



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

KEILA NUNES DOURADO

INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA
DE CULTIVO CONVENCIONAL EM RORAIMA

Boa Vista, RR
2016

KEILA NUNES DOURADO

INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA
DE CULTIVO CONVENCIONAL EM RORAIMA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em recursos Naturais, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais. Área de Concentração: Manejo e Dinâmica de recursos Naturais

Orientadora: Prof.^a Dra. Krisle da Silva

Boa Vista, RR
2016

A Deus,
por permitir minha existência
e por sempre me fortalecer
diante das dificuldades
encontradas ao percorrer do
meu caminho.

A minha família e a
todos que contribuíram para realização desta
pesquisa

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir minha existência, por plantar cada sonho dentro do meu coração e permitir a realização de cada um deles, por me amparar nos momentos difíceis, me fortalecer nas dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Edvaldo Nunes, que sempre me apoiaram nas minhas conquistas, por compreenderem minhas ausências nos momentos em que mais precisaram de mim por perto.

Ao meu esposo Ogenil, pelo companherismo, dedicação, atenção, por ter me ajudado na realização de mais um sonho em minha vida.

A minha querida orientadora, Dr^a Krisle Silva, pelas orientações, por acreditar em mim nas horas que nem eu mesma acreditava, pelos ensinamentos, por contribuir para o meu crescimento profissional, por ser um exemplo a ser seguido. Muito obrigada.

À técnica responsável pelo laboratório de Microbiologia da Embrapa-RR, Eliane Cunha, pela amizade, pelas conversas, conselhos, por sua incansável disponibilidade em ajudar-me, auxiliando-me com todo seu conhecimento e paciência, sendo fundamental para a realização deste trabalho. Obrigada por tudo.

Aos colegas de laboratório Josimar Chaves, Dilacy Sales, Brenda, Ismaele e Tharles por toda ajuda e companherismo, por sempre tirarem um tempo de seu dia e dedicar a mim, pelas conversas, descontrações e amizade.

Ao colega Augusto Falcão por ter me ajudado incansavelmente nos feriados, finais de semana, depois do horário, por sempre me dar uma palavra amiga de incentivo e ânimo nos momentos mais críticos.

Aos amigos que embora não citados, fizeram parte desse momento me incentivando e contribuindo para que o objetivo final fosse alcançado.

A todos os colegas e professores da Pós-graduação em Recursos Naturais pelo convívio e aprendizado.

“Porque os meus pensamentos não são os vossos pensamentos, nem os vossos caminhos os meus caminhos, diz o Senhor. Porque assim como os céus são mais altos do que a terra, assim são os meus caminhos mais altos do que os vossos caminhos, e os meus pensamentos mais altos do que os vossos pensamentos”

Isaías 55:8-9

"Tu és o meu refúgio e a minha fortaleza, o meu Deus, em quem confio".
Salmos 91:2

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do sistema de cultivo através de indicadores químicos e biológicos do solo em áreas nativas de savana e transição savana-floresta, nos campus experimentais Água Boa-Embrapa (CEAB) e Serra da Prata (CESP), Roraima, onde foram realizadas duas coletas anuais (florescimento e pós-colheita). Para os parâmetros químicos, determinou-se o pH, Ca, Mg, K, Al, H+Al, P e matéria orgânica do solo. Para os biológicos foram determinados respiração basal, C-BMS, atividade da β -glucosidade e fosfatase ácida. Na savana, o pH variou de 5,22 (vegetação nativa) a 6,22 (cultivo de milho). O Ca, apresentou maior teor nos cultivos de milho ($1,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) bem como o Mg, com $0,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas áreas de cultivo convencional e $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em vegetação nativa. O mesmo foi observado para o K e o P, assim como Al e H+Al com $0,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $2,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente. Quanto aos parâmetros biológicos, no florescimento, o C-BMS teve maior concentração na vegetação nativa ($128,80 \text{ mg C kg}^{-1}$), enquanto no pós-colheita o cultivo convencional de milho apresentou melhor resultado ($255,42 \text{ mg C kg}^{-1}$). A respiração basal, no florescimento, apresentou melhor resultado na soja ($126,26 \text{ mg C kg}^{-1}$). A Atividade enzimática da β -glucosidade, no florescimento, apresentou melhor resultado no cultivo de milho ($44,79 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). No entanto, na pós-colheita não houve diferença entre os tratamentos estudados. A fosfatase ácida, no florescimento, foi maior na vegetação nativa ($531,73 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) apresentando o mesmo resultado na pós-colheita. Na transição, o pH variou de 5,45 (milho) a 5,81 (vegetação nativa). O Ca apresentou menor teor nos cultivos de soja, com $1,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O Mg variou de $0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas áreas de cultivo convencional a $0,097 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em vegetação nativa. O K e o P apresentaram maior concentração nas áreas de cultivos, já o Al e H+Al apresentaram maior concentração na vegetação nativa com $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $3,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente. Quanto aos parâmetros biológicos, no florescimento o C-BMS teve maior concentração na vegetação nativa ($290,14 \text{ mg C kg}^{-1}$). Na pós-colheita, o cultivo convencional de soja apresentou um aumento ($285,83 \text{ mg C kg}^{-1}$), aproximando-se da vegetação nativa ($305,49 \text{ mg C kg}^{-1}$). A respiração basal apresentou melhores resultados na vegetação nativa, tanto no florescimento como na pós-colheita $153,37 \text{ mg C kg}^{-1}$ e $181,66 \text{ mg C kg}^{-1}$ respectivamente. Atividade enzimática da β -glucosidade no florescimento foi maior na vegetação nativa ($99,39 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Porém, na pós-colheita observou-se um declínio de aproximadamente 50%. A fosfatase ácida, no florescimento, também foi maior na vegetação nativa ($895,34 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), mantendo o mesmo resultado na pós-colheita. Assim, concluiu-se que a calagem promove a elevação da saturação das bases trocáveis do solo e diminui a solubilidade de alguns íons que em concentração elevada são tóxicos para as plantas cultivadas. Os indicadores biológicos de qualidade do solo responderiam rapidamente às alterações antrópicas que ocorrem durante a substituição de vegetação nativa por sistema de cultivo.

Palavras Chave: sistema de cultivo, indicadores microbiológicos, biomassa microbiana, atividade enzimática, Roraima.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the cultivation system through chemical and biological indicators in the soil in native savanna and transition savanna-forest areas, in the experimental field of Água Boa-Embrapa (CEAB) and Serra da Prata (CESP), Roraima, where two annual harvesting occurred (flowering and post-harvest). For the chemical parameters, the pH, Ca, Mg, K, Al, H+Al, P were determined as well as the organic matter of the soil. For the biological, basal respiration, BMS C-, activity of β -glycosidase and acid phosphatase. In the savannah, the pH varied from 5,22 (native vegetation) up to 6,22 for the corn, the Ca, presented a high content in the cultivation of corn with ($1,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) as well as the Mg, with $0,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ conventional cultivation area $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ in native vegetation area. The same was observed for the K and P Al e H+Al with $0,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $2,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectively. For biological parameters in flowering C-BMS there was a higher concentration in native vegetation with ($128,80 \text{ mg C kg}^{-1}$), while the post-harvest, the conventional cultivation of corn showed better result ($255,42 \text{ mg C kg}^{-1}$). The basal respiration, in flowering, showed better result in soya ($126,26 \text{ mg C kg}^{-1}$). Enzymatic activity of β -glycosidase, in flowering, showed better results in the cultivation of corn with $44,79 \mu\text{g } \rho\text{-nitrosophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). However, in the post-harvest there was not a difference between the treatments studied. Acid phosphatase in flowering activity was higher in native vegetation with ($531,73 \mu\text{g } \rho\text{-nitrosophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 531,73 $\mu\text{g } \rho\text{-nitrosophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) presented the same result in the post-harvest. In the transition (savannah-forest), the pH varied from 5,45 (corn) to 5,81 (native vegetation). The Ca showed lower content in the soya crop with $1,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. The Mg varied from $0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ in conventional crop areas for $0,097 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ in native vegetation. K and P showed a higher concentration in crop areas, but on the other hand, Al e H+Al showed higher concentration in native vegetation area with $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $3,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectively. For biological parameters in flowering C-BMS had higher concentration in native vegetation with $290,14 \text{ mg C kg}^{-1}$. In the post-harvest, the conventional cultivation of soya showed an increase ($285,83 \text{ mg C kg}^{-1}$), coming close to the native vegetation ($305,49 \text{ mg C kg}^{-1}$). Basal respiration showed better results in the native vegetation area, in flowering as well post-harvest $153,37 \text{ mg C kg}^{-1}$ and $181,66 \text{ mg C kg}^{-1}$ respectively. Enzymatic activity of β -glycosidase in flowering native vegetation was higher in native vegetation ($99,39 \mu\text{g } \rho\text{-nitrosophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$). However, in the post-harvest, a decline was observed by approximately 50%. Acid phosphatase in flowering activity was also higher in native vegetation with ($895,34 \mu\text{g } \rho\text{-nitrosophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$), maintaining the same result as in the post-harvest. Therefore, it was concluded that applying limestone promotes the increased saturation of the cation exchange capacity in the soil and decreases the solubility of some ions in high concentration, which are toxic to crop plants. Biological indicators of soil quality quickly reacted to anthropogenic changes that occur during the replacement of native vegetation for cropping system.

Key words: cultivation system, microbiological indicators, microbial biomass, enzymatic activity, Roraima.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Esquema de coleta de amostras de solo em experimento de plantio direto na linha de plantio (A); foto da coleta em parcela com plantio de soja (B) e esquema de coleta de amostras compostas dentro de cada parcela (C)..... 28
- Figura 2- Precipitação pluviométrica em milímetros no ano de 2015 no Campo Experimental Água Boa da Embrapa-RR..... 29
- Figura 3- Precipitação pluviométrica em milímetros no ano de 2015 no Campo Experimental Serra da Prata da Embrapa-RR..... 29
- Figura 5- Correlação de Pearson entre as variáveis biológicas e químicas do solo em área de Savana em Roraima..... 40
- Figura 6- Correlação de Pearson entre as variáveis biológicas, químicas e físicas do solo em área de transição savana-mata em Roraima..... 47

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Interpretação de indicadores microbiológicos para latossolos vermelhos argilosos do cerrado, na camada de 0-10cm, com base no rendimento relativo acumuladode grão de milho e soja e no teor de matéria orgânica do solo.....	22
Tabela 2- Indicadores microbiológicos nos ecossistemas brasileiros : amazônia, cerrado e mata atlântica, com diferentes tipos de manejo do solo.....	23
Tabela 3- Atributos químicos do solo sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na savana de Roraima.....	33
Tabela 4- Atributos microbilógicos do solo para carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal, β -glucosidase e fosfatase ácida sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na savana de Roraima.....	36
Tabela 5- Atributos químicos do solo sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na transição de Roraima.....	41
Tabela 6- Atributos microbilógicos do solo para carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal, β -glucosidase e fosfatase ácida sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na transição de Roraima.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 SISTEMAS DE CULTIVO	13
3.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO	15
3.3 INDICADORES QUÍMICOS	17
3.4 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS.....	18
3.5 UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM RORAIMA	22
4 MATERIAL E METODO	26
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	26
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4.3 AMOSTRAGEM DE SOLO	27
4.4 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO.....	30
4.5 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO.....	30
4.6 DETERMINAÇÕES DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C).....	30
4.7 DETERMINAÇÃO DA RESPIRAÇÃO BASAL (RBS).....	31
4.8 ATIVIDADE ENZIMÁTICA.....	31
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 INDICADORES QUÍMICOS EM ÁREA DE SAVANA	33
5.2 INDICADORES BIOLÓGICOS EM ÁREA DE SAVANA	34
5.3 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS EM ÁREA DE SAVANA	39
5.4 INDICADORES QUÍMICOS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA....	40
5.5. INDICADORES BIOLÓGICOS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA	42
5.6 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA.....	46
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A região Amazônica está situada na parte norte da América do Sul com cerca de seis milhões de km², com uma população de 23.596.953 habitantes e ocupando todos os estados da Região Norte, mais o estado de Mato Grosso, oeste do Maranhão e cinco municípios de Goiás. (VALE JÚNIOR et al., 2011). Situado no extremo Norte do Brasil, o Estado de Roraima possui uma superfície territorial de 225.116 km², representando 2,64% do território nacional e 5,81% da região Norte. É constituído por três grandes biomas, o domínio das florestas, as campinas/campinaranas e o domínio das savanas (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

O Estado de Roraima é uma área de fronteira agrícola, onde a agricultura ainda é incipiente. As áreas de savana (lavrado ou cerrado) e transição savana-floresta encontrada no estado tem despertado o interesse de investidores. Os sistemas de cultivos encontrados nessas regiões são o cultivo convencional, cultivo mínimo e também o sistema de plantio direto. No entanto, pouco se sabe sobre o impacto desses sistemas de cultivo comparados às áreas nativas.

Os sistemas de preparo de solo diferem, essencialmente, quanto ao grau de mobilização e à forma de disposição dos resíduos vegetais, que são mantidos na superfície do solo e funcionam como um reservatório de nutrientes, os quais são liberados lentamente pela ação de microrganismos, aumentando a estabilidade estrutural do solo e protegendo contra a erosão hídrica (FRANCHINI et al., 2000), sendo de suma importância para introdução dos sistemas de cultivo.

O sistema de cultivo convencional apresenta um alto grau de mobilização do solo, tendo como objetivo incorporação de corretivos e fertilizantes favorecendo, o aumento dos espaços porosos deixando o solo com maior permeabilidade e armazenamento de ar e água, auxiliando no desenvolvimento radicular das plantas. Enquanto o sistema de cultivo mínimo substitui as operações convencionais de preparo do solo em área total por um preparo concentrado somente na linha de plantio.

O sistema de plantio direto pode ser definido como o sistema de produção que tem por fundamentos três princípios básicos de manejo do solo: o não-revolvimento, a cobertura permanente (morta ou viva) e a rotação de culturas (IAC, 2005).

Neste contexto, estudos devem ser voltados para a avaliação do impacto da ação antrópica nesses solos que passaram de um ambiente natural para o manejado. Para isto, o uso de indicadores de qualidade do solo deve ser utilizado.

