318, 2002.

KELTING, D. L.; BURGER, J. A.; EDWARDS, G. S. Estimating root respiration, microbial respiration in rhizosphere, and root-free soil respiration in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 961-968, 1998.

KENNEDY, A.C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 65-76, 1999.

KITAGAWA, Y.; MOLLER, M.R.F. Clay mineralogy of some typical soils in the brazilian Amazon region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, p.202-228, 1979.

KLOSE, S.; WERNECKE, K. D.; MAKESCHIN, F. Microbial activities in forest soils exposed to chronic depositions from a lignite power plant. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, p. 1913–1923, 2004.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA, 2003. 570p.

KNORR W.; PRENTICE I.C.; HOUSE J.I.; HOLLAND E.A. Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming. **Nature**, London, v. 433, p. 298-301, 2005.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. 2001. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

LAL, R. Soil processes and the greenhouse effect. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B.A.(Ed.). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1998. p. 199-212,

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

LI, Q., ALLEN, H.L., WOLLUN II, A.G. Microbial biomass and bacterial function diversity in forest soils: effects of organic matter removal, compactation and vegetation control. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, 571-579, 2004.

LIN, Q.; BROOKES, P.C. Comparison of substrate induced respiration, selective inhibition and biovolume of microbial biomass and its community structure in unamended, ryegrass-amended, fumigated and pesticide-treated soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, p.1999-2114, 1999.

LUIZÃO, R.C.C.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio em uma seqüência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 29, n. 1, p. 43-56, 1999.

LUIZÃO, F. J. ; SCHUBART, H. O. R.. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, Basileia, v. 43, p. 259-265, 1987.

LUPWAYI, N.Z.; ARSHAD, M.A.; RICE, W.A.; CLAYTON, G.W. Bacterial diversity in water stable aggregates of soils under conventional and zero tillage management. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 16, p. 251–261, 2001.

MADER, P.; FLIEBACH, A.; DUBOIS, A.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, Lancaster, v. 296, p. 4, 2002.

MAIA, S.M.F. **Estimativas as emissões de carbono do solo devido à mudanças de uso da terra no uso da terra em Rondônia e Mato Grosso**. 2009. 161 p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E. ; GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 6, p. 701-711, 2006.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa Microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste – MT. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 425 – 433, 2003.

MELLO, F.F.C; **Estimativas dos estoques de carbono dos solos nos Estados de Rondônia e Mato Grosso anteriores à intervenção antrópica**. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MENDES, I.C. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA / MERCOSOJA 2002, 2. Foz do Iguaçu, 2002. **Anais...**Londrina, Embrapa Soja, 2002. p.246-257. (Embrapa Soja. Documentos, 180)

MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, J.B.R.; MANJABOSCO, A.D.; SOARES, A.S.; BRAGA, A.C.A. & ALMEIDA, K.A. Alterações na biomassa microbiana do solo submetido a diferentes sistemas de manejo e rotações/sucessões de culturas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. CD-ROM

MONOKROUSOS N., PAPTAEODOROU E.M.; DIAMANTOPOULOS, J.D.; STAMOU G.P. Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, p. 1282–1289, 2006

MOTTA, A.C.V., REEVES, D.W., FENG, Y., BURMESTER, C.H., RAPER, R.L., 2001. Management systems to improve soil quality for cotton production on a degraded silt loam soil in Alabama (USA). World Congress on Conservation Agriculture- Conservation Agriculture, A Worldwide Challenge. Madrid, 2001, p. 219–222.

NIELSEN, M.N.; WINDING, A. (Ed.) **Microorganisms as indicators of soil health**. National Environmental Reserch Institute, 2002. (Technical Report No. 388).

NSABINAMA, D.; HAYNES, R.J.; WALLIS, F.M. Size activity and catabolic diversity of soil microbial biomass as affected by land use. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 26, p. 81-92, 2004.

OLIVEIRA, J.R.A. **O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um latossolo vermelho-escuro de Cerrado**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília, 2000. 115p.

