

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ATRIBUTOS BIOQUÍMICOS DO SOLO SOB FORMAS DE
APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Franciane Lemes dos Santos

Engenheira Agrônoma

JATAÍ - GOIÁS - BRASIL

Junho de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ATRIBUTOS BIOQUÍMICOS DO SOLO SOB FORMAS DE
APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Franciane Lemes dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Helder Barbosa Paulino

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JATAÍ - GOIÁS - BRASIL

Junho de 2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)
BSCAJ/UFG

S237a Santos, Franciane Lemes dos.

Atributos bioquímicos do solo sob formas de aplicação de calcário e sistemas de produção [manuscrito] / Franciane Lemes dos Santos. - 2013.

xiii, 69 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Helder Barbosa Paulino

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2013.

Bibliografia.

1. Solo. 2. Produção – Sistema Local. 3. Calcário Agrícola.

CDU: 631.4(817.3)

FRANCIANE LEMES DO SANTOS

TÍTULO: “ATRIBUTOS BIOQUÍMICOS DO SOLO SOB FORMAS DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO”,

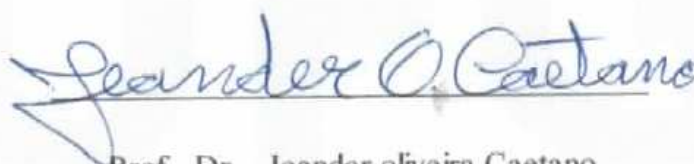
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 10 de junho de 2013, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Helder Barbosa Paulino
Presidente – CAJ/UFG



Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
Membro – CAJ/UFG



Prof. Dr. Jeander oliveira Caetano
Membro Externo– UFG

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FRANCIANE LEMES DOS SANTOS – Filha de Francisco Aparecido dos Santos e Fátima Palmier Lemes dos Santos, nascida no dia 02 de abril de 1987 no município de Aparecida do Taboado-MS, iniciou a graduação na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS) em fevereiro de 2005, sendo bolsista de iniciação científica por três anos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, recebendo o título de Engenheira Agrônoma em 2010. Ingressou no mestrado em fevereiro de 2011 pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG, obtendo o título de mestre em junho de 2013.

DEDICO

*Aos meus pais Francisco e
Fátima e à minha irmã Ravana,
pelo carinho, atenção e apoio em
toda minha vida, sendo essenciais no
cumprimento de mais esta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu o dom da vida, por me iluminado e dado força para concluir mais essa etapa da minha vida.

Aos meus pais Francisco e Fátima que no decorrer da minha vida, proporcionaram-me, além de extenso amor e carinho, os conhecimentos de integridade, da perseverança e de procurar sempre em Deus a força maior para o desenvolvimento como ser humano, não medindo esforços para eu realizar meus sonhos e objetivos, a vocês minha imensa gratidão e sempre amor.

A minha querida “maninha” Ravena que esteve sempre ao meu lado, sendo seu apoio irrestrito em todos os momentos, se privando de muitas coisas em sua vida para eu alcançar meu objetivo. Muito obrigada Rá.

A minha Família, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo de pós-graduação, sempre fizeram entender que o futuro, é feito a partir da constante dedicação no presente. Meus agradecimentos com imenso carinho.

Aos professores Marco Aurélio, Edicarlos, Helder e Jeander que me auxiliaram no desenvolvimento do trabalho de dissertação.

A Capes pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de Jataí, em especial, Alex, Diego, Flávio, Geanderson, Jaqueline, João e Leonardo por todos os momentos que passamos juntos, ora brincadeiras ora sério, trocas, afetos, festas, enfim, todos os momentos que precisei, pelas conversas, risadas, críticas e sugestões. Galera com muita saudade, obrigada.

A todos os funcionários e professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG- Jataí pelo apoio e colaboração, em especial aos técnicos Lucielle, Moni e Marcos Humberto.

Também gostaria de agradecer aos membros da banca, por participarem e opinarem neste trabalho dando sua honrosa contribuição.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1.Cerrado	2
2.2.Sistema de produção	4
2.3.Calagem.....	6
2.4. Atributos bioquímicos do solo	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Descrição e histórico da área	11
3.2. Análises de laboratório.....	14
3.2.1.Carbono da biomassa.....	14
3.2.2.Respiração basal.....	15
3.2.3.Quociente metabólico.....	15
3.2.4.Nitrogênio da biomassa.....	16
3.2.5.Atividade da Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA).....	16
3.2.6.Atividade da fosfatase ácida.....	17
3.2.7.Carbono orgânico total.....	17
3.2.8.Quociente microbiano.....	18
3.3.Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Carbono orgânico total.....	19
4.2. Carbono da biomassa microbiana.....	22
4.3. Quociente microbiano.....	24
4.4. Nitrogênio da biomassa microbiana.....	26
4.5. Respiração basal.....	28
4.6. Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA).....	31
4.7. Fosfatase ácida.....	33
5. CONCLUSÕES	36
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	37

ATRIBUTOS BIOQUÍMICOS DO SOLO SOB FORMAS DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO

RESUMO: A atividade dos microrganismos do solo é influenciada por vários processos do ecossistema, e essa atividade pode evidenciar se o manejo do solo está adequado para o desenvolvimento das plantas e na manutenção da qualidade do solo. Objetivou-se com este trabalho foi avaliar o efeito da forma de aplicação de calcário em diferentes sistemas de produção nos indicadores bioquímicos de um Latossolo Vermelho distrófico no Sudoeste goiano. O experimento foi conduzido no campo experimental da COMIGO em Rio Verde – GO, em Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas as formas de correções de solo (dose parcelada superficial e dose total incorporada) e as subparcelas quatro sistemas de produção de cultivo (S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja), com quatro repetições. As coletas de solo foram realizadas em dezembro de 2011 e agosto de 2012. Pelos resultados pode-se observar que as formas de aplicação do calcário não interferiram nos atributos bioquímicos avaliados, exceto para a atividade da fosfatase após 4 anos da implantação do plantio direto. Os sistemas de produção de culturas alteraram os atributos bioquímicos: respiração e a atividade das enzimas hidrólise do diacetato de fluoresceína e fosfatase ácida, sendo as parcelas com a presença de *Urochloa* as que beneficiaram a atividade da microbiota do solo. Pode-se observar também que o período da safra proporcionou melhores resultados nos atributos estudados devido as condições de temperatura e umidade.