As características químicas do solo são responsáveis por quantificar a disposição dos nutrientes necessários para a interação significativa entre solo e planta, estes elementos podem sofrer alterações de acordo com as condições edáficas do ambiente e com as modificações inseridas de acordo com os sistemas de cultivo influenciando na qualidade do solo.

Os indicadores biológicos por oferecem uma resposta rápida a ações antrópicas no solo podem ser utilizados para o monitoramento de diversos sistemas de cultivos. Os indicadores biológicos avaliam a qualidade do solo através de diversos parâmetros que avaliam a atividade da microbiota do solo. Onde dentre estes se destacam a biomassa microbiana, respiração basal, atividade enzimática.

Assim, o uso de indicadores pode fornecer indícios de quais os sistemas com menor impacto sobre as áreas de savana e transição savana-mata em Roraima onde a agricultura ainda é relativamente pequena. Existindo a necessidade de monitoramento das áreas de vegetação nativa nas savanas e transição savana-floresta e manejadas devido ao desconhecimento da susceptibilidade deste ecossistema às ações antrópicas.

2 OBJETIVOS

Este trabalho foi desenvolvido com base nos seguintes objetivos:

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto do sistema de cultivo através de indicadores biológicos e químicos do solo em áreas nativas de savana e transição savana-floresta em Roraima.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Quantificar o pH e as bases trocáveis em solos naturais e manejados de savana e transição savana-floresta;
- ✓ Quantificar o carbono da biomassa microbiana em solos naturais e manejados de savana e transição savana-floresta;
- ✓ Analisar a atividade microbiana em solos naturais e manejados de savana e transição savana-floresta.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Os micro-organismos do solo contemplam uma importante fração da biota do solo, tanto pela diversidade de espécies, quanto pela multiplicidade de atividades metabólicas desempenhadas (VITAL; ZILLI, 2010). Os processos bioquímicos prevalentes no solo são definidos em função da organização das comunidades microbiana, a qual é a chave para o funcionamento do sistema solo-planta (LAMBALIS et al., 2005). Os micro-organismos dos solos são diretamente influenciados pelo sistema de manejo adotado e estudos de diversidade microbiana tem demonstrado alteração de acordo com tipo de manejo adotado (BABUJIA et al., 2014; JESUS et al.; 2009; LIMA et al., 2009).

3.1 SISTEMAS DE CULTIVO

As mudanças no uso da terra são cada vez mais frequentes e representam uma ameaça a biodiversidade e funções ecossistêmicas. A conversão de ecossistemas naturais em agricultura ou pastagens podem resultar em alterações nas propriedades químicas e biológicas dos solos e modificar a quantidade de carbono estocado no mesmo.

O solo é um dos principais suportes da produção agrícola, cujos padrões são regidos por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio. Através das práticas agrícolas o homem interfere neste sistema, alterando os atributos físico-hídricos, químicos e biológicos do solo (MATIAS et al, 2012).

O uso e manejo agrícola do solo tem sido objeto de preocupação em escala mundial, tendo em vista que os níveis de degradação influenciam tanto na produção de alimentos, quanto nas características ambientais desse recursos. Assim, o emprego de técnicas inadequadas de manejo do solo no uso agrícola leva a uma perda de qualidade e, conseqüentemente, perda de produtividade (COSTA et al., 2015).

O sistema de cultivo refere-se às práticas comuns de manejo associadas a uma determinada espécie vegetal, visando sua produção a partir da combinação lógica e ordenada de um conjunto de atividades e operações (HIRAKURI et al., 2012). Os sistemas de cultivo são classificados em : i) convencional, ii) mínimo e iii) direto.

O sistema convencional consiste na combinação de uma aração (arado de disco) e duas gradagens, feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da

cultura (MANTOVANI, 2009). Este sistema de cultivo, por um longo período foi predominantemente sistema de produção agrícola, que originalmente foi planejado para se desenvolver juntamente com os avanços tecnológicos. No entanto, esta prática pode levar a sérios problemas ao longo dos anos com alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo. Dentre as alterações observadas se destacam: a diminuição do teor de matéria orgânica do solo (MOS); a degradação da estrutura do solo; a intensificação dos processos erosivos; a redução da atividade e diversidade biológica; o aumento da incidência e severidade de pragas e doenças e aumento da infestação de plantas daninhas. O conjunto desses problemas se reflete na instabilidade da produtividade das culturas e no aumento dos custos de produção face à ocorrência de estresses bióticos e abióticos (EMBRAPA, 2011).

O sistema de cultivo mínimo se destaca por substituir as operações convencionais de preparo do solo em área total por um preparo concentrado na linha de plantio, que consiste mais frequentemente em uma subsolagem, que pode ser complementada por uma desagregação mais intensa do solo por meio de enxada rotativa em uma faixa estreita vizinha à linha de subsolagem, o mesmo apresenta redução na erosão, no uso de máquinas e implementos, reduzindo assim o uso de combustíveis. A perda de solo para outras culturas neste sistema pode atingir 20 toneladas por hectare ao ano, contra 50 toneladas por hectare ao ano no caso de plantio convencional (PARAIZO, 2013).

O sistema de plantio direto é a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo físico do solo, mantendo-se a palha da cultura anterior na superfície. É um sistema de exploração agropecuária que envolve a diversificação de espécies, via rotação de culturas, que são estabelecidas mediante mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo (SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2005).

O sistema de plantio direto, por preservar a cobertura permanente do solo através dos resíduos culturais e pela utilização de rotação de culturas, diferente do plantio convencional que se utiliza do revolvimento mecânico do solo, promove o aumento de matéria orgânica do solo aumentando o carbono orgânico do solo por meio de uma maior atividade microbiana, proporcionando melhoria da qualidade do solo e aumento da produção agrícola (PEREIRA et al., 2013).

Um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira foi a introdução do Sistema Plantio Direto (SPD) no Sul do Brasil, a partir do início da década de 1970, onde seu objetivo básico inicial foi controlar a erosão hídrica. A evolução deste sistema se tornou

possível em virtude do trabalho articulado de agricultores, pesquisadores, indústria de máquinas agrícolas, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água observado em nosso país (PRASUHN, 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as vantagens da adoção dessa técnica revolucionária são a redução no uso de insumos químicos e o controle de processos erosivos, uma vez que a infiltração da água se torna mais lenta pela permanente cobertura do solo (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Resultados de pesquisas gerados recentemente permitem concluir que o Sistema Plantio Direto (SPD) de produção agrícola é eficiente na conservação de solo e água, devido suas características e fundamentos, mas principalmente do não revolvimento do solo, rotação de culturas e acúmulo progressivo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo (RAVELLI, 2016).

Após sua expansão no Rio Grande do Sul e Paraná, o plantio direto seguiu para os cerrados do Brasil central e chegou aos lavrados de Roraima. No entanto, de acordo com Costa et al (2006), o uso do solo sob vegetação de cerrado para a produção agrícola, independentemente do sistema de cultivo, resulta em modificações nos atributos de qualidade do solo.

A maior dificuldade para a adoção desse sistema nas condições edafoclimáticas de Roraima é a adaptação de espécies de cobertura que produzam matéria seca em quantidade, capazes de passar o período seco vegetando ou protegendo o solo de forma a permitir o cultivo subsequente sem a necessidade de revolver o solo (SMIDERLE; GIANLUPPI; GIANLUPPI, 2005).

Portanto, é de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas no Estado de Roraima para o desenvolvimento do sistema de plantio direto, como o teste de plantas de cobertura para a formação de palhada. Além disso, o monitoramento dessas áreas através de indicadores de qualidade de solo poderão fornecer subsídios quanto à adoção desta técnica.

3.2 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

A capacidade de um solo específico em desempenhar funções dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados para sustentar a produtividade das plantas e dos animais, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar e dar suporte à saúde e habitação humanas, é definida como qualidade do solo (SSSA, 1995). O entendimento atual do conceito de qualidade

de solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (SPOSITO; ZABEL, 2003).

Araújo; Monteiro (2007) definem que as principais funções do solo são: a) produção de biomassa (alimentos, fibras e energia); b) filtração, tamponamento e transformação da matéria para proteger o ambiente, da poluição das águas subterrâneas e dos alimentos; c) habitat biológico e reserva genética de plantas, animais e organismos, que devem ser protegidos da extinção. Além de funções ligadas à atividade humana como: a) meio físico que serve de base para estruturas industriais e atividades sócio-econômicas, habitação, sistema de transportes e disposição de resíduos; b) fonte de material particulado (areia, argila e minerais); c) parte da herança cultural, paleontológica e arqueológica, importante para preservação da história da humanidade.

Ainda segundo Araújo; Monteiro (2007), a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, que são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores da qualidade do solo podem ser classificados como: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI et al., 2009; MONTEIRO; PONCIANO, 2012).

Esses indicadores devem estar relacionados com cinco funções do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo, resistindo a degradação (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

A comunidade científica tem demonstrado relevante interesse por indicadores do funcionamento do sistema solo, baseados na atividade microbiana. Estes indicadores, sozinhos ou em conjunto com outros indicadores convencionais, podem ajudar a orientar os produtores a manejarem seus solos de forma mais produtiva e sustentável (ARAGÃO et al., 2012). Uma vez que os indicadores mais recomendados para avaliação da qualidade do solo em função do seu uso e manejo são aqueles que respondem às variações ambientais e podem sofrer mudanças em curtos e médios prazos (PEZARICO et al.; 2013).

A utilização destes encontra-se relacionada à sua funcionalidade por constituir uma maneira indireta de mensurar a qualidade dos solos, sendo úteis para o monitoramento de mudanças no ambiente (KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003).

Em geral, os indicadores físicos e químicos são de pouco uso, por visar à produção vegetal e por responderem após alterações drásticas (FILIP, 2002), ou após um longo período

de tempo, revelando tardiamente um estado de degradação do solo (CARTER, 1986). Ao contrário dos outros indicadores, os biológicos são sensíveis a pequenas modificações, as quais o solo é submetido na presença de qualquer agente degradante (KLEIN; SORENSEN; REDENTE, 1985; NANNIPIERI; CECCANTI; GREGO, 1990; YAKOVCHENKO; SIKORA; RAUFFMAN, 1996). Estes possuem a capacidade de quantificar o nível de desequilíbrio que um determinado ambiente pode sofrer de acordo com o manejo adotado (DA SILVA GOMES et al., 2015).

No entanto, vale ressaltar que a avaliação da qualidade do solo por meio de seus atributos é considerada complexa devido à multiplicidade das diversas relações existentes entre os fatores físicos, químicos e biológicos, uma vez que a intensidade das alterações que ocorrem entre estes fatores varia de acordo com o sistema de manejo adotado (MAIA, 2013).

3.3 INDICADORES QUÍMICOS

Os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases e de alumínio (SILVA et al., 2012).

A MOS possui um papel fundamental na determinação da carga líquida negativa dos solos e, portanto, na retenção de nutrientes para as plantas. Assim sendo, práticas agrícolas que mantenham ou elevem os teores de Carbono Orgânico Total (COT) no solo são necessárias. Além disso, os solos de regiões que geralmente são ácidos e apresentam baixas reservas de nutrientes (BRIEDIS et al., 2012). Os fatores climáticos atuam intensamente nos solos, influenciando no intemperismo dos mesmos. A matéria orgânica é a principal responsável pela capacidade de troca catiônica (CTC), retenção de água e estruturação do solo (SOUZA et al., 2010).

A acidez do solo limita as altas produtividades das culturas. Os solos podem ser naturalmente ácidos devido à pobreza de bases trocáveis do material de origem ou a fatores que favoreceram a remoção dessas bases durante sua formação. Por outro lado, a acidez dos solos pode ser aumentada por lixiviação, erosão, remoção de cátions básicos pelos cultivos e por alguns fertilizantes nitrogenados, esta acidez pode impedir o pleno crescimento das plantas, além de interferir nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A disponibilidade de

nutrientes pode diminuir, e a presença de elementos na forma tóxica às plantas pode causar efeitos diretos na produtividade das culturas. O calcário é um produto de baixa solubilidade, e sua ação neutralizante depende da superfície de contato e do tempo de reação com o solo (SILVA et al., 2013).

Os altos teores de Ca e Mg trocáveis no solo, aliados aos valores expressos de pH demonstram a importância da prática da calagem, visando reduzir a toxidez de Al e aumentar a disponibilidade de macronutrientes no solo, terras firme da Amazônia, não têm alta capacidade de fixação de fósforo, onde se considera a deficiência de P, acidez e toxidez por Al^{3+} o qual se torna um fator que dificulta a fertilidade desses solos (OLIVEIRA et al., 2013).

A baixa fertilidade do solo encontra-se ligada ao intemperismo na formação do solo, como ocorre no estado de Roraima na formação de Boa Vista, onde a baixa fertilidade é resultante da influência do material de origem pré-intemperizado da Formação Boa Vista (Pliopleistoceno) e, também, em função das condições climáticas da região, de acentuado intemperismo atual. Os baixos níveis de fertilidade dos solos sob savana foram registrados em vários estudos na região (FEITOSA et al., 2016). De modo geral, os solos nas savanas de Roraima são fortemente ácidos, principalmente em superfície, com pH em água, variando entre 4,6 a 5,5, valores que restringem o crescimento das plantas a soma e a saturação por bases e baixa atividade da fração argila, influenciados principalmente pela pobreza química e pela composição mineralógica do material de origem (BENEDETTI et al., 2011, SOUZA et al., 2010, VALE JUNIOR et al., 2011).

3.4 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

Os indicadores de qualidade microbiológica do solo são bastante sensíveis (KASCHUK et al., 2011). Dentre os diversos parâmetros que mais têm sido utilizados para determinar a qualidade do solo, podemos citar a utilização dos indicadores microbiológicos. Dentre estes, se destacam a biomassa microbiana, respiração basal, atividade e diversidade microbiana.

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e macrofauna. Excluindo-se raízes de plantas e animais do solo maiores do que $5 \times 10^3 \mu m^3$, a biomassa microbiana corresponde em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981; MENDES; JUNIOR, 2004), de 1 a 5% do N total do solo (SMITH; PAUL, 1990) e podem controlar funções chaves no solo, como a decomposição e o acúmulo de matéria orgânica, ou

transformações envolvendo os nutrientes minerais, sendo responsável pela ciclagem de nutrientes, por meio de diversas reações metabólicas celulares que são estimadas através da respiração, estando ligadas à decomposição e mineralização da matéria orgânica (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; MAZZETTO, 2016; MENDES et al., 2009).