ORWIN, K.H.; WARDLE, D.A.; GREENFIELD, L.G. Ecological consequences of carbon substrate identity and diversity in a laboratory study. **Ecology**, Brooklin, v. 87, p. 580–593, 2006.

PAOLETTI, M. G.; BRESSAN, M. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 15, p. 21-62, 1996.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287-308.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p.159- 164, 1987.

RAMETTE A.; TIEDJE JM. Biogeography: an emerging cornerstone for understanding prokaryotic diversity, ecology and evolution. **Microbial Ecology**, New York, v. 53, p. 197–207, 2007.

RAMETTE, A. Multivariate analyses in microbial ecology. **FEMS Microbial Ecology**, Amsterdam, v. 62, p. 142-160, 2007.

RONDÔNIA: ZONEAMENTO SÓCIO ECONÔMICO ECOLÓGICO DO ESTADO DE RONDÔNIA. Disponível em: <<http://www.seplan.ro.gov.br>>. Acesso em: 31 abr. 2008.

ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em latossolovermelho eutrófico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 911-923, 2003.

SANTANA, J.A. da S.; SOUSA, L.K.V. dos S.; ALMEIDA, W. da C. Produção anual de serapilheira em floresta secundária na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 40, p. 119-132, 2003.

SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S; SILVA, D.G. Biomassa, Atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, p. 333-338, 2004.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R.; RIFFALDI, R. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, Forest and native grassland soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 233, p. 251-259, 2001.

SELLE, G.L. Nutrient Cycling in forest ecosystems. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 29-39, 2007.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. dos. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia negra (*Acácia mearnsii* De Wild) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 791-798, 2003.

SILVA, C.J.; SANCHES, L.; BLEICH, M.E.; LOBO, F.A.; NOGUEIRA, J.S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado no Centro-Oeste brasileiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, p. 543-548, 2007.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SINGH, J.S.; RAGHUBANSHI, A.S.; SINGH, R.S.; SRIVASTAVA, S.C. Microbial biomass act as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. **Nature**, London, v. 338, p. 499-500, 1989.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.30, p.195-207, 1992.

STEVENSON, B.A.; SPARLING, G.P.; SCHIPPER, L.A.; DEGENS, B.P.; DUNCAN, L.C. Pasture and forest soil microbial communities show distinct patterns in their catabolic respiration responses at a landscape scale. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, p. 49-55, 2004.

SUETT, D.L.; FOURNIER, J.C.; MOURKIDOU, E.P.; PUSSEMIER, L. & SMELT, J. Accelerated degradation: the European dimension. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, p. 1741-1748, 1996.

TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.L.I.; DEMATTÊ, J.A.M. Teor e distribuição da material orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil central. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, p. 343-354, 1998.

TORSVIK, V. et al. Comparison of phenotypic diversity and DNA heterogeneity in a population of soil bacteria. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 56, p. 776-781, 1990.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 8. ed, Porto Alegre: Artmed, 2005. 894pp.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: _____. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solos, 2002. v.2, p. 195-276.

VAN HEERDEN, J.; KORF, C.; EHLERS, M.M.; CLOETE, T.E. Biolog for the determination of diversity in microbial communities. **Water AS**, Amsterdam, v. 28, p. 29-35, 2002.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho – escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.24-34, 2000.

VENZKE FILHO, S. P. **Microbiota e sua atividade em uma cronoseqüência sob sistema de plantio direto**. 65 p. Dissertação (Mestrado em Solos)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

VISSER, S., PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, New York, v. 7, p. 33-37, 1992.

WAKELIN, S.A.; MACDONALD, L.M.; ROGERS, S.L.; GREGG, A.L.; BOLGER, T.P.; BALDOCK, J.A. Habitat selective factors influencing the structural composition and functional capacity of microbial communities in agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.40, p. 803-813, 2008.

WANG, K.H.; McSORLEY, R.; BOHLEN, P.; GATHUMBI, S.M. Cattle grazing increases microbial biomass and alter soil nematode communities in subtropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.38, p 1956-1965, 2006.