Palavras-chave: Biomassa microbiana, plantio direto, qualidade do solo, *Urochloa*.

BIOCHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL UNDER APPLICATION FORMS OF LIMESTONE AND PRODUCTION SYSTEMS

ABSTRACT: The activity of soil microorganisms is influenced by several ecosystem processes, and this activity can show if the management of this soil is suitable for plant growth and maintenance of soil quality. The objective of this work was to evaluate the effect of the shape of lime application in different production systems on biochemical indicators of an Oxisol in the southwest. The experiment was conducted at the experimental field of COMIGO in Rio Verde - GO in Oxisol. The experimental design was randomized blocks in a 2x4 factorial design with split plots, and the plots forms of patches of soil (surface and split dose total dose incorporated) and subplots four systems of crop production (S₁- Soy/*Urochloa brizantha*; S₂- Soy/spontaneous vegetation; -S₃ Soy/single corn; S₄- + Soy/*Urochloa ruziziensis*+ corn), with four replications. The soil samples were taken in December 2011 and August 2012. From the results it can be seen that the forms of lime application did not affect the biochemical attributes evaluated, except for the phosphatase activity after four years of implementation of tillage. Systems of crop production altered the biochemical attributes: respiration and enzyme activity of fluorescein diacetate hydrolysis and acid phosphatase, and the plots with the presence of those who benefited *Urochloa* the activity of soil microorganisms. It may also be noted that the harvest period provided better results in the attributes studied because the conditions of temperature and humidity.

Keywords: Microbial biomass, soil quality, tillage, *Urochloa*.

1 – INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento da população aliado ao crescente consumo de alimentos resultou na expansão da produção agrícola brasileira. O Brasil produz alimentos em 67 milhões de hectares, sendo que desses, 28 milhões de hectares estão no Cerrado (IBGE, 2013). A região do Cerrado apresenta características favoráveis à produção agrícola como localização, topografia plana e textura dos solos, que facilitam à mecanização (REIS et al., 2008). Apesar dessas características favoráveis, tem sido observada a degradação dos solos dessa região, decorrente do manejo inadequado (ALVARENGA et al., 1999), provocando uma redução na qualidade do solo e conseqüentemente da produção agrícola.

Diferentes sistemas de produção agrícola têm sido adotados extensivamente no Cerrado para buscar a máxima produtividade, utilizando-se práticas que garantam uma agricultura sustentável. Visando a melhoria e preservação da qualidade do solo e objetivando uma menor manipulação do mesmo, vêm sendo adotados sistemas de manejos conservacionistas como o plantio direto e a sucessão de culturas.

O sistema plantio direto tem como característica principal o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os resíduos vegetais em sua superfície, minimizando, assim os efeitos erosivos das precipitações intensas que ocorrem em climas tropicais e aumentando a infiltração da água, devido à cobertura do solo pela adição de resíduos (BORGES, 2010).

A sucessão de culturas é outra prática conservacionista que se baseia no plantio agrícola com ciclo de diferentes espécies de culturas na mesma área visando à melhoria da estrutura do solo (utilização de espécies vegetais com sistema radicular diferente), a fertilidade do solo (adubos verdes), a produtividade e o controle de pragas e doenças. Com isso, o plantio direto e a sucessão de culturas promovem maiores benefícios ao solo em relação ao preparo convencional e monocultivo.

Com a adoção desse novo sistema de cultivo, várias dúvidas vêm surgindo em relação ao manejo da correção da acidez do solo. A calagem é uma prática eficiente na produção das culturas em solos ácidos como os do Cerrado. Em áreas

manejadas sob plantio direto, a correção da acidez mais utilizada é a parcelada anual, com a aplicação de calcário na superfície do solo e sem incorporação (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; AMARAL & ANGHINONI, 2001; CAIRES et al., 2001; FIDALSKI & TORMENA, 2005). Porém, também tem sido utilizada em menor escala a aplicação do calcário em dose única com incorporação no solo, em áreas com semeadura direta que apresentam sinais de degradação (MOREIRA et al., 2001; PRADO, 2003; ALLEONI et al., 2005).

A sucessão de culturas, juntamente com a consorciação das mesmas tem sido utilizada com frequência pelos produtores no Cerrado, aliado ao uso de formas de correção do solo. Porém, é necessário avaliar se esse manejo de solo traz maior sustentabilidade agrícola para a região. Dentro deste contexto estão os atributos bioquímicos, que se destacam pela sensibilidade as mudanças do solo (GUNAPALA & SCOW, 1998; SWEZEY et al., 1998; GOH et al., 2001) .

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do modo de aplicação de calcário em diferentes sistemas de produção nos indicadores bioquímicos de um Latossolo Vermelho distrófico no Sudoeste goiano.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cerrado

O Cerrado é o segundo maior Bioma brasileiro ocupando uma área de 204,7 milhões de hectares (IBGE, 2004), sendo 136 milhões de hectares favoráveis à exploração agrícola (CAETANO, 2011). As culturas de interesse agrícola e as pastagens cultivadas representam 10,5% e 26,5%, respectivamente, do uso da terra no Cerrado (SANO et al., 2008). A região Centro-Oeste, que ocupa grande parte da região do Cerrado, foi a maior produtora de cereais, leguminosas e oleaginosas na safra agrícola 2012, produzindo 72 milhões de toneladas (CONAB, 2013), representando 39,3% do total, ficando o estado de Goiás na quarta posição a nível nacional de produção.

O Sudoeste goiano é composto por vinte e seis cidades, e representa 18% do estado de Goiás (SEPIN, 2007). Inicialmente os solos da região eram cultivados com feijão, milho, mandioca e pastagem nativa (AIDAR & KLUTHCOUSKI, 2003). Com o aumento da população houve a necessidade de aumentar a produção de alimentos, e por esse motivo iniciou-se a substituição e ampliação das áreas de pastagens para áreas com cultivo de grãos. A região do Sudoeste goiano é a maior produtora de grãos do estado de Goiás, com predomínio da cultura da soja e posteriormente na safrinha, com outras culturas como o milho, demonstrando os usos intensos a que os solos do Cerrado estão sendo submetidos.

Apesar desse elevado potencial do agronegócio, este ecossistema vem apresentando altos índices de degradação, devido ao manejo inadequado do solo, provocando processos de erosão, compactação e desestruturação do solo, acarretando prejuízos para o agricultor (AIDAR & KLUTHCOUSKI, 2003).