Por ser um componente instável da matéria orgânica, a biomassa microbiana pode ser uma boa indicadora das alterações resultantes do manejo do solo (BALOTA et al., 1998; MAZZETTO, 2016), apresentando um importante papel na sustentabilidade agrícola e ambiental e nos estudos sobre este reservatório vivo de nutrientes, como por exemplo C, N, P e S no solo, sendo fundamental para a manutenção da vida na terra (ARAÚJO; MELO, 2012). Nos ecossistemas tropicais, onde o N e o P estão entre os principais fatores limitantes para a produtividade, também merecem destaque os processos de fixação biológica do nitrogênio, as relações simbióticas entre plantas e fungos micorrízicos e a ação dos microrganismos solubilizadores de P e os produtores de fosfatase (MENDES; JUNIOR, 2004).

A atividade microbiana está relacionada à degradação ou à qualidade do solo, sendo que as análises de carbono da biomassa microbiana e a relação da respiração basal por unidade de biomassa microbiana são indicadores para esta determinação; além disso, a atividade microbiana do solo pode ser mensurada por meio do quociente microbiano, que representa a relação entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono orgânico total (ISLAM; WEIL, 2000; SILVA et al., 2010), refletindo o percentual de reserva do carbono orgânico total no solo, e podendo perceber quais áreas com baixa atividade microbiana apresentam baixos valores de quociente microbiano, indicando menor reserva de compostos orgânicos nessas áreas (CARNEIRO et al., 2009).

A respiração basal (RSB) do solo é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido. As bactérias e os fungos são os principais responsáveis pela maior liberação de CO₂ via degradação da matéria orgânica (MO) (SILVA et al., 2007). A respiração é um indicador sensível e revela rapidamente alterações nas condições ambientais que, porventura, afetem a atividade microbiana (DE POLLI; PIMENTEL, 2005). Os estados fisiológicos das células microbianas influenciam na respiração basal do solo, assim como a umidade, a temperatura, a estrutura do solo, a textura, a quantidade de matéria orgânica, dentre outros (SILVA et al., 2010). Nesse sentido, a interpretação dos dados de respiração deve ser cautelosa, uma vez que o incremento na atividade respiratória pode ser desencadeada tanto pela alta produtividade de um determinado ecossistema quanto pelo estresse advindo de distúrbios ambientais (SILVA et al., 2007).

A manutenção do estado vital exige que as reações no interior da célula ocorram em velocidade compatível com as exigências momentâneas do indivíduo. Para tal, as reações que integram as diferentes vias metabólicas são moduladas por enzimas, que aceleram ou retardam a velocidade das reações, de modo a atender às necessidades do organismo (BALOTA et al., 2013).

Os microrganismos introduzem no solo um grande número de enzimas, sendo que boa parte delas tem-se revelado ativa no solo, entre as quais se incluem óxido-redutases, hidrolases e transferases (RESENDE et al., 2002), nas quais estão envolvidas na maioria das funções bioquímicas do solo, são muito sensíveis a mudanças no ambiente, sendo capazes de participarem de reações metabólicas intercelulares e desempenharem papel fundamental como catalisadores de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica e estrutura do solo (MENDES; VIVALDE, 2001).

Quando uma enzima é liberada para o solo ela pode ser imediatamente metabolizada pelos microrganismos ou interagir com as superfícies dos colóides do solo, ficando adsorvidas e, conseqüentemente, manter a sua atividade por períodos de tempo mais estendidos (KEDI et al., 2013).

A determinação da atividade enzimática no solo indica mudanças ocorridas na microbiota do solo, sem, entretanto, relacioná-las a algum grupo específico de organismos, bem como proporciona catálise de inúmeras reações necessárias ao ciclo de vida dos microrganismos, e atua na decomposição de resíduos orgânicos durante a ciclagem de nutrientes (BANDICK; DICK, 1999).

Os métodos empregados para medir a atividade das enzimas do solo são geralmente simples, rápidos, acurados e reproduzíveis (TABATABAI, 1982). As enzimas β -glucosidase, fosfatase ácida, arilsulfatase, celulase, urease e amidase são sensíveis à mudança do manejo da cultura, podendo indicar alterações no solo (MATSUOKA et al., 2003, LOPES et al., 2013).

Das enzimas extracelulares nos solos, a β -glucosidase é uma enzima frequentemente utilizada no monitoramento da qualidade do solo devido ao seu papel de degradação da matéria orgânica e nos processos de liberação de uma fonte de energia lábil para microrganismos (STOTT et al., 2010). As glucosidases podem ser encontradas em plantas, animais e microrganismos e desempenham um importante papel no ciclo do carbono, catalisando reações de hidrólise de maltose e celobiose, cujos produtos são importantes fontes de energia para os micro-organismos do solo. Sua atividade pode ser influenciada pela temperatura do solo, pH, qualidade e conteúdo de matéria orgânica (TABATABAI, 1994).

A produção de fosfatase ácida é de grande interesse, uma vez que uma grande proporção de fósforo no solo pode estar em formas orgânicas e assim a hidrólise catalítica pode desempenhar um importante papel na aquisição de fósforo, especialmente em solos tropicais altamente intemperizados (KEDI et al., 2013).

A arilsulfatase, amplamente distribuída no solo, constituem um grupo de enzimas que catalisam a hidrólise da ligação éster de sulfato ligado ao radical aril, sua atividade correlaciona-se positivamente com o teor de matéria orgânica, mas não com o teor de enxofre (MELO et al. 2010).

A urease é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais (COSTA et al., 2003), que participam do ciclo do nitrogênio, contribuindo para a liberação de N inorgânico e catalisam a hidrólise da uréia para CO₂ e amônia, os quais são assimilados por microrganismos e plantas; elas participam da hidrólise dos compostos de aminoácidos que são fornecidos ao solo a partir de plantas e, em menor extensão, pelos microrganismos e animais (SANTOS; MAIA, 2013).

A celulase é uma enzima que catalisa a hidrólise da celulose em unidades de celobiose, que é um dissacarídeo formado por unidade de glicose em ligação β 1, 4., que é posteriormente hidrolisada pela β - glucosidase (MELO et al. 2010).

A amidase é responsável pela mineralização do N orgânico do solo e, conseqüentemente, pela ciclagem do nitrogênio do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Com base em Lopes et al. (2013), foi desenvolvido um quadro para a interpretação dos indicadores biológicos (C-BMS, respiração basal, glucosidade, fosfatase ácida e arilsulfatase) para produção de culturas agrícolas com plantio de milho e soja, em um experimento de longa duração. Os valores do teste do solo foram classificados em um conjunto de categorias interpretativas que descrevem a relação da disponibilidade da cultura de um determinado nutriente (baixo, médio, adequado, e alta).

O experimento, para interpretação desses indicadores microbiológicos, foram realizados em um solo do cerrado com profundidade de 0-10cm, com base no rendimento agrícola acumulado de grãos e no teor de matéria orgânica do solo, conforme Tabela 1. De acordo com as avaliações feitas ao longo do tempo, constatou-se que o nível de matéria orgânica $\leq 205 \text{ mg C kg}^{-1}$ é considerado muito baixo, sendo adequado níveis $< 405 \text{ mg C kg}^{-1}$. Através desse experimento, foi possível estabelecer os efeitos positivos e negativos de diferentes sistemas de manejo. Este trabalho é de grande relevância, pois através da tabela interpretativa são fornecidas informações sobre a eficácia das práticas agrícolas e seus impactos sobre a qualidade do solo.

Tabela 1- Interpretação de indicadores microbiológicos para latossolos vermelhos argilosos do cerrado, na camada de 0-10cm, com base no rendimento relativo acumulado de grão de milho e soja e no teor de matéria orgânica do solo

Atributos microbiológicos (1)	Classes de interpretação		
	Baixo	Moderado	Adequado
Com base no rendimento acumulado			
C-BMS	≤ 215	216-375	>375
Respiração basal	≤ 40	41-90	> 90
B-Glucosidade	≤ 65	66-115	>115
Celulase	≤ 70	71-105	>105
Fosfatase ácida	≤ 680	681-1160	>1160
Arilsulfatase	≤ 40	41-90	>90
Com base no teor da matéria orgânica do solo			
C-BMS	≤ 205	206-405	>405
Respiração basal	≤ 40	41-100	>100
B-Glucosidade	≤ 60	61-140	>140
Celulase	≤ 70	71-115	>115
Fosfatase ácida	≤ 640	641-1150	>1150
Arilsulfatase	≤ 35	36-90	>90

Legenda: 1- Valores de C-BMS e respiração basal expressos em mg de C-kg⁻¹de solo, valores da atividade de β-glucosidase, fosfatase ácida, e arilsulfatase em mg *p*-nitrofenol kg⁻¹ solo h⁻¹ ; celulase expresso em mg glucose kg⁻¹ solo d⁻¹ (LOPES et al. , 2013)

3.5 UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM RORAIMA

Sabe-se que os indicadores microbiológicos podem variar conforme os ecossistemas, sendo influenciados diretamente através dos sistemas de cultivo adotado no solo. Através de vários estudos no Brasil foi possível observar tais variações destes indicadores, conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Indicadores microbiológicos nos ecossistemas brasileiros : Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, com diferentes tipos de manejo do solo

ECOSSISTEMAS		C-BMS mg C kg ⁻¹ de solo	RSB µg g ⁻¹ dia ⁻¹ de C-CO ₂	qCO ₂ µg g ⁻¹ dia ⁻¹ de C- CO ₂ DO C- BMS	βglucosidase	Fosfatase ácida µg g ⁻¹ h ¹	Arilsulfatas e
AMAZONIA	AN (S)	142,6 ¹ -191,6 ²	0,84 ¹ - 0.33 ²	1,7 ¹ – 5,9 ²	-----	-----	-----
	AN (M)	209 ³ - 708 ⁴	-----	3,12 ⁴	-----	-----	-----
	PD	91,03 ¹	9,0 ¹	9.9 ¹	-----	-----	-----
	PC	71,1 ¹ –535,4 ³	2,83 ³ -9.01 ¹	12,7 ¹	-----	-----	-----
CERRADO	AN	420,9 ⁹ – 602 ¹⁰	19,41 ¹¹ - 177 ¹³	0,36 ¹¹	29.2 ⁹ - 41 ¹⁴	1102 ¹³ – 262.4 ⁹	68 ¹⁴ - 89 ¹³
	PD	238 ¹⁴ - 500 ¹⁵	12,83 ¹¹ - 100 ¹²	0,58 ¹¹ – 0,26 ¹²	70 ¹⁴ - 88 ¹⁵	471 ¹⁴ - 612 ¹⁵	50 ¹⁴
	PC	150 ¹⁴ - 261 ¹²	18,25 ¹¹ - 99 ¹²	2.14 ¹¹ - 0,39 ¹²	47 ¹⁴ - 99 ¹⁵	243 ¹⁴ - 291 ¹⁵	16 ¹⁴
MATA ATLÂNTICA	AN	181 ¹⁶	-----	-----	-----	266 ¹⁶	97 ¹⁶
	PD	192,8 ⁵ - 730 ⁶	1.79 ⁸ - 345 ⁶	2.93 ⁸ - 5.83 ⁷	-----	-----	-----
	PC	146,3 ⁷ – 515 ⁶	1.15 ⁸ - 470 ⁶	7.56 ⁸ - 9.46 ⁷	-----	-----	-----

Legenda: 1- ZILLI et al. (2007); 2- SIMÕES et al. (2010); 3- C. C. CERRI et al. (1985); 4- MOREIRA; MALAVOLTA (2004); 5- SANTOS et al. (2004); 6- VARGAS; SCHOLLES (2000); 7- BALOTA et al. (1998), 8- HUNGRIA et al. (2009); 9- MATSUOKA et al. (2003); 11- ANDREA et al. (2002); 12- NUNES et al. (2011); 13- MENDES et al. (2012); 14- MENDES et al. (2002); 15- PORTILHO et al. (2015); 16- BALOTA; CHAVES (2010)

(S) – savana; (M)- Mata; C-BMS- Biomassa microbiana do solo; RSB- respiração basal; QCO₂- quociente metabólico; PD- plantio Direto; PC- Plantio Convencional; AN- Área nativa

O sistema de plantio direto dos diferentes biomas expostos na Tabela 2, apresenta concentração de C-Biomassa Microbiana do solo maior que no sistema de plantio convencional, assemelhando-se a um ambiente natural que não sofreu perturbação ambiental. Segundo Portilho et al. (2015), por não ocorrer o revolvimento do solo, há o acúmulo de palhada sobre o solo que contribui para o aumento de matéria orgânica sobre o solo com ampla diversidade de restos de vegetais, favorecendo as comunidades microbianas deste ambiente.

No bioma da Amazônia, especificamente em Roraima, os valores do carbono da biomassa microbiana são bem inferiores aos encontrados nos demais ambientes, sendo 142,6mg C kg⁻¹ de solo em área nativa de savana seguido de 91,3 6mg C kg⁻¹ de solo em área de plantio direto na savana e 71,16mg C kg⁻¹ de solo em área de plantio convencional na savana. No bioma cerrado são encontrados 420,96mg C kg⁻¹ de solo para áreas nativas, 283, 6mg C kg⁻¹ de solo para áreas de plantio direto e 150, 6mg C kg⁻¹ de solo em áreas de plantio convencional (MATSUOKA et al., 2003; MENDES et al., 2002; SIMÕES et al., 2010; ZILLI et al., 2007).

No entanto, os valores do carbono da biomassa microbiana apresentam-se distintos de acordo com cada forma de manejo do solo. O sistema de plantio direto apresenta um valor expressivo, ou seja, com maior proximidade da área nativa, diferente do sistema de plantio convencional, tanto na Amazônia quanto nos demais biomas, apresentando valores inferiores ao da área nativa. Quando comparado ao cerrado do Brasil central, os valores do carbono da biomassa microbiana da Amazônia são relativamente menores, com maior eficácia do sistema de plantio direto que apresentam maior proximidade ao nível de área nativa, favorecendo assim as comunidades microbianas deste ecossistema (MENDES et al., 2003).