WARDLE, D.A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-CNPAP; Embrapa-CNPSo, 1994. p. 419-436.

WARDLE, D.A., YEATES, G.W., BARKER, G.M., BONNER, K.I. The influence of plant litter diversity on decomposer abundance and diversity. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 38, p. 1052-1062, 2006.

WAKELIN, S.A., MACDONALD, L.M., ROGERS, S.L., GREGG, A.L., BOLGER, T.P., BALDOCK, J.A. Habitat selective factors influencing the structural composition and functional capacity of microbial communities in agricultural soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 40, p. 803-813, 2008.

XAVIER, F. A. S. **Compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas agrícola convencional e orgânico na região da Chapada da Ibiapaba-CE**. Fortaleza, 2004. 71. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição das Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 4 ed th Wallingford: CAB International, 1994. 276 p.

ZAK, J.C.; WILLIG, M.R.; MOORHEAD, D.L.; WILDMAN, H.G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, p. 1101–1108, 1994.

ANEXOS

Anexo A – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas agrícolas

RIS - Áreas Agrícolas

	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV (%) ⁵
Aminas	3,35	5,09	1,92	60	0,67	19,97
Aminoácidos	4,08	7,34	2,27	60	1,14	27,86
Carboidratos	3,74	6,40	1,89	60	0,88	23,61
Ácidos Carboxílicos	5,41	13,68	2,86	60	2,66	49,25
Branco (Água)	2,56	4,26	1,44	60	0,37	24,90
Arginina	5,49	18,32	1,16	60	4,47	81,46
Asparagina	4,20	6,77	2,12	60	1,00	23,81
Ácido Glutâmico	3,94	6,41	2,47	60	0,73	18,45
Glutamina	3,62	6,19	1,79	60	0,84	23,13
Glucosamina	3,07	4,81	2,06	60	0,60	19,40
Histidina	3,31	5,57	2,37	60	0,69	20,85
Lisina	3,55	6,06	2,53	60	0,75	21,11
Glucose	3,82	6,24	2,05	60	0,92	24,09
Manose	3,65	6,55	1,72	60	0,87	23,84
Ácido Cítrico	8,07	42,84	2,68	60	10,46	129,65
Ácido Ascórbico	5,92	13,00	3,48	60	2,19	37,00
Serina	4,00	6,38	2,11	60	0,99	24,84
Ácido Glucômico	5,37	11,19	2,34	60	1,59	29,58
Ácido Fumárico	6,15	9,51	2,71	60	1,45	23,59
Ácido Malônico	4,74	13,39	2,76	60	2,44	51,47
Ácido Málico	5,23	11,94	2,75	60	1,89	36,17
Ácido Ketoglutárico	9,28	34,10	2,11	60	8,80	94,87
Ácido Ketobutírico	4,85	14,80	2,15	60	3,36	69,25
Ácido Pantotênico	3,40	5,30	2,19	60	0,74	21,81
Ácido Quínico	4,44	8,27	2,35	60	1,12	26,58
Ácido Succínico	3,53	6,38	2,34	60	0,80	22,58
Ácido Tartárico	3,90	8,74	2,29	60	1,43	36,66

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo B – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas nativas