Grande parte dos solos do Cerrado é apta à agricultura, porém sua sustentabilidade e capacidade de manutenção da produtividade associado à qualidade do solo são frágeis (PAVINATO, 2009). Os solos desse Bioma são muito intemperizados apresentando pequena reserva de nutrientes para as plantas, possuem baixa capacidade de troca de cátions, alta acidez (pH baixo e elevada saturação por alumínio) e baixos teores de matéria orgânica, conferindo uma baixa fertilidade natural dos solos. Essas características fazem com que estes solos apresentem baixa resistência aos processos de degradação. Associado a esses fatores o manejo inadequado dos sistemas produtivos tem provocado à degradação de extensas áreas neste ambiente (ALVARENGA et al., 1999).

Atualmente, buscam-se sistemas de produção de grãos, fibras, carnes e de biocombustíveis com menor possibilidade de degradação do solo. Os sistemas conservacionistas, como o sistema de plantio direto, têm merecido destaque por serem mais sustentáveis (BEUTLER et al., 2001).

2.2. Sistema de produção

A implementação de algumas práticas agrícolas podem mudar o ambiente no perfil do solo. Assim, a busca por sistemas menos impactantes sobre os atributos biológicos, químicos e físicos e menor manipulação do solo, vem sendo adotado nos solos do Cerrado, sistemas de manejos conservacionistas como o plantio direto. Este sistema foi introduzido no Brasil no início dos anos 70 e se baseia nos três fundamentos básicos, sendo: (i) não revolvimento do solo, (ii) cobertura permanente na superfície do solo e (iii) rotação de culturas.

Green et al. (2007) verificaram que o plantio direto mantém alta atividade biológica do solo sendo sensíveis ao manejo em curto tempo. De modo geral, o sistema de plantio direto favorece a qualidade do solo, com capacidade de otimizar a produtividade mantendo a estrutura e integridade e a atividade biológica do solo (BARETA et al., 2005).

Para o sucesso do plantio direto um dos princípios básicos é a rotação de culturas. Esse sistema consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósito comercial e de recuperação do solo (CRUZ et al., 2004).

As vantagens da rotação de culturas são inúmeras. Além de proporcionar a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, se adotada e conduzida de modo adequado e por um período suficientemente longo, essa prática proporciona melhoria nas características do solo, auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas, repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos.

Para a obtenção de máxima eficiência, na melhoria da capacidade produtiva do solo, o planejamento da rotação de culturas deve considerar, preferencialmente, plantas comerciais e, sempre que possível, associar espécies que produzam grandes quantidades de biomassa e de rápido desenvolvimento, cultivadas isoladamente ou em consórcio com culturas comerciais (COAMO, 2006).

Alguns autores relatam que o efeito benéfico da rotação de culturas conduzida em plantio direto se deve à adição de palha no solo, proveniente do

acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais (COLOZZI-FILHO, 2000; KLADIVKO, 2001; FRANCHINI et al., 2007; GOVAERTS et al., 2008) promissores incremento no sequestro de carbono (LAL, 2004), podendo conduzir o solo à uma melhor qualidade ambiental (FRANCO-VIZCAÍNO 1996) e ao estímulo das populações do solo (fauna, mesofauna e microfauna), tal como a biofuncionalidade do solo (AQUINO et al., 2007).

A alternância de plantas com diferentes sistemas radiculares permite-se explorar diferentes profundidades do solo, com avidéz nutricional e potencial de reciclagem diferenciado, proporcionando melhor equilíbrio dos nutrientes e incremento na qualidade e na atividade biológica do solo (CAETANO, 2011). A intensificação dos sistemas de produção aliado a rotação de culturas é uma alternativa para aumentar a produção de alimentos, trazendo mais sustentabilidade ao uso da terra.

Segundo Balota et al. (2004), a rotação de culturas pode mudar o habitat dos microrganismos, devido à extração dos nutrientes pelas plantas, à profundidade das raízes e à quantidade de resíduos que permanecem no solo e seus diferentes componentes. Este sistema tem favorecido o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo (ANGERS et al., 1993; MERCANTE et al., 2008; STEENWERTH & BELINA, 2008; WRIGHT et al., 2008) e proporcionado condições para a recomposição da comunidade microbiológica (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007).

A maior diversificação vegetal promove maior diversidade de microrganismos que incorporam ao solo os resíduos vegetais criando uma condição favorável para a manutenção da comunidade (SILVA et al., 2006; AQUINO et al., 2007) e aumento da produtividade quando comparado ao sistema de manejo convencional (OTSUBO et al., 2008).

Devido aos inúmeros benefícios proporcionados pela rotação de culturas e plantio direto, muitos agricultores vêm utilizando a integração de lavoura e pastagem, buscando a diversificação de seus sistemas de produção e a superação dos problemas advindos dos cultivos anuais sucessivos (OLIVEIRA et al., 2001).

Na região Centro-Oeste, a maior parte das áreas com pastagens cultivadas são formadas por *Urochloa* sp (SALTON et al., 2005), devido a sua boa adaptação as condições edafoclimáticas, grande produção de fitomassa e alta relação C/N, relativa facilidade de eliminação e não ser hospedeira dos principais patógenos das culturas de interesse econômico (STONE et al., 2003), esta espécie torna-se uma boa opção para compor sistemas de rotação lavoura com pastagem (MENEZES & LEANDRO 2004, NOCE et al. 2008).

A integração dos sistemas de produção de grãos e pastagem, em sistema de plantio direto, desponta como uma das opções viáveis, com potencial para aumentar a produtividade, reduzir os riscos de degradação, melhorar o potencial produtivo de grãos e forragem (VILELA et al., 2002), e tem como objetivo maximizar racionalmente o uso da terra, da infra-estrutura e da mão-de-obra, diversificar a produção, minimizar custos, diluir riscos e agregar valores aos produtos, por meio dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona a outra (LUNARDI, 2005; AQUINO, 2007).

2.3. Calagem

A maior parte dos solos sob vegetação do Cerrado estão com excesso de acidez, alta toxidez de Al^{+3} e baixos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} . Assim, para se conseguir melhores produtividades das culturas e uma menor perda de nutrientes, se torna necessária à aplicação de corretivos (SOUSA et al., 1985). Sousa et al. (1993) assegura que entre pH de 5,5 a 6,0 as plantas têm boas condições de absorção de nutrientes tais como fósforo, potássio e nitrogênio.