Vale ressaltar que em Roraima apenas dois estudos foram conduzidos para avaliar a atividade microbiana em áreas que foram cultivadas versus áreas nativas de savana (SIMÕES et al., 2010; ZILLI et al., 2007). Um estudo com cultivo de soja, com aplicação de diferentes herbicidas, onde verificou-se que a biomassa microbiana do solo foi maior na área de savana nativa, quando comparada ao cultivo, tanto em semeadura direta quanto convencional (ZILLI et al., 2007). Já em outro cultivo com a leguminosa arborea *Acacia mangium*, foi verificado que os plantios não proporcionaram aumentos significativos do carbono orgânico do solo em comparação às áreas de savana nativa, mas na média geral, esses plantios proporcionaram aumento do carbono da biomassa microbiana do solo e redução do quociente metabólico, indicando a possibilidade de acúmulo de carbono orgânico no solo em longo prazo (SIMÕES et al., 2010).

Diante do exposto, estudos que tenham o objetivo de averiguar como os diferentes sistemas de uso do solo estão influenciando a biomassa microbiana do solo em Roraima fazem-se necessários.

4 MATERIAL E METODO

O estudo foi realizado em áreas de savana e áreas de transição savana-mata, localizadas nos municípios de Boa Vista-RR e Mucajaí- RR.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi desenvolvido no Campo Experimental Água Boa (CEAB) e no Campo Experimental Serra da Prata (CESP), ambos pertencentes a Embrapa Roraima. O CEAB (N 02°40'10,7"; W 060°50'55,8") está localizado a 30 km da cidade de Boa Vista, capital do Estado de Roraima, na margem esquerda da BR-174, em direção à cidade de Manaus, AM, com uma área aproximada de 1.200 há e o CESP (N 02°23'25,3"; W 060°58'59,8") localiza-se a cerca de 12 km do Município de Mucajaí.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O CEAB apresenta características gerais de clima quente e úmido que, segundo Köppen, caracteriza-se por apresentar tipo climático Aw tropical chuvoso, que possui 3.3ma estação seca bem acentuada, apresentando total mensal de chuvas durante pelo menos três meses, inferior a 60 mm, com temperatura média oscilando entre 26 e 28,6 °C e precipitação pluviométrica anual variando entre 1.500 a 2.000 mm, com distribuição irregular, mostrando a ocorrência de dois períodos bem definidos, seco e chuvoso com maiores índices pluviométricos registrados nos meses de maio a agosto, concentrando cerca de 70% do total anual. O tipo de solo encontrado nessa região é classificado como Latossolo Amarelo. A vegetação se caracteriza por uma fisionomia campestre com agrupamento de árvores de pequeno porte adensando, às vezes, nas proximidades dos cursos d'água, que se encontram margeados por filas de palmeiras e de pequenas depressões lagunares temporárias apresentando assim o bioma de savana (RODRIGUES et al., 2000).

O CESP apresenta clima é do tipo Am, segundo o sistema de classificação de Köppen, apresentando duas estações: chuvosa, que vai de abril a agosto, e seca, que vai de setembro a março. O regime de chuvas é caracterizado pela concentração de precipitação (cerca de 58% da precipitação total) nos meses de maio, junho e julho, o que representa o período de maior precipitação. O período de menor precipitação é longo, seis meses, entre outubro e março,

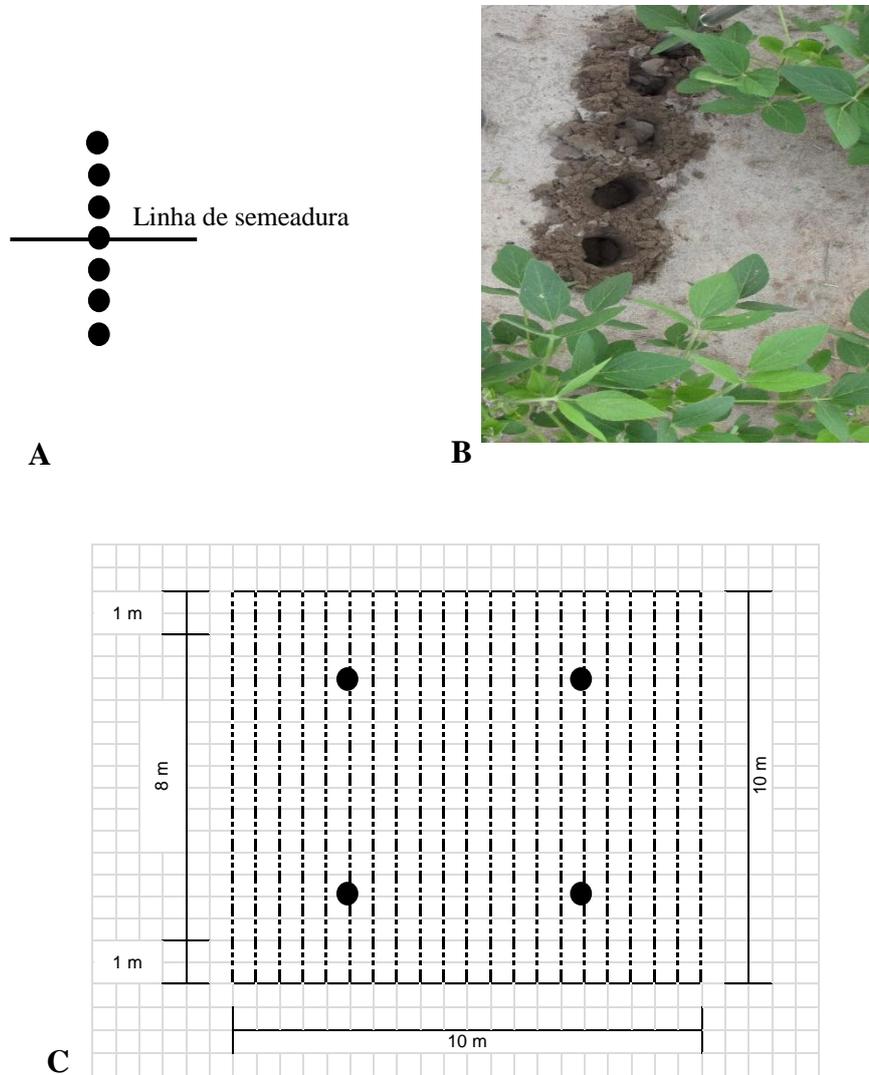
representando cerca de 18% da precipitação total. Um período intermediário é representado nos meses de abril, agosto e setembro, com cerca de 30% da precipitação total (MOURÃO et al., 2003). A precipitação total anual no campo experimental da região da Serra da Prata oscila, em um intervalo de confiança, da ordem de 1510-2145 mm por ano, com uma média anual de 1.844 milímetros (MOURÃO et al., 2003).

4.3 AMOSTRAGEM DE SOLO

As amostras do solo deste experimento foram coletadas em área com sistemas de cultivo convencional com cultivo de milho e soja e em solos com vegetação nativa nos campos CEAB e outro no CESP. Cada experimento possui 12 tratamentos, sendo para o cultivo de soja 04 parcelas, milho 04 parcelas e vegetação nativa 04 parcelas.

Foram realizadas duas coletas anuais de solo, uma no florescimento total dos tratamentos no mês de junho de 2015 período chuvoso, outra logo após a colheita no mês de outubro de 2015, período seco. Foram coletadas em cada parcela 28 amostras simples, para formar uma amostra composta (Figura 1). Estas 28 amostras foram divididas em quatro pontos de coleta dentro de cada parcela, onde em cada ponto foram coletadas uma amostra na linha de plantio e seis amostras nas entrelinhas, tanto para a soja quanto para o milho. Cada ponto de coleta dentro da parcela (Figura 1C) foi realizado 2 metros dentro da parcela e na sexta linha de plantio. As amostras de solo foram coletadas com auxílio de um trado Holandês, na profundidade de 0-10 cm. As amostras compostas de solo coletadas em cada parcela foram acondicionadas em sacos plásticos e estes colocados em caixa térmica, até a chegada ao laboratório. Ao chegar as amostras foram peneiradas em peneira de 4mm e retirado com o auxílio de uma pinça os pedaços de raízes, tecidos de plantas e outros materiais orgânicos grosseiros e, posteriormente, foram mantidas em geladeira em temperatura de 4°C até a realização das análises. Também foi coletada informações sobre a precipitação no ano de 2015 para as duas áreas, estes dados são apresentados nas Figuras 2 e 3.

Figura 1- Esquema de coleta de amostras de solo em experimento de plantio direto na linha de plantio (A); foto da coleta em parcela com plantio de soja (B) e esquema de coleta de amostras compostas dentro de cada parcela (C)



Legenda: A- esquema de coleta de amostra de solo linha de semeadura e entrelinha no plantio direto; B- esquema de coleta de amostra de solo no cultivo de soja na profundidade de 0-10cm e C- esquema de coleta de solo em quatro pontos distintos dentro da parcela do plantio.

Figura 2- Precipitação pluviométrica em milímetros no ano de 2015 no Campo Experimental Água Boa da Embrapa-RR

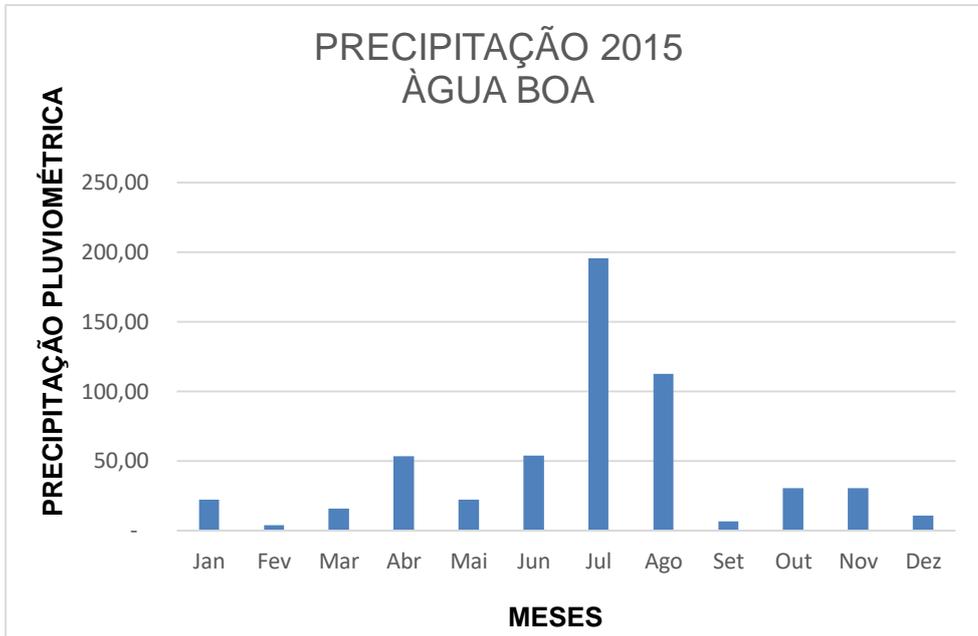
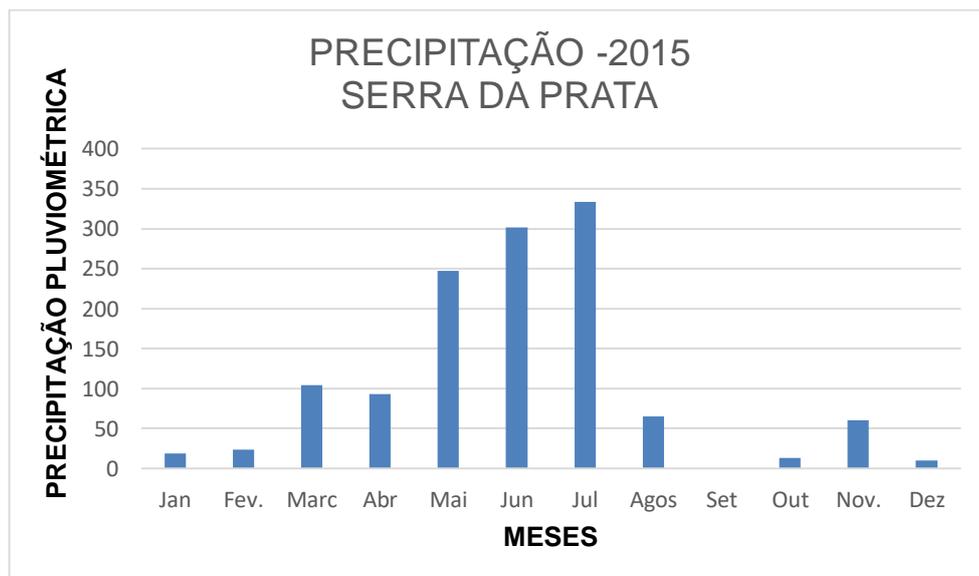


Figura 3- Precipitação pluviométrica em milímetros no ano de 2015 no Campo Experimental Serra da Prata da Embrapa-RR



4.4 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

O pH foi determinado em água utilizando-se porções de 1:2,5 (v/v) de solo- solução. Os cátions trocáveis (Ca^{+2} e Mg^{2+}), extraídos em $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, determinados por espectrometria de absorção atômica. O Al^{3+} , extraído por $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, foi determinado volumetricamente por meio de titulação com $\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$. A acidez potencial foi determinada após a extração com acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0, sendo O H + Al quantificados por titulação com NaOH (EMBRAPA, 1997).

4.5 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Foi determinada a umidade total do solo na capacidade do campo em 20g de solo das amostras compostas, deixando-as secar por 12 horas a 105, 8 °C, no dia seguinte adicionou água até que a frente de molhação atingisse cerca de 40% a 50% do volume de solo, a proveta foi recoberta com papel alumínio, deixando o solo em repouso até a frente de molhação estacionar. Foi retirada uma porção de solo da parte molhada, a qual foi pesada e logo após levada para a estufa até que atingisse o peso constante (VENCE et al., 1987). Após determinar a capacidade de campo, determinou-se a umidade das amostras coletadas no campo, no intuito de calcular a quantidade de água a ser adicionada para manter a umidade em 70% a 100% da capacidade de campo. Para determinação da umidade foi colocada a amostra em uma lata de alumínio numerada e de massa conhecida, onde a mesma foi pesada e em seguida transferida para a estufa a 105- 110°C deixando-a nesta condição por 24 horas, em seguida deixou esfriar e pesou as amostras novamente para a determinação da umidade.