RIS - Áreas Nativas						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV (%) ⁵
Aminas	3,48	5,42	2,23	60	0,74	21,39
Aminoácidos	3,93	5,95	2,34	60	0,73	18,50
Carboidratos	3,71	5,74	2,35	60	0,93	25,18
Ácidos Carboxílicos	7,02	36,08	2,98	60	6,66	94,90
Branco (Água)	2,60	3,81	1,70	60	0,59	22,54
Arginina	4,41	15,66	1,85	60	2,58	58,50
Asparagina	4,06	6,71	2,57	60	0,90	22,16
Ácido Glutâmico	4,00	7,40	2,59	60	0,96	23,95
Glutamina	3,75	5,89	2,32	60	0,88	23,56
Glucosamina	3,20	5,36	2,08	60	0,79	24,69
Histidina	3,46	6,06	2,02	60	0,97	27,91
Lisina	3,71	9,08	2,45	60	1,10	27,34
Glucose	3,76	6,02	2,21	60	0,99	26,73
Manose	3,66	5,83	2,41	60	0,94	25,69
Ácido Cítrico	11,22	133,78	2,51	60	23,30	207,72
Ácido Ascórbico	6,04	18,04	3,54	60	2,52	41,67
Serina	3,95	5,76	2,22	60	0,84	21,11
Ácido Glucômico	4,93	8,15	2,92	60	1,20	24,37
Ácido Fumárico	6,08	9,83	1,41	60	1,68	27,63
Ácido Malônico	7,52	60,54	2,86	60	11,64	154,68
Ácido Málico	8,04	59,65	2,85	60	10,47	130,36
Ácido Ketoglutárico	13,98	64,40	2,57	60	13,27	94,93
Ácido Ketobutírico	6,30	15,13	3,02	60	2,62	41,61
Ácido Pantotênico	4,23	36,56	2,06	60	4,72	111,75
Ácido Quínico	4,29	9,78	1,73	60	1,50	34,98
Ácido Succínico	7,19	79,79	2,25	60	15,17	210,92
Ácido Tartárico	4,39	15,07	2,25	60	2,34	53,37

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo C – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas sob pastagem

RIS - Áreas sob Pastagem						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV(%) ⁵
Aminas	3,74	6,10	2,62	60	0,65	17,26
Aminoácidos	4,28	6,38	2,94	60	0,80	18,57
Carboidratos	4,31	6,64	2,17	60	0,93	21,57
Ácidos Carboxílicos	6,27	12,31	3,07	60	2,28	36,39
Branco (Água)	2,82	6,81	1,58	60	0,83	29,58
Arginina	5,21	16,00	2,28	60	3,27	62,77
Asparagina	4,20	6,01	1,13	60	0,89	21,18
Ácido Glutâmico	4,26	6,14	1,13	60	0,85	20,00
Glutamina	4,16	9,16	2,45	60	1,08	26,05
Glucosamina	3,32	5,16	1,13	60	0,63	18,94
Histidina	3,50	4,69	1,13	60	0,67	19,13
Lisina	3,83	5,78	1,13	60	0,81	21,05
Glucose	4,35	7,25	1,13	60	1,11	25,52
Manose	4,31	6,40	2,00	60	0,99	23,01
Ácido Cítrico	9,14	42,06	1,13	60	8,95	97,93
Ácido Ascórbico	6,52	12,25	2,71	60	1,98	30,42
Serina	4,67	7,36	0,94	60	1,08	23,15
Ácido Glucômico	5,30	9,70	1,13	60	1,51	28,59
Ácido Fumárico	7,00	10,50	3,49	60	1,64	23,35
Ácido Malônico	5,18	11,90	1,13	60	1,87	36,02
Ácido Málico	5,82	11,74	1,13	60	2,06	35,35
Ácido Ketoglutárico	14,00	32,30	3,26	60	9,26	66,16
Ácido Ketobutárico	6,16	17,35	2,67	60	3,27	53,13
Ácido Pantotênico	3,83	5,30	1,13	60	0,79	20,60
Ácido Quínico	4,54	6,75	1,13	60	1,01	22,33
Ácido Succínico	3,56	6,37	1,13	60	0,89	24,89
Ácido Tartárico	4,23	7,30	1,13	60	1,22	28,89

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo D – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas nativas - Cerradão