A acidificação do solo é um processo natural que pode ser acelerado ou intensificado em sistemas agrícolas (CAETANO, 2011), no plantio direto o calcário pode ser aplicado na superfície do solo (CIOTTA et al., 2002). Os produtores evitam a movimentação do solo para preservar a estrutura, além de eliminarem o uso de arações e gradagens para reduzir custos (CIOTTA et al., 2004).

Cassol (1995) afirma que a não incorporação do calcário diminui a superfície de contato entre as partículas de solo, atrasando os efeitos da calagem e limitando as reações às camadas mais superficiais do solo. Entretanto, em semeadura direta,

a acidificação é maior na superfície do solo (CIOTTA et al., 2002). Sendo assim, a aplicação superficial de calcário, ao promover a formação de uma frente de alcalinização descendente a partir da superfície, minimiza a acidificação onde esta é mais intensa (AMARAL, 1998). Por outro lado a aplicação do calcário incorporada traz benefícios às culturas, principalmente em locais sujeitos aos veranicos, pois auxiliam o desenvolvimento do sistema radicular das culturas (CAIRES et al., 2003).

Os trabalhos sobre a correção da acidez do solo em subsuperfície têm mostrado resultados ainda não conclusivos, quando o calcário é aplicado superficialmente (CAETANO, 2011). Algumas pesquisas demonstram que o calcário não se movimenta para os horizontes mais profundos do solo (RITCHEY et al., 1980; PAVAN et al., 1984; RHEINHEIMER et al., 2000; AMARAL & ANGHINONI, 2001), enquanto outras pesquisas mostraram notáveis aumentos no pH abaixo da região de aplicação do calcário, em áreas sob manejo de semeadura direta (OLIVEIRA & PAVAN, 1996; CAIRES et al., 2000).

O baixo pH pode ser um indicador de estresse ambiental refletindo na razão biomassa microbiana e carbono orgânico (ANDERSON & DOMSCH, 1993). A calagem favorece o desenvolvimento microbiano de forma direta, pelo aumento do pH e consequentemente pela disponibilidade de nutrientes às células dos microrganismos (CATTELAN & VIDOR, 1990). Para cada processo de solo realizado pelos microrganismos existe uma faixa de valores de pH crítico (SIQUEIRA & MOREIRA, 1997).

Cada grupo de microrganismos é adaptado a certas condições de pH e preparo de solo, em solos com pH mais baixos, compostos tóxicos são produzidos, ao contrário dos solos com pH mais alto, o que pode interferir na composição da microbiota do solo, para cada situação. Grupos diferentes de microrganismos vão se adaptando às condições do solo (VANCE et al., 1987).

2.4. Atributos bioquímicos do solo

Com o estabelecimento de diferentes agroecossistemas, a biota do solo e os processos realizados por ela sofrem influencia direta da interferência antrópica,

sendo o uso de indicadores bioquímicos um componente importante dos estudos envolvendo a avaliação da qualidade do solo agrícola, devido à sensibilidade para detectar, em etapa anterior em comparação a outros atributos físicos e químicos, alterações desse ambiente em função do uso e manejo, para melhorar ou degradar a qualidade do solo (MATSUOKA et al., 2003; CARVALHO, 2007; SILVA et al., 2010), permitindo a adoção preventiva de medidas corretivas ou de controle, além de identificar a sustentabilidade do sistema (ALVAREZ et al., 1995; MERCANTE, 2001; ALVAREZ & VENEGAS et al., 2002; CHAER et al., 2007).

A biomassa microbiana do solo é a parte viva da matéria orgânica do solo, composta de bactérias, fungos, microfauna e algas, desde que tenham dimensões de até $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$, sendo responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e é influenciada pelo ambiente, como temperatura, umidade, tipo de manejo e cultivo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A atividade dos organismos microbianos é definida pela reação bioquímica catalisada pelos organismos macro e microscópicos do solo, atuando como reservatório de nutrientes vegetais (GRISI & GRAY, 1986), podendo resultar em atividade física (efeito da excreção de polissacarídeos na agregação do solo) e química (enzimas, respiração e produção de calor), promovendo assim inúmeros processos no solo, alterando suas propriedades físico-químicas, e consequentemente, interferindo no desenvolvimento das plantas e na qualidade do meio ambiente (BALOTA et al., 1998).

O reconhecimento da importância dos microrganismos do solo tem levado a um aumento no interesse em se estimar suas atividades (THEODOROL et al., 2003). Frequentemente a determinação da atividade dos microrganismos do solo tem sido feita pela estimativa do C e N da biomassa microbiana (BENINTEDE et al., 2008). Além do mais, a mensuração dessas variáveis pode detectar o efeito do manejo e da rotação de culturas (BALOTA et al., 1998).

O carbono associado à biomassa microbiana é o componente mais ativo da fração lábil, pois transforma e transfere energia e nutrientes para os demais componentes do ecossistema. O carbono da biomassa microbiana (C-BM) tem sido utilizado como indicadores de alterações e de qualidade do solo, uma vez que estão

associados às funções ecológicas do ambiente e são capazes de refletir as mudanças de uso do solo. O C-BM indica a capacidade de reserva de C no solo que participa de vários processos, inclusive o de humificação e perda de C. Quanto maior o carbono microbiano, maior será a reserva do carbono no solo (CARVALHO, 2007).

A respiração é o parâmetro mais antigo usado para quantificar a atividade microbiana do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002) e pode ser obtida pela medição de gás carbônico liberado das amostras durante o período de incubação, representando, então a atividade microbiana (BALOTA et al., 1998). A respiração tem sido sugerida como um indicador sensível da condição ambiental (DE-POLLI & GUERRA, 1997; VARGAS, 2003) por ser uma das poucas frações da matéria orgânica do solo que prediz o acúmulo de C e N no solo (MARINARI et al., 2006; LOGOMARSINO et al., 2009) e pode apresentar significativas diferenças entre os sistemas de manejo (GARCIA & NAHAS, 2007). Através dos dados de respiração e da biomassa microbiana pode-se calcular o quociente metabólico (qCO_2), representado pela taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana (ANDERSON & DOMSCH, 1990).