4.6 DETERMINAÇÕES DO CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS-C)

A determinação da biomassa microbiana foi realizada através da quantidade de carbono liberado pelas amostras do solo, utilizou-se o método de fumigação-incubação, de acordo com Vence et al. (1987) conforme descrito abaixo:

As amostras foram subdivididas em oito amostras de 20g; quatro amostras fumigadas, quatro não-fumigadas, foram acondicionadas em frascos de vidro de 100 ml.

As amostras não-fumigadas foram armazenadas em frascos herméticos contendo em seu interior vidros com 10ml de solução de KOH 0,3M, estes foram devidamente vedados e incubados sem a presença de luz por sete dias, manteve-se nas mesmas condições as amostras fumigadas.

No quinto e sexto dia de pré-incubação as amostras foram fumigadas em um dissecador contendo 25ml de clorofórmio e com o auxílio de uma bomba de vácuo. A extração nas amostras já fumigadas e não-fumigadas ocorreu no sétimo dia, após a eliminação dos resíduos de clorofórmio, por meio da adição de 50 ml de solução 0,5 M de sulfato de potássio (K_2SO_4), com o auxílio de um dispensador de 0 a 50 ml.

Por meio de um agitador orbital a 150 rpm, agitou-se por 40 minutos, transferiu-se com o auxílio de uma pipeta para um filtro de papel acoplado a um funil e um tubo de 50 ml. Ao fim da filtração obteve-se o extrato de cada sub-amostra, que em seguida foram direcionadas para a quantificação de carbono. Para a determinação do carbono microbiano (JENKINSON; POWLSON, 1976) transferiram-se 8 ml do extrato previamente filtrado para um erlenmeyer de 250 ml, adicionando em seguida 2 ml de solução 0,066 M de dicromato de potássio, 15ml de solução ácida, levou-se a chapa já quente cobertos com vidro de relógio e deixou ferver por 30. Após esfriar, foram adicionadas cerca de 20 ml de água deionizada e, posteriormente, 04 gotas de Ferronin, com o auxílio de um agitador magnético, o extrato foi titulado com a adição de solução de 0,033 M de sulfato ferroso amoniacal. A quantidade de carbono da biomassa microbiana foi determinada pela diferença entre o carbono extraído das amostras fumigadas e não fumigadas utilizando o k_{EC} de 0,35 (JOERGENSEN; MUELLER, 1996).

4.7 DETERMINAÇÃO DA RESPIRAÇÃO BASAL (RBS)

A respiração basal foi determinada após os sete dias de incubação das amostras não-fumigadas, os frascos contendo a solução de KOH 0,3M durante o período de incubação captou o CO_2 liberado, e foi quantificado por meio da titulação com HCl 0,1N utilizando fenolftaleína 1% como indicador (ANDERSON; DOMSCH, 1978).

4.8 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Avaliou-se a atividade enzimática do solo de duas enzimas que se encontram ligadas aos

ciclos do carbono a β -glucosidase (E.C. 3.2.1.21) e do fósforo, a fosfatase ácida (E.C. 3.1.3.2), através da utilização da metodologia descrita por Tabatabai (1994) com alterações feita por Ieda, (1998) conforme descrito abaixo:

A β -glucosidase foi determinada por meio da colorimétrica do p-nitrofenol liberado pelas β -glucosidases do solo, quando o solo é incubado com uma solução tamponada de p-nitrofenil- β -D-glucopiranosídeo, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 420nm.

Determinou-se a fosfatase ácida através da colorimetria da p-nitrofenol que é liberado pelas fosfatases encontradas no solo quando o solo é incubado com uma solução tamponada de p-nitrofenol fosfato a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 410nm. Para cada determinação utilizou-se $1.00g \pm 0.005$ g de solo por amostra totalizando 04 amostras sendo três repetições e um controle.

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para todas as variáveis foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5 % de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %, em esquema fatorial 2 (épocas) x 3 (tratamentos) no programa Sisvar (FERREIRA, 2008). A partir das variáveis analisadas foi calculada a correlação de Pearson (r) no software R versão 3.2.2 (R CORE TEAM, 2013) por meio do pacote Corrplot.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados decorrentes deste estudo, estão descritos e discutidos nas seções abaixo.

5.1 INDICADORES QUÍMICOS EM ÁREA DE SAVANA

O pH do solo variou de 5,22 em vegetação nativa até 6,22 para o cultivo de milho, sendo as diferenças significativas apenas entre os tratamentos. Os valores maiores de pH em área de soja e milho ocorreram devido à correção prévia do solo antes da instalação do experimento. Os solos de savana são muito intemperizados, conseqüentemente os agentes químicos e biológicos vêm atuando lentamente há milhares de anos, favorecendo a perda de bases trocáveis, se tornando um solo ácido (SOUZA et al., 2010; VENDRAME, 2011).

Quanto aos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ observou-se um comportamento semelhante ao do pH, onde as áreas cultivadas apresentaram os maiores valores diferindo significativamente da área de vegetação nativa, fato este explicado novamente pela aplicação de calcário e adubação do solo nestas áreas. A calagem promove a elevação do pH, da saturação por bases e dos teores de cálcio e magnésio, além de diminuir a solubilidade de alguns íons que em concentração elevada são tóxicos para a maioria das plantas cultivadas, como o alumínio e o manganês (NEVES et al., 2008). Assim, é possível verificar uma redução dos teores de Al e H+Al nas áreas cultivadas, devido também ao efeito da calagem, conforme a tabela 3.

Tabela 3- Atributos químicos do solo sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na savana de Roraima

Tratamentos	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	H+Al	P	MOS
Milho	6,25 a	1,01 a	0,47 a	0,06 a	0,02 b	1,25 b	32,24a	10,36 b
Soja	5,96 a	0,92 a	0,44 a	0,06 a	0,02 b	1,56 b	30,20 a	10,18 b
Vegetação Nativa	5,22 b	0,08 b	0,03 b	0,03 b	0,51 a	2,96 a	1,48 b	15,85 a
CV(%)	5,64	25,44	37,67	41,67	41,90	21,29	38,09	26,74

Legenda: Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Quanto ao K e P, a maior quantidade em área cultivada é devido à adubação e correção + adubação recebida, respectivamente. Para o teor de P, houve diferenças significativas entre as épocas de avaliação, com valores superiores na época de pós-colheita. Esse fato pode ser explicado pela baixa mobilidade e do prolongado efeito residual do P no solo, o qual é liberado gradativamente (MALAVOLTA, 1981). Os solos das regiões tropicais, a exemplo das savanas roraimenses, além da deficiência generalizada de P, apresentam alta capacidade de fixação de fósforo (adsorção e precipitação). Assim, o baixo teor de P é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola no estado de Roraima (VALE JÚNIOR, 2000; VALE JÚNIOR; LEITÃO SOUSA, 2005).

Quanto a MOS, a área de vegetação nativa apresentou valores superiores quando comparada aos demais tratamentos, com 15,85 g kg⁻¹ contra 10,18g kg⁻¹ (soja) e 10,36 g kg⁻¹ (milho), diferindo estatisticamente dos cultivos. Entretanto, os valores observados indicam baixos teores de MOS neste solo, pois valores baixos são aqueles com menos de 15 g kg⁻¹ (1,5%) de MOS (FRAGERIA, 2004). O resultado superior em área de vegetação nativa deve-se provavelmente à presença, ainda que pouca, de restos vegetais sobre o solo e a presença de resíduos de sistemas radiculares da vegetação nativa que não foram perturbados. Vale ressaltar que o baixo teor de matéria orgânica da savana de Roraima é atribuído à baixa capacidade de incorporação de biomassa da vegetação natural e à elevada atividade microbiana decorrente do clima úmido e quente da região de savana (BENEDETTI et al., 2011). É sabido que em áreas nativas a MOS se encontra estável, mas quando submetida ao uso agrícola pode ocorrer redução acentuada em seu conteúdo (BAYER; MIELNICZUK, 2008). O menor teor de MOS em áreas cultivadas é devido ao revolvimento do solo que eleva a entrada de oxigênio no solo e, conseqüentemente, estimula a atividade da microbiota heterotrófica que atua na decomposição da MOS, o que reduz o seu teor no solo.

5.2 INDICADORES BIOLÓGICOS EM ÁREA DE SAVANA

O C-BMS, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (milho, soja e vegetação nativa) no período do florescimento, apesar da vegetação nativa apresentar valor superior (Tabela 4). Já no período de pós-colheita, houve diferenças significativas entre os tratamentos, onde a vegetação nativa apresentou 39,23 mg C kg⁻¹ de solo em relação ao milho (255,42 mg C kg⁻¹ de solo) e soja (139,08 mg C kg⁻¹ de solo). No entanto, quanto aos períodos estudados os tratamentos de milho e vegetação nativa apresentaram diferenças significativas

entre si. A cultura do milho no florescimento apresentou C-BMS de 97,33 mg C kg⁻¹ de solo, enquanto no pós-colheita esta houve um aumento significativo para 255,42 mg C kg⁻¹ de solo. Na vegetação nativa o comportamento foi contrário, onde no período de florescimento, apresentou uma concentração de 128,80 mg C kg⁻¹ de solo e já na época da pós-colheita apresentou um declínio com cerca de 50% apresentando concentração de CBMS de 39,23 mg C kg⁻¹ de solo. A vegetação nativa é formada principalmente por gramíneas, estas no período de chuvas há maior quantidade das raízes e por não terem sofrido nenhum tipo de ação antrópica propiciou valores maiores de C-BMS durante a época de florescimento. Uma vez que o experimento foi desenvolvido em área com o sistema de plantio convencional, este consiste no revolvimento e integração dos resíduos que contribuem para a oxidação da matéria orgânica mais rapidamente, assim apresentando um baixo teor de matéria orgânica no florescimento. No entanto, na pós colheita os restos vegetais ainda presentes foram suficientes para elevar o C-BMS nas áreas cultivadas com milho e soja.

Isto pode ser explicado devido à coleta, logo após a colheita, onde ainda havia restos vegetais das culturas sobre o solo. Estes restos vegetais foram suficientes para elevar o C-BMS. Os valores de C-BMS em área de savana estão de acordo com o obtido por Zilli et al. (2007) em um experimento realizado em savana nativa, semeadura direta e semeadura convencional, encontrou para solo da savana a concentração do C-BMS de 142,6 mg C kg⁻¹ de solo em coletas realizadas durante o período das chuvas. Balota et al., (1998) e Carneiro et al., (2009) também encontraram valores do C-BMS em áreas com soja sob plantio direto, variando de 255,28 mg C kg⁻¹ de solo - 321 mg C kg⁻¹ de solo, e convencional 112,94 mg C kg⁻¹ de solo - 92,40 mg C kg⁻¹ de solo.

Os resultados do C-BMS encontrados em área de vegetação nativa são também similares ao encontrado no Cerrado do Brasil central, onde maiores valores (135 mg C kg⁻¹ solo) foram encontrados em áreas de vegetação nativas no período com alta precipitação pluviométrica e sendo observados valores inferiores (70 mg C kg⁻¹ solo) no período de baixa precipitação (ALVES et al., 2011). A redução no período de pós-colheita para as condições da savana em Roraima foi mais acentuada. Vale ressaltar que a savana de Roraima é semelhante ao Cerrado do Brasil central, mas possui suas particularidades de clima e vegetação. Também no cerrado do Brasil central o C-BMS em áreas cultivadas com milho foi de 106 mg C kg⁻¹ solo (CARNEIRO et al., 2009), valor similar ao obtido no florescimento em Roraima, o resultado de concentração de C-BMS no plantio convencional de milho foi de 97,33 mg C kg⁻¹ de solo.

Tabela 4- Atributos microbilógicos do solo para carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal, β -glucosidase e fosfatase ácida sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na savana de Roraima

Tratamentos	C-BMS		Respiração basal		β -Glucosidase		Fosfatase ácida	
	----- (mg C kg ⁻¹ de solo) -----				----- (μ g ρ -nitrofenol g ⁻¹ h ⁻¹) -----			
Época								
	FL	PC	FL	PC	FL	PC	FL	PC
Milho	97,33 aB	255,42 aA	100,15 aB	152,45 aA	44,79 aA	11,28 aB	238,60 bA	101,70 bB
Soja	72,75 aA	139,08 bA	126,26 aA	138,33 aA	27,49 bA	12,66 aB	330,27 bA	120,07 bB
Vegetação Nativa	128,80aA	39,23 cB	48,77 bA	56,20 bA	28,65 bA	14,42 aB	531,73 aA	236,46 aB
CV(%)	42,41		18,10		16,22		22,60	

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. FL: florescimento. PC: pós-colheita.

Com base nos experimentos de longa duração pela Embrapa Cerrados, foram obtidos dados que favorecem a interpretação dos atributos microbiológicos para a região, de acordo com os rendimentos de grãos de cultura milho e soja e na matéria orgânica do solo, na profundidade de 0-10cm, onde foi determinado para aquelas condições que $C-BMS < 205 \text{ mg C kg}^{-1}$ de solos são considerados níveis baixos e adequados os valores acima de 405 mg C kg^{-1} de solo (LOPES et al., 2013; MENDES et al., 2015). Assim, testes precisam ser realizados para as condições de Roraima, pois em todos os tratamentos, em todas as épocas, os valores encontrados foram baixos, comparado ao cerrado.

Quanto à respiração basal, também houve interação significativa entre os tratamentos e época (florescimento e pós colheita) como mostra a tabela 4, sendo que a vegetação nativa apresentou os menores valores comparados ao milho e soja em ambas as épocas de avaliações. Isto pode ser explicado devido ao preparo do solo, que resulta na diminuição do C-BMS devido ao estresse ocorrido na comunidade microbiana, resultando assim em um aumento da atividade biológica do solo e, conseqüentemente, maior liberação de CO_2 (CARTER, 1986).