RIS - Áreas Cerradão						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV(%) ⁵
Aminas	3,14	4,68	2,23	25	0,67	21,38
Aminoácidos	3,52	5,21	2,39	25	0,73	20,63
Carboidratos	3,57	5,65	2,38	25	0,96	26,79
Ácidos Carboxílicos	5,44	9,37	2,98	25	2,05	37,74
Branco (Água)	2,64	3,02	1,70	25	0,51	21,31
Arginina	3,28	5,11	1,85	25	0,77	23,35
Asparagina	3,88	5,94	2,57	25	0,90	23,15
Ácido Glutâmico	3,74	5,39	2,66	25	0,76	20,14
Glutamina	3,41	5,14	2,38	25	0,72	21,12
Glucosamina	2,86	4,21	2,08	25	0,66	22,97
Histidina	3,14	4,93	2,20	25	0,78	24,93
Lisina	3,47	4,34	2,41	25	0,61	17,47
Glucose	3,67	5,79	2,21	25	1,01	27,50
Manose	3,46	5,41	2,41	25	0,92	26,62
Ácido Cítrico	6,74	15,62	2,88	25	3,89	57,76
Ácido Ascórbico	4,94	7,65	3,54	25	1,05	21,32
Serina	3,65	5,76	2,22	25	0,90	24,63
Ácido Glucômico	4,64	6,66	2,92	25	1,11	23,82
Ácido Fumárico	6,19	9,83	3,03	25	1,68	27,18
Ácido Malônico	4,80	6,72	3,11	25	1,05	21,96
Ácido Málico	5,21	7,63	3,13	25	1,40	26,80
Ácido Ketoglutárico	12,05	28,25	2,57	25	10,97	91,04
Ácido Ketobutárico	6,55	13,54	3,35	25	3,02	46,09
Ácido Pantotênico	3,22	4,74	2,06	25	0,72	22,34
Ácido Quínico	3,83	6,77	2,17	25	1,29	33,55
Ácido Succínico	3,34	4,11	2,25	25	0,55	16,54
Ácido Tartárico	3,79	5,39	2,26	25	0,94	24,76

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo E – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas nativas –
Cerrado

RIS – Cerrado						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV(%) ⁵
Aminas	3,46	4,59	2,46	20	0,73	21,00
Aminoácidos	3,85	4,99	2,93	20	0,64	16,58
Carboidratos	3,50	5,74	2,52	20	1,06	26,73
Ácidos Carboxílicos	5,13	8,07	3,56	20	1,53	29,90
Branco (Água)	2,77	3,81	1,93	20	0,76	27,35
Arginina	4,41	4,79	2,94	20	0,62	15,37
Asparagina	4,17	5,50	3,31	20	0,70	16,47
Ácido Glutâmico	4,03	5,43	3,01	20	0,66	16,39
Glutamina	3,81	5,19	2,32	20	0,83	21,86
Glucosamina	3,12	4,16	2,26	20	0,67	21,43
Histidina	3,21	4,39	2,41	20	0,66	20,69
Lisina	3,21	5,06	2,76	20	0,81	22,38
Glucose	4,08	6,02	2,57	20	1,16	28,45
Manose	3,82	5,42	2,47	20	0,96	25,17
Ácido Cítrico	4,55	6,41	2,51	20	1,19	26,11
Ácido Ascórbico	5,58	6,97	3,67	20	1,06	19,01
Serina	4,00	5,69	2,79	20	0,99	24,85
Ácido Glucômico	5,18	7,14	3,99	20	0,97	18,66
Ácido Fumárico	6,60	9,74	4,66	20	1,45	22,02
Ácido Malônico	4,58	6,33	3,28	20	0,79	17,18
Ácido Málico	6,72	14,45	3,77	20	4,10	61,07
Ácido Ketoglutárico	6,40	14,60	3,05	20	3,72	58,10
Ácido Ketobutírico	6,28	15,13	3,02	20	3,62	57,72
Ácido Pantotênico	3,40	4,62	2,44	20	0,80	23,29
Ácido Quínico	4,35	6,27	2,91	20	1,24	28,44
Ácido Succínico	4,15	6,11	3,08	20	1,04	25,01
Ácido Tartárico	3,75	5,27	2,88	20	0,92	24,43

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo F – Dados relacionados à respiração induzida por substrato (RIS) em áreas nativas - Floresta