O quociente metabólico deve ser interpretado com cuidado, uma vez que uma baixa taxa de respiração específica pode indicar que parte da microflora é pouco ativa devido à deficiência de substrato, ou devido à proteção física em agregados (SPARLING, 1992). Pesquisas demonstram que esse índice indica o nível metabólico dos microrganismos e pode ser utilizada como um indicador de estresse/perturbação ou estabilidade do agroecossistema (DE-POLLI & GUERRA, 1997; GIL-SOTRES et al., 2005).

O nitrogênio é um dos elementos mais sensíveis às modificações das condições ambientais, como consequência dos inúmeros processos químicos e biológicos que controlam a sua disponibilidade e perda (MALUCHE et al., 2006). Esse nutriente encontra-se quase totalmente complexado na forma orgânica (98%), dependendo da biomassa microbiana, para a sua transformação e, consequente, absorção pelas plantas. O nitrogênio da biomassa microbiana do solo é liberado para o ambiente de maneira mais rápida que o nitrogênio do material em

decomposição. Por isso, a quantificação desse elemento é muito importante, pois ele controla a disponibilidade e as perdas de nitrogênio inorgânico do solo (SCHLOTER et al., 2003).

Outro indicador muito sensível para detectar as alterações na qualidade do solo são as avaliações da atividade enzimática do solo. Como as enzimas estão presentes em baixas concentrações no solo, a quantificação destas é feita de maneira indireta, através da medida da sua atividade, e não pela sua quantidade (TABATABAI, 1994). Diversas pesquisas agronômicas vêm sendo desenvolvidas a nível mundial com esses indicadores, pois são métodos simples e rápidos, além de se correlacionarem com outras propriedades do solo (CONTE et al., 2002; SCHMITZ, 2003; MATSUOKA, 2006; MELO et al., 2006; PAULA et al., 2006; REIS-JÚNIOR & MENDES, 2006; RIBEIRO et al., 2006).

As enzimas do solo participam das reações metabólicas, responsáveis pelo funcionamento e pela manutenção dos seres vivos (YADA, 2011), e também desempenham papel fundamental, atuando como catalisadoras de várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulases, proteases, glucosidases, galactosidases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, amidases, urease, sulfatase), formação da matéria orgânica e da estrutura do solo (DICK 1994; MENDES & VIVALDI, 2001; BALOTA et al., 2004). A atividade enzimática comumente tem sido utilizada para estimar as mudanças na qualidade do solo devido ao sistema de manejo e rotação de culturas (GIL-SOTRES et al., 2005; BALOTA et al., 2004; GREEN et al., 2007). Maiores valores da atividade enzimática foram verificados por Kremer & Li (2003) em solos conduzidos em rotação de culturas do que em sistemas convencionais manejados em monocultura.

Embora todas as propriedades físicas, químicas e biológicas estejam envolvidas nas funções do solo, as propriedades biológicas tendem a reagir mais rapidamente em curto prazo às mudanças do ambiente, mais do que qualquer outro parâmetro agronômico, por estarem ligadas diretamente ao número e atividade da biota do solo, bem como associadas com propriedades de decomposição de componentes orgânicos e ciclagem dos elementos biogeoquímicos (GREEN et al.,

2007; TRASAR-CEPEDA et al., 2008), em geral usadas para estimar a qualidade do solo pelo manejo adotado (DORAN, 2002; GARCIA & NAHAS, 2007).

A degradação do meio ambiente e a necessidade de produção agrícola sustentável enfatizam a importância de estudos sobre os processos microbiológicos do solo, pois é parte do funcionamento de todos os ecossistemas terrestres (SAGGIN-JÚNIOR & SILVA, 2005). Assim, a avaliação das comunidades microbianas, por meio destas variáveis, tem sido considerada um bom indicador da qualidade do solo, em função dos diferentes sistemas de manejo e rotações de culturas (MERCANTE, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição e histórico da área

Este estudo foi conduzido na cidade de Rio Verde-GO no campo experimental da COMIGO (17°45'49.13"S e 51°01'57.47"O e altitude de 850 m). O clima da região é do tipo Aw (tropical chuvoso), segundo classificação de Köppen, com presença de invernos secos e verões chuvosos.

Os dados climáticos de temperatura média (°C) e precipitação (mm) durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

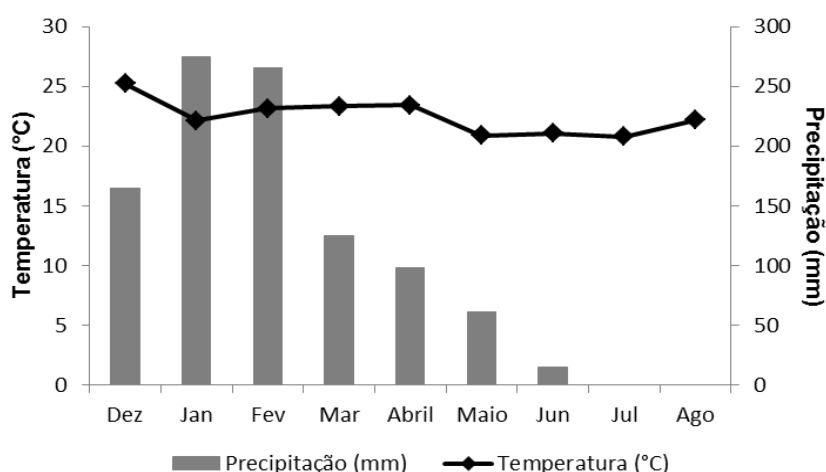


Figura 1. Índices de temperatura e precipitação mensal durante a condução do experimento (Dezembro 2011-Agosto de 2012) (Fonte: INMET)

Na área experimental o solo foi classificado como um Latossolo Vermelho distrófico com textura franco arenosa (Tabela 1). Antes da implantação do experimento a área foi utilizada para cultivos de grãos em sistema de plantio direto durante 20 anos até o inverno de 2007. Em outubro de 2007 foi instalado um experimento de longa duração, em blocos casualizados para avaliação de duas formas de correção de solo e quatro tipos de cobertura vegetal.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo realizadas em outubro de 2007. (Adaptado de CAETANO, 2011).