Portanto, solos com produção apresentam maiores taxas de liberação de CO_2 do que áreas nativas (SCHMIDT et al. 2012), isto foi verificado neste trabalho. Em estudos realizados por Matsuoka (2003), a respiração basal foi maior em áreas com culturas anuais, áreas preparadas com revolvimento do solo e incorporação da matéria orgânica (plantio convencional). A menor quantidade de liberação de CO_2 na área sob cerrado pode ser um reflexo da maior diversidade de espécies vegetais e, conseqüentemente, da maior complexidade dos resíduos vegetais que atingem a superfície do solo (galhos, ramos, folhas, flores, frutos e sementes). Desta forma, devido à não perturbação do solo em vegetação nativa, estas mantêm menor a taxa de respiração comparadas às áreas cultivadas.

O resultado da atividade enzimática da β -glucosidase no período de florescimento apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, soja com $27,49 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, vegetação nativa com $28,65 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e milho que apresentou o maior valor com $44,79 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Tabela 4). Já na pós-colheita não houve diferenças significativas entre os tratamentos, mas de modo geral houve uma redução de aproximadamente 50% quando comparada à época de florescimento. No entanto, estes valores são inferiores aos encontrados em áreas de Cerrado no Brasil central, onde em área de cerrado nativo foi encontrada uma concentração de β -glucosidase de $76 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (SILVA et al. 2009).

Em condições da savana de Roraima, a β -glucosidase parece ter sofrido maior influência da cobertura vegetal durante o florescimento, pois a área cultivada com milho apresentou maiores resultados da atividade desta enzima. Mas a enzima foi altamente sensível à redução de umidade, pois no período de pós-colheita com baixa precipitação, todos os tratamentos tiveram a atividade reduzida em no mínimo 50%, não havendo diferenças significativas entre as coberturas vegetais.

Para a atividade da fosfatase ácida, houve diferenças significativas no período entre os tratamentos (Tabela 4). A área com vegetação nativa apresentou $531,733 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, o cultivo de milho $330,27 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, e soja com $238,60 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. No período de pós-colheita a área de vegetação nativa também apresentou maior resultado e diferiu-se dos demais tratamentos. Mas assim como na atividade da β -glucosidase, também houve redução para a atividade da fosfatase ácida no período de pós colheita em todos os tratamentos. É sabido que mudanças sazonais no ambiente interferem na umidade do solo, e também influenciam na baixa atividade de fosfatase do solo (MENDES et al., 2012).

Não há estudos publicados da atividade da fosfatase ácida em Roraima. No entanto, trabalhos em áreas de cerrado mostrou que nas áreas nativas há maior concentração de fosfatase ácida com $797 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $868 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ em relação ao plantio convencional, com $243 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $257 \mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (CARNEIRO et al., 2008; MENDES et al., 2003; TRANNIN et al., 2007). Resultados obtidos no leste do Mato Grosso, onde a área nativa de cerradão apresentou maior atividade de fosfatase ácida em relação ao cultivo anual, demonstrou-se a importância dessa enzima na mineralização do fósforo orgânico nas áreas sob vegetação nativa, onde a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para o crescimento das plantas (MATSUOKA et al., 2003).

A menor atividade da fosfatase ácida em áreas de cultivo com milho e soja é devido à correção + adubação fosfatada recebida nas áreas, pois esta enzima está ligada ao ciclo do P e o uso de adubo no solo exercem um efeito inibidor na atividade de fosfatase ácida, é o que ocorre no plantio convencional (MENDES et al., 2003).

Os níveis relativamente altos de atividade da fosfatase ácida, observados nos solos de cerrado altamente intemperizados sob vegetação nativa, podem ser uma resposta microbiana à severa deficiência de P nestas áreas, a produção de fosfatase é estimulada através das raízes das plantas e micro-organismos do solo. Segundo Balota; Chaves (2010), os micro-organismos são as fontes de fosfatase mais produtivas do solo, devido a sua elevada atividade metabólica e curto tempo de vida, por apresentarem várias gerações durante um ano permitem elevadas

quantidades de enzimas, assim as fosfatases são produzidas quando o P disponível atinge o nível crítico para o crescimento das plantas e micro-organismos. Justificando o maior valor obtido em área de vegetação nativa.

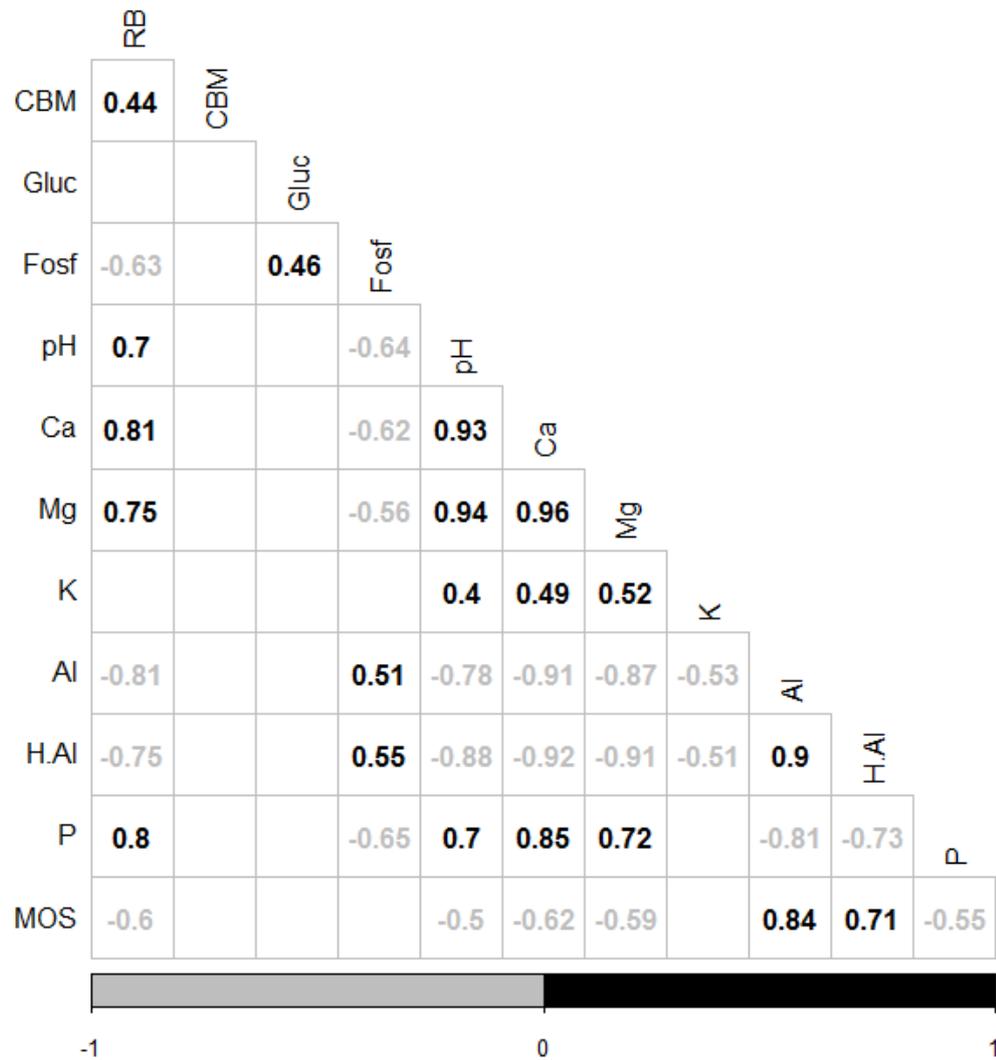
5.3 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS EM ÁREA DE SAVANA

A matriz de correlações demonstrou que há diversas correlações positivas e negativas entre as características biológicas e químicas no ambiente de savana (Figura 5). Notou-se que nas condições estudadas da savana o C-BMS não apresentou correlação com os demais fatores estudados. No entanto, a respiração basal apresentou correlação positiva com C-BMS, pH, Ca^{2+} , Mg^{+} e P, esta correlação ocorreu devido à correção e adubação realizada na área de estudo antes do plantio de milho e soja. Notou-se também correlação negativa com os fatores Al, H+Al, MOS, uma vez que a savana apresenta características de solos arenosos e estes dificultam a proteção física da matéria orgânica, dificultando a formação de agregados, logo, proporcionando perturbação na microbiota do solo.

Ambientes que apresentam baixo teor de MOS possuem maior taxa de respiração basal, enquanto os que apresentam maior diversidade e quantidade de MOS tendem a ter a respiração mais baixa, caracterizando assim estabilidade na biota do solo. No entanto, na savana o teor de MOS foi baixo, o que, conseqüentemente, correlacionou-se negativamente com a respiração basal.

A atividade de β -glucosidase demonstrou correlação somente com a fosfatase ácida (-0.63) (Figura 5). No entanto, a atividade da fosfatase ácida demonstrou correlação negativa com o pH, Ca^{2+} , Mg^{+} e P. Isto ocorreu devido à atividade da fosfatase ser maior em solos com alta deficiência de P, e devido à adubação aplicada no solo inibindo o teor do fósforo orgânico. O que conseqüentemente resultou numa correlação positiva com o Al^{3+} e H+Al.

Figura 4- Correlação de Pearson entre as variáveis biológicas e químicas do solo em área de Savana em Roraima. Os quadrados em branco não foram significativos a $\rho < 0.05$



Logo, é possível observar que as variáveis biológicas da respiração basal e fosfatase ácida foram mais sensíveis às alterações ocorridas no ambiente de savana, devido à variação climática e ao preparo do solo nas áreas de cultivo convencional.

5.4 INDICADORES QUÍMICOS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA

Assim como em área de savana, não houve interação significativa entre os tratamentos quanto aos parâmetros químicos. O pH observado nas áreas de estudo foi relativamente baixo, apresentando resultados de 5,45 em cultivo de milho, 5,46 em soja e 5,81 na vegetação nativa.

O comportamento do Ca^{2+} , Mg^{2+} foi semelhante ao pH, a vegetação nativa apresentou maior concentração diferindo-se estatisticamente das áreas com cultivo de milho e soja, demonstrando a contribuição da matéria orgânica desse ambiente na capacidade de troca de cátions do solo (MENEZES et al., 2002; SANTOS; SALCEDO, 2010).

O teor de K^+ apresentou maior concentração na área de cultivo de soja, diferindo estatisticamente das demais com $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em relação ao milho com $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e vegetação nativa com $0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ podendo assim ser explicado em função de uma menor absorção radicular desse nutriente nos estádios iniciais de crescimento da cultura, ou ainda em função de uma maior proteção do solo contra a lixiviação em relação à área com cultivo do milho, já que as perdas de K^+ no solo podem ocorrer por lixiviação, com a água de escoamento ou por erosão (DUBEUX JUNIOR et al., 2007).

A soja, quando comparada a outras culturas que integram os sistemas de produção, como milho e trigo, mostra-se grande consumidora de K^+ e eficiente no seu aproveitamento ao longo do perfil do solo, com quantidades exportadas muito superiores às demais culturas, alcançando mais de 50% do total absorvido (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013).

Quanto ao Al^{3+} e $\text{H}+\text{Al}$, houve redução nas áreas de cultivo, diferindo-se estatisticamente da vegetação nativa devido à correção realizada antes da montagem do experimento.

Quanto ao teor de P, verificou-se maiores teores no solos cultivados, isto também é devido à correção e adubação recebidas nas áreas com milho e soja (Tabela 5). Estudos têm indicado os baixos níveis desse elemento como sendo um dos fatores mais limitantes ao uso agrícola dos solos na região amazônica (VALE JUNIOR, 2000; VALE JUNIOR et al., 2011). Martins et al. (2006), analisando atributos diferenciais dos solos em campo nativo e matas adjacentes em Humaitá - AM, obtiveram teor médio de fósforo de $1,20 \text{ mg dm}^{-3}$ nos solos sob floresta, valor este bem próximo ao obtido neste estudo ($1,99 \text{ mg dm}^{-3}$).

Tabela 5- Atributos químicos do solo sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na transição de Roraima

Tratamentos	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	$\text{H}+\text{Al}$	P	MOS
			----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----				mg dm^{-3}	g kg^{-1}
Milho	5,45 b	1,36 b	0,23b	0,05 b	0,05b	3,06 a	41,71a	16,78b
Soja	5,46 b	1,23 b	0,24 b	0,13 a	0,07b	3,05 a	40,12a	16,69b
Vegetação Nativa	5,81a	2,89 a	0,97a	0,07 b	0,13a	3,18 a	1,99b	29,37a
CV (%)	2,67	13,87	29,23	27,03	75,51	18,74	64,17	12,29

Legenda: Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação

A matéria orgânica do solo (MOS), como esperado, foi superior vegetação nativa, alcançando $29,37 \text{ g kg}^{-1}$ em relação ao cultivo de milho $16,78 \text{ g kg}^{-1}$ e soja com $16,69 \text{ g kg}^{-1}$, sendo explicado pelo maior aporte de carbono pela biomassa vegetal, principalmente e maior quantidade de matéria orgânica estabilizada (MADARI et al., 2010). O fato da menor quantidade de matéria orgânica ter sido encontrada nos sistemas de cultivo convencional pode ser explicado pela redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo, o que ocasiona a incorporação dos restos vegetais e facilita a rápida decomposição do material de origem (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

5.5. INDICADORES BIOLÓGICOS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA

Houve interação significativa entre os tratamentos e a época para os indicadores biológicos em área de transição savana-floresta. Os indicadores biológicos avaliados nos solos dos experimentos realizados nas duas áreas de estudo (savana e transição savana-floresta) são apresentados na Tabela 6.

Quanto aos resultados do C-BMS, houve diferença entre as áreas estudadas nos dois períodos avaliados (florescimento e pós-colheita). A vegetação nativa apresentou maior concentração de C-BMS ($290,14 \text{ mg C kg}^{-1}$ de solo) diferindo-se dos cultivos de milho ($104,52 \text{ mg C kg}^{-1}$ de solo) e soja ($108,98 \text{ mg C kg}^{-1}$ de solo).