RIS - Áreas Floresta						
	Média	Máx ¹	Mín ²	n ³	D.P. ⁴	CV(%) ⁵
Aminas	3,64	5,44	2,39	55	0,74	20,35
Aminoácidos	4,15	5,95	3,06	55	0,68	16,43
Carboidratos	3,69	5,47	2,40	55	0,88	23,80
Ácidos Carboxílicos	8,42	36,08	3,70	55	8,61	102,24
Branco (Água)	2,64	3,67	1,78	55	0,53	19,93
Arginina	5,05	15,66	2,40	55	3,28	64,84
Asparagina	4,10	6,71	2,94	55	0,96	23,56
Ácido Glutâmico	4,12	7,40	2,59	55	1,11	26,88
Glutamina	3,89	5,89	2,47	55	0,94	24,16
Glucosamina	3,38	5,36	2,24	55	0,84	24,84
Histidina	3,70	6,60	2,38	55	1,07	29,06
Lisina	3,85	9,08	2,55	55	1,21	31,24
Glucose	3,68	5,64	2,31	55	0,90	24,52
Manose	3,70	5,83	2,50	55	0,94	25,54
Ácido Cítrico	15,68	133,78	3,27	55	30,70	195,74
Ácido Ascórbico	6,70	18,04	3,85	55	3,10	46,33
Serina	4,08	5,48	2,78	55	0,72	17,53
Ácido Glucômico	4,97	8,15	3,15	55	1,31	26,31
Ácido Fumárico	5,84	9,28	1,41	55	1,74	29,62
Ácido Malônico	9,83	60,54	2,86	55	15,34	156,09
Ácido Málico	9,80	59,65	2,85	55	13,67	139,47
Ácido Ketoglutárico	17,62	64,40	2,88	55	15,10	85,72
Ácido Ketobutírico	6,19	11,87	3,32	55	1,97	31,82
Ácido Pantotênico	4,98	36,56	2,26	55	6,25	125,54
Ácido Quínico	4,48	9,78	1,73	55	1,65	36,84
Ácido Succínico	10,05	79,79	2,37	55	20,07	199,74
Ácido Tartárico	4,89	15,07	2,54	55	2,96	60,59

¹Max (máximo), ²Min (mínimo), ³n (número de observações), ⁴D.P. (desvio padrão), ⁵C.V.(coeficiente de variação)

Anexo G – Dados relacionados à Análise de Variável Canônica para os dados microbiológicos em áreas nativas e antropizadas, na região como um todo e na ecorregião Alto Xingú

Áreas Nativas			Áreas Antropizadas			Alto Xingú		
% Variação			% Variação			% Variação		
CV1	83,17		CV1	72,84		CV1	95,62	
CV2	16,83		CV2	27,16		CV2	4,38	
Total	100		Total	100		Total	100	
Vetores			Vetores			Vetores		
	CV1	CV2		CV1	CV2		CV1	CV2
Cmic	-0,46	-1,64	Cmic	1,39	-4,99	Cmic	-5,31	5,12
Nmic	0,04	0,00	Nmic	0,02	0,04	Nmic	0,02	0,01
RB	-0,27	0,05	RB	5,71	-1,57	RB	-3,54	8,21
Médias Canônicas			Médias Canônicas			Médias Canônicas		
	CV1	CV2		CV1	CV2		CV1	CV2
CER	-0,16	-0,33	AGR	-0,74	-0,14	AGR	0,66	0,05
CERRA	-0,56	0,14	NAT	0,18	0,46	NAT	-0,20	0,21
FLO	0,31	0,05	PAST	0,56	-0,32	PAST	-0,68	0,10

(AGR) Áreas Agrícolas; (NAT) Áreas Nativas; (PAST) Áreas sob Pastagem

Anexo H – Dados relacionados à Análise de Variável Canônica para os dados relacionados à base de dados do projeto temático e aos dados de respiração induzida por substratos nas áreas nativas analisadas