A: Antes da implantação do experimento

Camada	pH CaCl ₂		Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC _{ef}	CTC pH 7
Cm	-		cmol _c dm ⁻³					
0 a 20	4,93		0,05	2,56	0,54	0,10	3,26	6,33
Camada	V	m	Matéria orgânica		Argila	Silte	Areia	P
Cm	%		g kg ⁻¹				mg dm ⁻³	
0 a 20	50,61	1,61	25,51		381,00	84,00	536,00	10,47

B1: Aplicação parcelada superficial

Camada	pH CaCl ₂		Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC _{ef}	CTC pH 7
Cm	-		cmol _c dm ⁻³					
0 a 20	5,47		0,02	3,43	0,70	0,09	4,24	6,35
Camada	V	m	Matéria orgânica		Argila	Silte	Areia	P
Cm	%		g kg ⁻¹				mg dm ⁻³	
0 a 20	66,28	0,47	27,36		-	-	-	11,55

B2 : Aplicação total incorporada

Camada	pH CaCl ₂		Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC _{ef}	CTC pH 7
Cm	-		cmol _c dm ⁻³					
0 a 20	5,48		0,02	3,31	0,73	0,10	4,16	6,18
Camada	V	m	Matéria orgânica		Argila	Silte	Areia	P
Cm	%		g kg ⁻¹				mg dm ⁻³	
0 a 20	66,86	0,48	26,65		-	-	-	9,61

O estudo constou de um fatorial 2x4 em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas a aplicação de calcário (incorporada total e superficial parcelada) e as subparcelas diferentes sistemas de produção, com 4 repetições em delineamento em blocos casualizados.

O tratamento com correção total foi gradeado e, posteriormente, efetuada uma calagem, com a aplicação de $1,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico (295 g kg^{-1} de CaO, 168 g kg^{-1} de MgO e PRNT de 83%), o calcário foi incorporado com arado de aiveca a 30 cm de profundidade. Após essa primeira gradagem, mais $1,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário foram incorporados com grade leve, totalizando $3,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário, que é a dose total. A dose de calcário foi calculada pelo método de saturação por bases, para elevar à 65%, corrigindo-se para níveis adequados de Ca, Mg e K (SOUSA & LOBATO, 2007). O tratamento com correção parcelada anual recebeu $0,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário, aplicados em dose única sobre a superfície do solo, sem revolvimento. No mês de outubro de 2008, 2009 e 2010 aplicou-se novamente $0,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário, igualando-se à dose de calagem do tratamento com correção total inicial.

Nas parcelas foram utilizadas as duas formas de correção do solo: total inicial (incorporada) e parcelada anual (superficial) ($3.840 \text{ m}^2/\text{parcela}$). Durante o verão de 2011 nas subparcelas (240 m^2) do experimento foram semeadas a cultura da soja (cultivar M 7211 RR), e no inverno 2012 foram utilizadas as seguintes sucessões de plantas: *U. brizantha*, vegetação espontânea, milho solteiro e milho + *U. ruziziensis*, totalizando 32 parcelas.

A cultura da soja foi semeada no dia 20 de outubro de 2011 e a adubação de plantio foi realizada com superfosfato simples na dose de 300 kg ha^{-1} (correspondente a $54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) e KCl 15 dias após semeadura (correspondente a 30 kg ha^{-1} de K_2O). No plantio da safrinha foi realizado apenas adubação com fosfato monoamônico (MAP) na dose de 180 kg ha^{-1} . Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com recomendações agrícolas da região (EMBRAPA, 2006).

Neste trabalho buscou-se reproduzir grande parte das formas de manejo utilizadas atualmente pelos agricultores da região. Para isso, após os cultivos iniciais, procurou-se manter sempre a soja como cultura de verão e os mesmos tipos de cobertura vegetal da entressafra.

Tabela 2. Histórico de manejo dos sistemas de produção ao longo de cinco anos de cultivo (2007 a 2012). Rio Verde-GO (Adaptado de CAETANO, 2011).

Safra 2007/2008	Safra 2008/2009		Safra 2009/2010		Safra 2010/2011		Safra 2011/2012	
Verão	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
<i>U. bri</i>	<i>U. bri</i>	<i>U. bri</i>	Soja	<i>U. bri</i>	Soja	Milho + <i>U. bri</i>	Soja	<i>U. bri</i>
Milho	Soja	V. esp	Soja	V. esp	Soja	V. esp	Soja	V. esp
Soja	Soja	V. esp	Soja	<i>U. ruz</i>	Soja	Milho + <i>U. ruz</i>	Soja	Milho
Soja	Soja	Milheto	Soja	Sorgo	Soja	Milho	Soja	Milho + <i>U. ruz</i>

U. bri - *Urochloa brizantha*, *U. ruz* - *Urochloa ruziziensis*, V.esp - vegetação espontânea, M+Bruz - milho + *Urochloa ruziziensis* e milho - milho solteiro. Culturas semeadas em cada safra: milho 30K73 e soja M7908RR (safra 2007/2008), milheto ADR300 e soja M6101 (safra 2008/2009), soja M7908RR e sorgo D1G10 (safra 2009/2010), soja CD240RR e milho P4285H (safra 2010/2011), soja M7211RR e milho P4285H (safra 2011/2012).

As coletas de solo foram realizadas em dezembro de 2011 (pleno florescimento da soja) e agosto de 2012 (entressafra). As amostras foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, escolhendo aleatoriamente 2 pontos em cada subparcela, onde estas subamostras foram misturadas, formando uma amostra composta que foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em caixas de isopor para serem transportadas até o laboratório. As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Goiás (UFG) Campus Jataí. As amostras compostas passaram por limpeza manual para retirada de restos de raízes e em seguida foram peneiradas e armazenadas em refrigerador a 4°C.

3.2. Análises de laboratório

3.2.1. Carbono da biomassa

O C-BM foi determinado pelo método da fumigação-extração (VANCE et al., 1987), utilizando-se 25 g de solo por amostra, sendo a mesma dividida em triplicatas. O processo de fumigação é realizado através da incubação das amostras em um dessecador contendo um becker com clorofórmio durante 24 horas na ausência de luz. A extração das amostras fumigadas e não fumigadas, foram realizadas utilizando 100 ml de K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹, e agitando as mesmas por 30 minutos. A suspensão foi filtrada em papel filtro Whatman nº 42.

Para a determinação do C-BM foi transferida uma alíquota de 8,0 ml do extrato para um erlenmeyer, adicionaram-se 2,0 ml de dicromato de potássio 66,7 mM ($K_2Cr_2O_7$) e 10,0 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 5,0 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4) concentrado, e levados a fervura branda por 5 minutos. Em seguida procedeu-se a titulação com sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2 6H_2O$) (33,3 mM), utilizando difenilamina como indicador.