Tabela 6- Atributos microbilógicos do solo para carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), respiração basal, β -glucosidase e fosfatase ácida sob cultivo convencional de milho, soja e vegetação nativa na transição de Roraima

Tratamentos	C-BMS		Respiração basal		β -Glucosidase		Fosfatase ácida	
	----- (mg C kg ⁻¹ de solo) -----				----- (μ g p-nitrofenol g ⁻¹ h ⁻¹) -----			
	Época							
	FL	PC	FL	PC	FL	PC	FL	PC
Milho	104,52 bA	174,94bA	122,49aA	88,52 bA	39,88 bA	17,60 aA	187,10 bA	97,72 bA
Soja	108,98 bB	285,83aA	80,88 bA	116,92 bA	37,44 bA	18,45 aA	211,18bA	89,31 bB
Vegetação Nativa	290,14 aA	305,49aA	153,37 aA	181,66 aA	99,32 aA	23,19 aB	895,34 aA	760,48 aB
CV(%)	25,07		21,90		54,54		20,80	

Legenda: Médias seguidas de mesmas letras minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. FL: florescimento. PC: pós-colheita.

A floresta possui uma grande quantidade de mobilização de carbono disponibilizado pela serrapilheira, por não passar por perturbações decorrentes das práticas agrícolas a microbiota deste ambiente é mais estável. O sistema de plantio convencional contribui com a redução de carbono orgânico total e a densidade e diversidade dos micro-organismos do solo resultando em menor concentração de C-BMS, em função da quebra da estrutura do solo e exposição da matéria orgânica (CARNEIRO et al., 2013). No cultivo de soja no período de pós-colheita houve um aumento do C-BMS de aproximadamente 50% diferindo-se no período de florescimento, enquanto dos demais tratamentos não diferiu entre as épocas estudadas. Isto pode ser devido a presença dos micro-organismos capazes fixadores de N presentes nos nódulos das raízes de soja, beneficiando assim o aumento da biomassa microbiana.

Não há estudos do C-BMS em áreas de transição no estado de Roraima. Assim, quando comparados a resultados encontrados em outros locais em áreas de mata/floresta verifica-se que os resultados de Roraima são inferiores. Por exemplo, em uma área de Cerrado nativo com descrição de mata fechada no Parque Nacional das Emas, em Goiás, encontrou-se C-BMS de 445 mg C kg⁻¹ de solo para área nativa e 371 mg C kg⁻¹ de solo no plantio convencional de milho.

Em florestas secundárias do Rio de Janeiro, foram encontrados resultados variando de 357,39 mg C kg⁻¹ de solo no inverno a 472,09 mg C kg⁻¹ de solo no verão (SILVA et al. 2012). Na região de Castanhal, no estado do Pará, o C-BMS variou entre 924 mg C kg⁻¹ de solo a 538 mg C kg⁻¹ de solo entre o período seco e chuvoso em área de floresta secundária (VASCONCELOS et al, 2015). Neste trabalho, no período seco ocorreu um acúmulo de serrapilheira e conseqüentemente a redução da taxa de decomposição. Desse modo, a baixa precipitação neste período favorece a liberação de nutrientes a partir da folha acumulada, beneficiando a biomassa microbiana do solo. Assim, justifica-se o aumento no C-BMS na vegetação nativa de transição e nos demais tratamentos do período do florescimento para o período de pós-colheita.

Quanto à respiração basal, na época do florescimento verificou-se que o cultivo com milho e vegetação nativa apresentaram os maiores valores, 122,49 e 153,37 mg C kg⁻¹ de solo, respectivamente conforme a tabela 6. Estes valores foram significativamente superiores ao cultivo de soja (80,88 mg C kg⁻¹ de solo). Já para a época de pós-colheita, apenas a vegetação nativa diferiu dos demais tratamentos, apresentando maior respiração basal.

Apesar da vegetação nativa ter apresentado maior concentração de biomassa, devido a quantidade de matéria orgânica (Tabela 6), era esperado uma menor taxa de respiração e conseqüentemente uma baixa atividade biológica. No entanto, em solos com alta concentração

de matéria orgânica humificada, isto pode ser uma exceção, pois a agregação de resíduos e o aumento da serrapilheira em solos florestais favorece o aumento da biomassa microbiana e da atividade da microbiota, podendo ocorrer maior liberação de CO₂, este acontecimento está intimamente ligado ao C da matéria orgânica (BALOTA et al., 1998; ISLABÃO et al., 2012).

Em uma área de floresta secundária no Rio de Janeiro a respiração basal variou de 165,79 mg C kg⁻¹ de solo no verão a 89,64 mg C kg⁻¹ de solo no inverno, apresentando uma diferença de 54% entre os períodos observados. Sendo observado, que o fluxo de CO₂ variou de acordo com a sazonalidade (SILVA et al., 2012). Na região de Minas Gerais, foram obtidos resultados de 104,03 mg C kg⁻¹ de solo em plantio convencional de milho e 275,7 mg C kg⁻¹ de solo em vegetação nativas (SILVA et al., 2010).

Quanto ao comportamento da atividade da β-glucosidase nas áreas amostradas de transição (savana-floresta) na época de florescimento (Tabela 6), observou-se que a vegetação nativa apresentou maior atividade sendo aproximadamente 50% maior que na área de cultivo convencional. No entanto, a vegetação nativa diferiu entre as épocas estudadas, no florescimento com 99,32 μg p-nitrofenol g⁻¹ h⁻¹ e 23,19 μg p-nitrofenol g⁻¹ h⁻¹ no pós-colheita, demonstrou assim, um declínio da atividade da β-glucosidase.

Esta enzima é fundamental na ciclagem de nutrientes do solo e na degradação de celulose. Ao desenvolver sua atividade ocorre a liberação de glicose fonte de energia aos micro-organismos, sendo fundamental no ciclo de carbono do solo, por isso encontra-se ligada ao nível de concentração de C disponível. No entanto, a maior atividade da β-glucosidase pode estar associada não só ao acúmulo da serrapilheira, mas também à qualidade dos restos culturais acumulados na superfície do solo nas áreas (MENDES et al., 2003), uma vez que na floresta nativa a serrapilheira apresenta maior diversidade nos compostos de matéria orgânica depositados sob o solo.

Nunes et al. (2008) demonstrou a variação da β-glucosidase durante períodos do ano da estação seca a chuvosa em uma área de mata no estado de Minas Gerais, onde constatou que no período seco houve uma baixa na concentração da mesma, chegando a uma correlação significativa entre a atividade da β-glucosidase e a quantidade e qualidade de resíduos orgânicos adicionados ao solo, mostrando que a atividade da β-glucosidase apresentou tendência a diminuir de acordo com a baixa umidade do solo.

Para a atividade da fosfatase ácida, verificou-se que a mesma foi menor na área de implantação de plantio direto quando comparada à área de vegetação nativa. A produção dessa enzima é favorecida pela baixa disponibilidade de P às plantas, aos micro-organismos e pode ser inibida por altas concentrações de fosfato inorgânico no solo (TRANNIN et al., 2007). Estes

resultados foram similares aos encontrados nas áreas de savana. No entanto, quanto às épocas estudadas o cultivo de soja diferiu entre o período de florescimento com 211,18 $\mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e pós-colheita 89,31 $\mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e respectivamente a vegetação nativa com 895,34 $\mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ florescimento e 760,48 $\mu\text{g } \rho\text{-nitrofenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ pós-colheita, enquanto o cultivo de milho não diferiu entre os períodos amostrados. Isto pode estar relacionado ao maior teor de matéria orgânica em área nativa, que mantém o solo mais úmido no período de baixa precipitação.

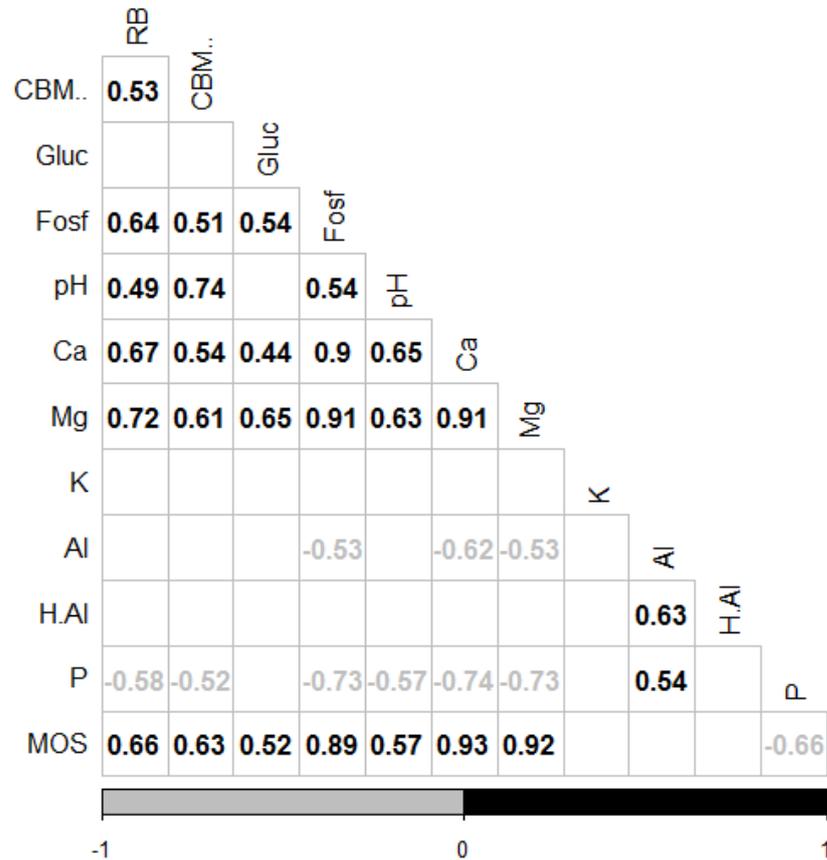
A atividade da fosfatase ácida apresentou valor superior no solo da vegetação nativa em relação à atividade enzimática no solo sob exploração agrícola. Isto também ocorreu em área de savana, indicando que esta enzima pode ser um bom indicador de alterações na microbiota do solo em Roraima. A atividade da fosfatase acompanha o acúmulo de material orgânico e a concentração do sistema radicular, especialmente em sistemas sem revolvimento ou com a vegetação nativa. (COSTA et al., 2008). Assim, justificam-se os altos valores encontrados em área nativa de transição neste experimento.

5.6 CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS EM ÁREA DE TRANSIÇÃO SAVANA-FLORESTA

As variáveis químicas e biológicas analisadas neste experimento, segundo a Correlação de Pearson demonstraram correlações entre si, podendo ser elas positivas e negativas (Figura 6). O C-BMS demonstrou interação positiva com a fosfatase ácida, pH, Ca^{2+} , Mg^{+} , MOS e correlação negativa com o P.

A degradação do fósforo orgânico é realizada por meio dos micro-organismos, logo, a alta concentração de C-BMS encontrada correlaciona-se com a fosfatase ácida; o ambiente de floresta apresentou o pH mais instável, com maior concentração de bases, Ca^{2+} , Mg^{+} e MOS tornando-se um ambiente mais estável para a preservação da biota do solo. Antes da montagem do experimento, a área de cultivo convencional foi corrigida e adubada, fornecendo assim P inorgânico, este influenciando na correlação negativa com as variáveis C-BMS, respiração basal e fosfatase ácida.

Figura 5- Correlação de Pearson entre as variáveis biológicas, químicas do solo em área de transição savana-mata em Roraima. Os quadrados em branco não foram significativos a $p < 0.05$



A respiração basal correlacionou-se positivamente com o C-BMS devido ao teor de matéria orgânica umidificada fornecida pela serrapilheira contida nas florestas, favorecendo assim uma elevada taxa de emissão de CO_2 . Quanto ao pH do solo, Ca^{2+} , Mg^+ , MOS, foi observado comportamento semelhante ao C-BMS descrito anteriormente. A atividade da β -glucosidase teve correlação positiva assim como as demais variáveis já descritas anteriormente, a fosfatase ácida também apresentou comportamento semelhante com, exceção da β -glucosidase, porém com correlações negativas com o Al^{3+} devido ao alto teor encontrado em área nativa. Assim sendo, é possível observar que as variáveis biológicas estudadas neste experimento, encontradas em ambiente de transição (savana-floresta), respondem rapidamente às ações antrópicas ocorridas na substituição de áreas nativas por sistemas de cultivos e as alterações edafoclimáticas.

6 CONCLUSÃO

A calagem promove a elevação da saturação das bases trocáveis do solo e diminui a solubilidade de alguns íons que em concentração elevada são tóxicos para as plantas cultivadas. Na área de transição savana-floresta, a elevada quantidade de MOS é de fundamental importância para a estabilidade do pH, devido ao tamponamento que a mesma exerce nesse ambiente, além de contribuir fortemente com a capacidade de troca de cátions favorecendo assim a saturação das bases trocáveis nestes solos.

Os atributos microbiológicos do solo sofreram maior influência pelas condições edafoclimáticas diferenciadas entre os períodos avaliados, tanto na savana quanto na transição savana-floresta.

Os indicadores biológicos de qualidade do solo responderam rapidamente às alterações antrópicas que ocorrem durante a substituição de vegetação nativa por sistema de cultivo.

Na savana C-BMS não foi um bom indicador para este ambiente, enquanto a atividade microbiana analisada através da respiração basal e fosfatase ácida apresentaram melhor eficácia em resposta às alterações ocorridas tanto antrópicas quanto edafoclimáticas. No entanto, considera-se que ainda é preciso desenvolver mais estudos neste ambiente com as demais variáveis biológicas estudadas.

No ambiente de transição savana-floresta todas as variáveis biológicas estudadas demonstraram ser bons indicadores de qualidade do solo. Cada ambiente possui suas peculiaridades, sendo assim, é indicado que cada um possua seu indicador microbiológico adequado, uma vez que o carbono da biomassa microbiana e a atividade microbiana difere em cada um deles.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. T. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Actasciagron**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.10, n.3, p.215-221, 1978.
- ARAGÃO, D. V. et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n.1, p. 11-18, mar. 2012.
- ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. Biomassa microbiana do solo. **Universidade Federal de Teresina**, Piauí, 2012, 150 p.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, jul./set. 2007.
- ARATANI, R. G. et al. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.
- BABUJIA, L. C. et al. Microbial diversity in an Oxisol under no-tillage and conventional tillage in southern Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 45, n. 5, p. 863-870, 2014.
- BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 31, p. 1471-1479, 1999.
- BALOTA, E. L. Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, n.8, p. 221-278, 2013.
- BALOTA, E. L.; CHAVES, J. C. Enzymatic Activity And Mineralization Of Carbon And Nitrogen In Soil Cultivated With Coffee And Green Manures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n. 5, p. 1573-1583, set./out. 2010.