Dados Gerais			Substratos		
% Variação			% Variação		
CV1	60,90		CV1	72,79	
CV2	39,10		CV2	27,21	
Total	100		Total	100	
Vetores			Vetores		
	CV1	CV2		CV1	CV2
Arg+Silte	0,00	-0,04	Água	-0,37	0,73
RB	-0,56	1,71	S1	-0,17	0,07
C%	-0,37	-0,54	S2	0,52	1,10
Cmic	-1,82	0,01	S3	-0,41	-0,02
Estoque C	0,52	-1,15	S4	-2,47	-0,03
Densidade	0,01	-0,04	S5	1,73	1,19
Nmic	0,06	0,32	S6	-0,86	-1,31
pH H ₂ O	-1,34	-1,73	S7	-0,33	0,25
pH KCl	1,95	1,52	S8	2,00	0,57
			S9	-0,84	-0,58
			S10	-0,07	-0,27
			S11	-0,28	0,29
			S12	-0,51	0,13
			S13	0,19	0,40
			S14	0,21	-0,12
			S15	0,06	0,35
			S16	0,17	0,27
			S17	-0,07	0,02
			S18	-0,06	-0,36
			S19	-0,20	-0,41
			S20	0,93	0,04
			S21	-0,02	0,10
			S22	0,09	0,61
Médias Canônicas			Médias Canônicas		
	CV1	CV2		CV1	CV2
CER	-1,04	-0,53	CER	1,76	1,11
CERRA	-0,29	0,82	CERRA	1,07	-1,17
FLO	0,51	-0,18	FLO	-1,12	0,13

Anexo I – Dados relacionados à Análise de Variável Canônica para os dados relacionados à base de dados do projeto temático e aos dados de respiração induzida por substratos nos diferentes usos de terra encontrados na região

Dados Gerais			Substratos		
% Variação			% Variação		
CV1	59,75		CV1	67,5	
CV2	40,25		CV2	32,5	
Total	100		Total	100	
Vetores			Vetores		
	CV1	CV2		CV1	CV2
RB	0,40	4,43	Água	-2,46	-0,24
C%	0,30	1,72	S1	0,37	-0,16
Cmic	2,00	-0,90	S2	-3,29	0,59
Estoque C	-0,05	-0,01	S3	3,08	-0,83
Densidade	6,42	6,90	S4	-0,88	0,83
Nmic	-0,04	0,01	S5	4,12	-0,88
pH H ₂ O	1,12	0,01	S6	-2,30	-0,16
pH KCl	0,04	-1,05	S7	0,64	-0,12
			S8	0,23	0,81
			S9	1,27	0,79
			S10	0,10	-0,36
			S11	-0,09	0,33
			S12	1,66	-1,61
			S13	-0,78	0,24
			S14	0,98	-0,50
			S15	0,33	-0,17
			S16	0,32	-0,06
			S17	-0,02	0,05
			S18	-0,19	0,52
			S19	0,83	0,88
			S20	-2,07	-1,73
			S21	-0,55	0,37
			S22	-0,98	1,75
Médias Canônicas			Médias Canônicas		
	CV1	CV2		CV1	CV2
AGR	-0,71	1,20	AGR	-1,38	-1,02
NAT	1,62	-0,10	NAT	-0,58	1,34
PAST	-0,09	-1,10	PAST	1,96	-0,32

(AGR) Áreas Agrícolas; (NAT) Áreas Nativas; (PAST) Áreas sob Pastagem.