Os resultados foram obtidos com a seguinte fórmula:

$$C-BM = (F - NF) / Kc$$

Onde C-BM ($\mu g \text{ C g solo seco}^{-1}$) foi igual amostra fumigada menos a não fumigada dividido pelo fator de correção (0,33) específico para solos tropicais proposto por Feigl et al. (1995).

3.2.2. Respiração basal

A respiração basal do solo, foi determinada pela quantificação do CO_2 produzido a partir do solo incubado por 36h em sistema fechado, sendo o C- CO_2 capturado em solução de NaOH $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, conforme metodologia de (ALEF & NANNIPIERI, 1995). A atividade respiratória (evolução de CO_2) foi quantificada em amostras de 25g de solo. Estas foram colocadas em frascos individualizados hermeticamente fechados contendo 20 ml de hidróxido de sódio (NaOH) $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, para capturar o CO_2 liberado pela respiração microbiana. Após o período de incubação os recipientes foram abertos e adicionou-se 5 ml de cloreto de bário ($BaCl_2$) (0,5 M) no frasco com NaOH e duas gotas de solução de fenolftaleína 1%. Titulou-se a solução com HCl (0,05 M) até a viragem da cor rosa escuro para a incolor.

3.2.3. Quociente metabólico

O quociente metabólico (qCO_2) foi definido pela relação entre respiração e o C-BM, conforme Anderson & Domsch (1993).

3.2.4. Nitrogênio da biomassa

Para determinação do nitrogênio da biomassa utilizou-se a metodologia descrita em Tedesco et al., (1995), a partir do extrato obtido pelo método fumigação extração (VANCE et al., 1987) como descrito em C-BM. Do extrato obtido foram pipetados 20 ml que foram levados ao bloco digestor a 100°C em tubos de digestão por aproximadamente 12 horas, para redução até 5 ml. Posteriormente foi adicionado 0,7 g de mistura digestora e 2 ml de H₂SO₄ à uma temperatura de 250°C por 30 minutos, a cada 30 minutos de estabilização da temperatura aumentou-se 50 graus a temperatura do bloco até atingir 350°C, e nesta temperatura permaneceu por duas horas. Ao final da digestão as amostras ficam com a coloração amarelo esverdeado.

Após a digestão esperou-se os tubos esfriarem para a destilação (Kjeldahl). No destilador foram acrescentados 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) (0,05 N e 13 M) recolhendo-se aproximadamente 50 ml em erlenmeyer, com 10 ml da solução indicadora previamente pipetada. Em seguida as amostras foram tituladas com H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹ até ocorrer a mudança da cor verde para a rosa.

3.2.5. Atividade da Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)

A mensuração da atividade enzimática do solo utilizando a FDA tem como princípio a determinação colorimétrica da fluoresceína hidrolisada, que é o resultado da ação de várias enzimas hidrolíticas encontradas no solo (MAIA, 2004). Este método mede a taxa de desenvolvimento da biomassa microbiana através da coloração desenvolvida pela fluoresceína, o que pode ser quantificada espectrofotometricamente (DIACK, 1997).

Em um recipiente com capacidade para 50 ml foram pesados 3 g de solo úmido e adicionaram-se 50 ml de solução tampão fosfato de sódio com fluoresceína. Os copos foram tampados e agitados por 5 minutos e depois acondicionados por uma hora em uma temperatura de 35° C, quando retiradas da estufa as reações

foram interrompidas pela adição de acetona (2 mL) e agitadas novamente por alguns segundos.

O sobrenadante foi filtrado em papel filtro Whatman nº42. Para leitura no espectrofotômetro procedeu-se diluição de 1 ml do filtrado com 2 ml da solução tampão e então feitas as leituras da absorção em 490nm. Calcula-se a concentração de fluoresceína produzida pela referência plotando no gráfico os resultados obtidos com solução padrão nas concentrações: 0, 100, 200, 300, 400 e 500 mg de fluoresceína.

3.2.6. Atividade da fosfatase ácida

A atividade da fosfatase ácida foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Dick et al.(1996). Em 1 g de solo foram adicionadas as seguintes soluções: 4 mL de tampão a pH 6,5 (MUB pH 6,5) e 1 ml de p nitrofenol fosfato - PNF(0,05 M), em seguida as amostras foram tampadas, agitadas e acondicionadas a temperatura de 37° C por uma hora. Depois deste período a reação foi interrompida com adição de 1 ml de CaCl_2 (0,5 M) e 4 ml de NaOH (0,5 M), e levadas para agitação por 2 minutos. As amostras foram filtradas com filtros Whatman nº42.

Em 1 ml do filtrado foi adicionado 9 ml de água destilada e feito leitura no espectrofotômetro a 410 nm, através da quantidade de p-nitrofenol liberado no extrato filtrado. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão, onde os pontos obtidos pela leitura da absorbância nas concentrações de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 µg de p-nitrofenol.

3.2.7. Carbono orgânico total

O carbono orgânico (Corg) total foi determinado segundo metodologia da Embrapa (1998). Foram pesados 0,5 g de solo em erlenmeyer e adicionados 10 ml de solução de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (0,0667M). As amostras foram aquecidas em chapa elétrica até a fervura branda por 5 minutos. Após o resfriamento, foram adicionados 80 ml de

água destilada, 1ml de H_3PO_4 concentrado e 3 gotas do indicador difenilamina a 10g L^{-1} . A mensuração do Corg foi feita por titulometria com solução de sulfato ferroso amoniacal (0,102 M). A viragem ocorre quando a cor azul desaparece, dando lugar à verde.

3.2.8. Quociente microbiano

O quociente microbiano (q_{mic}) foi definido pela relação do C-BM e C orgânico total do solo (Cm/Corg).

3.3. Análise Estatística

As análises de variância foram efetuadas para os atributos avaliados. Os resultados foram transformados com o uso da função $y = \log x$ (logaritmo base 10) para as análises de variância. Após esse procedimento, os valores foram comparados pelo teste de Tukey a 5 %, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo do quadro de análise de variância das variáveis estudadas nas duas épocas da coleta encontra-se na tabela 3. Nota-se que as variáveis Corg, C- CO_2 e atividades enzimáticas apresentaram diferenças significativas, já para o C-BM, Cm/Corg, N-BM e $q\text{CO}_2$ não foram observadas diferenças significativas pelo teste F.