BALOTA, E. L. et al. 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, out./dez. 1998.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.

BENEDETTI, U.G. et al. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos pliopleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.35, p. 299-312, 2011.

BURNS, R. G. Interactions of enzymes with soil mineral and organic colloids. In: HUANG, P. M.; SCHNINTZER, M. Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. **Soil Science Society of America**, Madison, p. 429-451, 1986.

BRIEDIS, C. et al. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, p.1007-1014, 2012.

CARTER, M. R. Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, n. 1-2, p. 29-40, maio, 1986.

CARNEIRO, M. A et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.147-157, 2009.

CARNEIRO, M. A et al. Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do parque nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1857-1868, nov./dez. 2013.

COSTA, E. A. et al. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, jul. 2006.

COSTA, M. C. G. et al. Volatilização de N-NH_3 de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 631-637, 2003.

COSTA, T. G. A. Manejo agroecológico do solo em áreas sob o cultivo de hortícolas no Município de Corrente, Piauí. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa- PB, v.2, n. 3, p. 167-174, 2015.

COSTA, M. D. et al. **Atividade de fosfatases em solos cultivados e com cobertura vegetal nativa de três regiões de Santa Catarina**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Santa Maria-RS. Anais. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2008. p. 1-5. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237082234_Atividade_de_fosfatases_em_solos_cultivados_e_com_cobertura_vegetal_nativa_de_tres_regioes_de_Santa_Catarina?>. Acesso em: 15 jun. 2016.

DA SILVA GOMES, S. et al. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos verdes sob bases agroecológicas. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata**, v. 114, n. 1, p. 30-37, out. 2015.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (eds.) **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília-DF: Embrapa, 2005.p. 17-28.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B. et al. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, n.47, p.915- 928, 2007.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, CNPS. 2 ed., 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Londrina- PR, 2011 (Documentos 327), 50p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/897259/importancia-da-rotacao-de-culturas-para-a-producao-agricola-sustentavel-no-parana>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

FEITOSA, K.K.A. et al. Relações solo-vegetação em “ilhas” florestais e savanas adjacentes no nordeste de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n. 1, p. 135-146, 2016.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v.6, p.36-41, 2008.

FRAGERIA, K. N. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. v. 4, 2004. Disponível em:<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/solos.htm>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

FILIP, Z. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, n. 2, p. 169–174, fev. 2002.

FRANCHINI, J. C. et al. Soil fertility changes on no-tillage crop rotation systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 459-467, 2000.

HIRAKURI, M. H et al. **Sistemas de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Londrina-PR, 2012 (Documentos 335).

ISLABÃO, G. O. et al. **Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS**. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00507.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2016.

Instituto Agrônômico- IAC. Mecanização do Sistema Plantio Direto. **O Agrônomo**, Campinas, v. 1, n. 57, p. 17-18, 2005.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 79, n. 1, p. 9-16, 2000.

JENKINSON, D. S., LADD, J. N. Microbial biomass in soils: measurement and turnover. In: PAUL, E. A., LADD, J. N. (Ed.). **Soil Biology and Biochemistry**. New York, v. 5, p. 415–471, 1981.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology & Biochemistry**, v.8, p.167-177, 1976.

JESUS, E. C. et al. Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. **Society for Microbial Ecology**, n. 3, p. 1004–1011, 2009.

JOERGENSEN, R. G.; MUELLER, T. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the KEN-fator. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, n.1, p.33-37, 1996.

KASCHUK, G. et al. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, n. 1, p. 467-481, 2011.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how?. **Geoderma**, v. 114, n. 3-4, p. 145-156, jun. 2003.

KEDI, B. et al. Persistence of catalytic activity of fungal phosphatases incubated in tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 56, p. 69-74, 2013.

KLEIN, D. A.; SORENSEN, D. L.; REDENTE, E. F. Soil enzymes: a predictor of reclamation potential and progress. In: TATE, R.L.; KLEIN, D.A. (Ed.) **Soil Reclamation Process. Microbiological Analyses and Applications**. New York: Marcel Dekker, 1985, p. 141-175.

LAMBAIS, M. R. et al. Diversidade , microbiana nos solos: definindo novos paradigmas. In: TORRADO, P. V; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E.J. Tópicos em ciências do solo (Ed.). **Sociedade brasileira de ciencia do solo**, Viçosa, v. 5, 2005, p. 43.

LIMA, A. S. et al. Nitrogen-fixing bacteria communities occurring in soils under different uses in the Western Amazon Regionas indicated by nodulation of siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Plant Soil**, v. 319, n. 1-3, p. 127-145, jun. 2009.

LOPES, A. A. de CASTRO. et al. Air-drying and long-term storage effects on b-glucosidase, acid phosphatase and arylsulfatase activities in a tropical Savannah Oxisol. **Applied Soil Ecology**, n. 93, p. 68-77, abr. 2015.

LOPES, A. A. de CASTRO. et al. Interpretation of Microbial Soil Indicators as a Function of Crop Yield and Organic Carbon. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 77, p. 461-472, fev. 2013.

MAIA, C. E. Qualidade ambiental em solo com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.4, p.603-609, abr. 2013.

MADARI, B. E. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G. et al.,(Org.). **As terras pretas de índio da amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Editora da UFAM/Embrapa CPAA, Manaus, p. 172-188, 2010.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3. ed. **Agronômica Ceres**, São Paulo, 1981. 596p.

MARTINS, G. C. et al. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p.221-227, mar./abr. 2006

MATIAS, S. S. R. et al. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.3, p.414-420, jul./set., 2012.

MANTOVANI, E. C. **Cultivo do Milho**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/ferequip.htm>. Acesso em: 29 maio 2015.

MAZZETO, A. M. et al, Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Solo e Nutrição de Plantas**, Bragantina, v. 75, n. 1, p.79-86, jul. 2016.

MATSUOKA, M. et al. 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.

MELO, W. J. et al. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO, M. V. B. et al. **Biotecnologia aplicada à agricultura**. Brasília: Embrapa, 2010, p. 153-187.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade do solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 32, n.1/ 2, p. 191-209, jan./ ago. 2015.

MENDES, I. C. et al. Biological functioning of brazilian cerrado soils under different vegetation types. **Plant Soil**, v. 359, p. 183-195. 2012.

MENDES, I. C. et al. **Bioindicadores da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 21 p. (Documentos 246).

MENDES, I. C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um latossolo vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.435-443, 2003.

MENDES, I. C. et al. **Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Boletim de desenvolvimento 33).

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. **Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade de agroecossistemas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 34 p. (Documentos 112).

MENDES, I. C.; VIVALDI, L. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. (Ed.). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de galeria**, Planaltina, DF: Embrapa CPAC, 2001. p. 664-687.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO. I.H.; ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 56, p. 27-38, 2002.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- DF, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, nov. 2004.

MONTEIRO, A. C. G.; PONCIANO, N. J. Índice da qualidade do solo com cana-de-açúcar colhida crua e queimada. **Revista Científica Internacional**, v. 1, n. 4, p. 58-70, jan./mar. 2012.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 144p.

MOURÃO JR. et al. **Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003 (Comunicado técnico).

NANNIPIERI, P.; GREGO, S.; CECCANTI, B. Ecological significance of the biological activity in soil. In: BOLLAG, J. M.; STOTZKY, G. (Eds). **Soil Biochemistry**, Marcel Dekker, v. 6, p. 293-355, 1990.

NEVES, O.S.C. et al. Nutrição mineral, crescimento e níveis críticos foliares de cálcio e magnésio em mudas de umbuzeiro, em função da calagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.6, p. 575-583, 2008.

NUNES, R. S. et al. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão de soja – milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 4, v. 35, p. 1407-1419, 2011.

NUNES, L. A. P. et al. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p. 2467-2474, dez 2009.

OLIVEIRA JUNIOR, A. et al. **Adubação potássica na soja: cuidados no balanço de nutrientes**. **Informações Agronômicas**. International Plant Nutrition Institute, n.143, 2013.

Disponível em: < [http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/272AC1ADEF76D54B83257BF80046D30F/\\$FILE/Page1-10-143.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/272AC1ADEF76D54B83257BF80046D30F/$FILE/Page1-10-143.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

OLIVEIRA, S.S. et al. Variabilidade espacial de alguns atributos químicos em áreas cultivadas com soja e arroz no estado de Roraima-contribuições da agricultura de precisão. **Revista Agroecossistema**, Pará, v. 5, n. 2, p. 70-76, 2013.

PARAIZO, D. **Sistemas de preparo do solo para plantio da cana**. 2013. Disponível em:<<http://www.novacana.com/cana/sistemas-preparo-solo-plantio-da-cana/>>. Acesso em: 30 maio 2015.

PEZARICO, C. R. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista ciências agrárias**, Recife, v. 56, n. 1, p. 40-47, jan./mar. 2013.

PEREIRA, M.F.S. et al. Ciclagem do carbono do solo nos sistemas de plantio direto e convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Campina Grande, v.8, n.1, p. 21- 32, abr/jun. 2013.

PORTILHO, I. I. R. et al. Persistência de inseticidas e parâmetros microbiológicos em solo sob sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, p. 22-28, jan. 2015.

PRASUHN, V. On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. **Soil and Tillage Research**, v. 120, p. 137-146, 2012.

QIAN, X. et. al. Changes in the soil nutrient levels, enzyme activities, microbial community function, and structure during apple orchard maturation. **Applied Soil Ecology**, v.77, p.18 -25, 2014.

RAVELLI, M. B. **Rotação e técnicas de manejo de biomassa em sistema plantio direto no cultivo de soja e milho**. 2016. 117p. Tese (Faculdades de Ciências Agrárias e Veterinária), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 338p.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2013. Disponível em:<<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 01 jul. de 2015.

RODRIGUES, T. E. et al. **Caracterização e classificação dos solos do campo Experimental de Água Boa**. Boa Vista RR: Embrapa Roraima, 2000. 45p. (Documentos 54).

SANTOS, V. B. DOS, et al. 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, n. 3, p. 333-338, jul./set, 2004.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Fertilidade nas áreas de várzea e topo em função do uso do solo e posição do relevo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Sergipe, v. 10, n. 2, 2010.

SANTOS, D. C. dos. et al. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1735-1744, 2011.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, Recife, v. 10, p.195-223, 2013.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 4 p. (Comunicado técnico, 99).

SILVA, L. G. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de um latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009.

SILVA, K.S. et al. Alterações das propriedades químicas de um solo reflorestado com *tectona grandisl.* f. na região de Nova Maringá, MT. **Revista Eletr de ude u d de um**, Barra do Garr d, ed. Especial, p. 163-178, set. 2013.

SILVA, M. S. C. et al. Estoque de serrapilheira e atividade microbiana em solo sob sistemas agroflorestais. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 431-441, out./ dez. 2012.

SILVA, R. R. D. et al. Biomassa e atividade microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SCHMIDT, R. O. et al. Biomassa e atividade microbiana do solo em sistema de produção olerícola orgânica e convencional. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.43, n. 2, p. 270-276, fev. 2012.

SIMÕES, S. M. O. et al. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n.1, p. 23-30, mar. 2010.

SMIDERLE, O. J., GIANLUPPI, D., GIANLUPPI, V. Qualidade de sementes de soja produzidas em plantio direto nos cerrados de Roraima - 2005 In: **Reunião de pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**, 28, 2006, Uberaba. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, p.451 – 452, 2006.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M; STOZKY, G., (Eds) **Soil biochemistry**. New York, 1990. p.357-396.

SOUZA, E. D. et al. Biomassa Microbiana do Solo em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Plantio Direto, Submetido a Intensidades de Pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p.79- 88, 2010.

SPOSITO, G.; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

STOTT, D. E. et al. Evaluation of β -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 74, n. 1, p.107–119, 2010.

SSSA - Soil Science Society of America. Statement on soil quality. Madison: Agronomy News, 1995. 200p.

TABATABAI, M. A. Sulfur. In: PAGE, R.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. **Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties**. 2.ed. Madison, 1982. p.501-538.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P. J. (Eds). **Methods of soil analysis: microbiological and biocheminical properties**. Madison: Soil Science Society of Americana, parte 2, p. 778-835, 1994.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUERIA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 31, p.1173-1184, 2007.

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**, v, 24, p. 35-42, 2000.

VASCONCELOS, L. G. T. et al. Effect of water availability on soil microbial biomass in secondary forest in eastern amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 377-384, 2015.

VALE JÚNIOR, J. F. et al. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 5, n. 2, p.158-165, maio/ago. 2011.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos Solos sob Manejo Itinerante em áreas de Rochas Vulcânicas Ácidas e Básicas, no Nordeste de Roraima**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

VALE JÚNIOR, J. F.; LEITÃO SOUSA, M. I. Caracterização e Distribuição dos solos das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; SOUZA, J. M. C. **Savanas de Roraima: etnoecologia, biodiversidade e potencialidades agrosivipastoris**. Boa Vista: FEMACT, 2005, 201p.

VALE JUNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. **Solos sob savana de Roraima: gênese, classificação e relações ambientais**. Boa Vista: Gráfica Ioris, 2010. 219 p.

VENCE, E.D. et al. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p.703-707, 1987.

VENDRAME, P.R.S. et al. Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado. **Semina: ciências Agrárias**, n. 32, v. 1, p. 1657-1666, 2011.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. **Revista brasileira de ciências do solo**, n. 33, p. 743-755, 2009.

VITAL. M. J. S; ZILLI, J. E. Avanços em microbiologia do solo no estado de Roraima, In: BARBOSA, R. I; MELO, V. F. **Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia**. Boa Vista: FEMACT, 2010, p. 409 -429.

YAKOVCHENKO, V. I., SIKORA, L. J.; RAUFFMAN, D. D.A biologically based indicator of soil quality. **Biology Fertility of Soils**, Italy, v. 21, n. 4, p. 245-251, mar. 1996.

ZILLI, J. E. et al. População microbiana em solo cultivado com soja e tratado com diferentes herbicidas em área de cerrado no estado de Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 201-2012, jun. 2007.