Anexo J – Dados relacionados à Análise de Variável Canônica para os dados relacionados à base de dados do projeto temático e aos dados de respiração induzida por substratos nas áreas nativas analisadas, analisadas por ecorregião

Áreas Nativas

Floresta			Cerrado			Cerradão		
% Variação			% Variação			% Variação		
CV1	55,49		CV1	82,16		CV1	70,26	
CV2	21,65		CV2	17,24		CV2	24,30	
Total	77,14		Total	99,4		Total	94,56	
Vetores			Vetores			Vetores		
	CV1	CV2		CV1	CV2		CV1	CV2
Arg+Silte	0,04	0,03	Arg+Silte	-0,16	0,15	Arg+Silte	0,08	0,05
C%	0,94	-0,73	C%	-12,02	4,17	C%	10,38	2,73
Cmic	1,05	-1,73	Cmic	-26,40	-13,74	Cmic	13,13	-0,02
Estoque C	-0,21	0,18	Estoque C	2,23	-0,53	Estoque C	-2,23	-0,58
Densidade e	2,23	-0,52	Densidade e	-8,16	2,20	Densidade e	18,73	-0,21
Nmic	0,04	-0,05	Nmic	-0,16	-0,07	Nmic	0,04	0,03
RB	-3,33	-0,51	RB	-6,09	-11,29	RB	4,35	-2,07
pH H ₂ O	-2,48	-1,64	pH H ₂ O	-2,46	-0,90	pH H ₂ O	-2,12	-3,15
pH KCl	3,49	2,67	pH KCl	-4,16	0,71	pH KCl	3,41	-0,64
Médias Canônicas			Médias Canônicas			Médias Canônicas		
	CV1	CV2		CV1	CV2		CV1	CV2
AX	-4,11	0,47	AX	-10,41	2,16	AX	7,08	5,52
BP	-2,08	-4,76	BP	-3,46	6,79	CP	-6,88	0,62
CP	4,05	-0,71	CP	20,49	-0,49	DC	5,50	-5,25
CRO	2,39	0,67	DA	-6,61	-8,46	PA	1,18	-1,50
DA	-2,61	0,32						
DG	-1,50	2,34						
NMT	-2,27	1,28						
NRO	0,16	0,09						

(AGR) Áreas Agrícolas; (NAT) Áreas Nativas; (PAST) Áreas sob Pastagem.

(AX) Alto Xingú; (BP) Bacia do Paraná; (CP) Chapada dos Parecis; (CRO) Rondônia Central; (DA) Depressão Araguaia; (DG) Depressão Guaporé; (NMT) Norte de Mato Grosso; (NRO) Norte de Rondônia; (DA) Depressão Araguaia; (DC) Depressão Cuiabá-Paranatinga; (PA) Pantanal

Anexo K – Dados relacionados à Análise de Variável Canônica para os dados relacionados à base de dados do projeto temático e aos dados de respiração induzida por substratos nas na região Alto Xingú

Dados Gerais			Substratos		
% Variação			% Variação		
CV1	62,55		CV1	66,50	
CV2	37,45		CV2	33,50	
Total	100		Total	100	
Vetores			Vetores		
	CV1	CV2		CV1	CV2
RB	8,15	-3,21	Água	0,36	-3,61
C%	5,47	0,15	S1	-0,43	1,05
Cmic	2,74	3,48	S2	-2,17	-4,98
Estoque C	-1,45	-0,15	S3	-0,71	3,08
Densidade	9,14	6,99	S4	-2,38	0,79
Nmic	0,02	0,00	S5	1,28	-0,01
pH H ₂ O	-0,48	-0,24	S6	-2,04	0,09
pH KCl	-0,96	1,52	S7	1,60	3,26
			S8	2,89	-0,09
			S9	1,03	-0,39
Médias Canônicas			S10	0,51	1,23
	CV1	CV2	S11	0,33	1,08
AGR	-2,40	-0,43	S12	1,80	-0,06
NAT	2,43	-2,07	S13	2,41	-2,01
PAST	1,18	2,09	S14	0,75	0,66
			S15	-3,07	-0,79
			S16	-0,31	0,16
			S17	-0,37	-0,33
			S18	-1,19	0,29
			S19	-2,64	6,07
			S20	3,83	0,49
			S21	-5,29	-1,84
			S22	-1,57	-3,27
			Médias Canônicas		
				CV1	CV2
			AGR	4,33	-2,65
			NAT	-7,87	-2,04
			PAST	0,49	4,84