Tabela 3: Resumo das análises de variância nas duas épocas.
A: Safra 2011/2012

Fonte de variação	Corg	C-BM	Cm/ Corg	N-BM	C- CO_2	$q\text{CO}_2$	FDA	Fosfatase
Correção (Parcela)	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Sistema (Subparcela)	ns	ns	ns	ns	*	Ns	**	**
Sistema x Correção	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
CV% (Parcela)	8	94	82	45	38	46	4	4
CV% (Subparcela)	14	48	46	42	34	28	4	4

B: Entressafra 2012

Fonte de variação	Corg	C-BM	Cm/ Corg	N-BM	C-CO ₂	qCO ₂	FDA	Fosfatase
Correção (Parcela)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Sistema (Subparcela)	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Sistema x Correção	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV% (Parcela)	9	61	62	50	24	41	6	6
CV% (Subparcela)	8	83	89	59	36	46	14	6

** P<0,01; * P<0,05 e ns - não significativo (P>0,05) pelo teste Tukey. CV - coeficiente de variação.

4.1. Carbono Orgânico total

Para Corg a análise estatística não apresentou diferença para a forma de aplicação de calcário e para os sistemas de produção na primeira coleta (Tabela 4). Com relação à forma de aplicação de calcário, observa-se na tabela 1 que as formas de aplicação do calcário não apresentaram variações substanciais nos atributos químicos avaliados, consequentemente não causando alterações na produção de biomassa microbiana e no Corg.

D'Andréa et al. (2002) não observaram diferenças para o Corg em superfície na comparação de sistemas de manejo com semeadura direta de milho, feijão e arroz. Steiner et al. (2011), avaliando sistema de produção em rotação ou não com culturas de cobertura, também não verificaram influências significativas nos teores de Corg do solo, atribuindo tal efeito à rápida mineralização da matéria orgânica dos resíduos vegetais em função das altas temperaturas e umidade, corroborando com os resultados encontrados na safra deste estudo.

Tabela 4: Concentração do carbono orgânico total submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na safra 2011. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
Corg (g Kg ⁻¹)					
T ₁	28,86	26,41	25,72	26,34	26,86 a
T ₂	32,49	25,47	27,31	29,29	28,64 a
Média	30,68 A	25,94 A	26,51 A	27,81 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/Soja.

Já para a segunda coleta, os valores do Corg apresentaram diferença para os sistemas de produção utilizados (Figura 2). Os valores obtidos corroboram com os encontrados por Rangel & Silva (2007) e Martins (2011) e são superiores aos obtidos por Carneiro et al. (2009) e Perez et al. (2005). Com relação aos sistemas de produção com *Urochloa*, observa-se que estes resultaram em maior estoque de Corg. Este fato pode ser devido à quantidade de resíduos vegetais depositados sobre o solo, sendo que as áreas com vegetação espontânea e milho praticamente não apresentavam resíduos vegetais remanescentes na segunda coleta. Esses resultados ressaltam a importância do alto aporte de resíduos vegetais no sistema de plantio direto quando se visa ao acúmulo de Corg no solo, similarmente ao que já foi observado por Lovato et al. (2004), Bayer et al. (2006) e Costa et al. (2008).

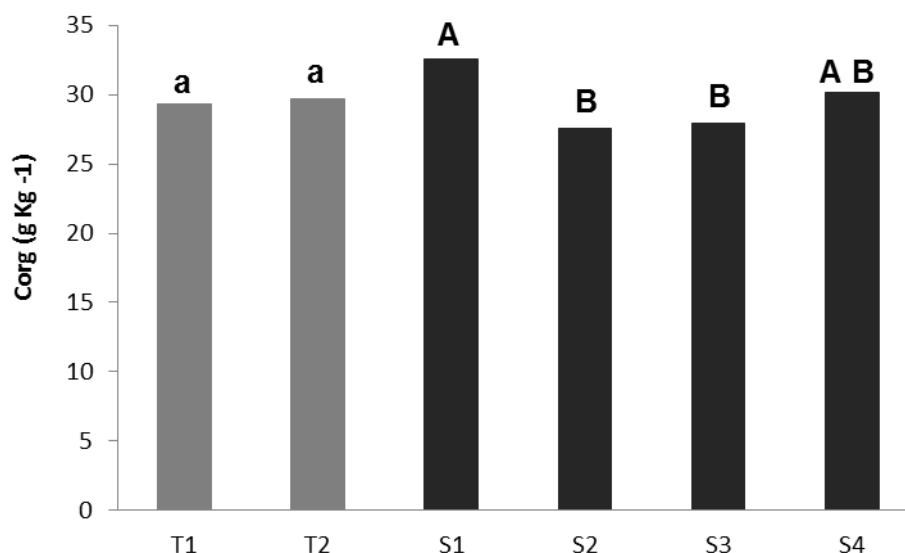


Figura 2. Concentração do carbono orgânico total submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na entressafra 2012. Rio Verde-GO. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃-milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

O solo sob pastagem (S1), quando comparados aos demais, apresentou cerca de 15% a mais Corg do solo na entressafra (Figura 2). Fontana (2001) observou que nesse tipo de sistema, a intensa adição de Corg por meio da renovação de um sistema radicular abundante, favorece a decomposição constante

da matéria orgânica, propiciando um incremento do Corg. Carneiro et al. (2009) ainda relatam que um sistema radicular abundante e agressivo, alocam uma fração maior do carbono fotossintetizado para as raízes, e podem ser mais eficientes em aumentar os estoques do Corg no solo.

Havlin et al. (1990) evidencia que os sistemas de manejo que incluem sucessões de culturas com alta capacidade de produção de fitomassa possibilitam aumento da área cultivada no sistema plantio direto com incremento do Corg do solo. A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais abundante o sistema radicular, maior será a produção de biomassa.

As espécies do gênero *Urochloa*, de maneira geral, vêm sendo consideradas opções proeminentes na formação da palhada para o sistema de plantio direto, devido à boa produção de fitomassa (NUNES et al., 2006). As diferenças encontradas para o Corg neste estudo se deve à quantidade de resíduo vegetal deixada sobre o solo pelos diferentes tratamentos, onde os S1 e S4 estavam com resíduos dessa espécie forrageira (Figura 2). Esse resultados são comprovados por Chioderoli et al. (2010). Os autores avaliando sistemas de produção observaram maior quantidade de matéria seca em áreas com presença de *Urochloa* (*U. brizantha* 9,14 Mg ha⁻¹; *U. ruzizienses*+ milho 11,54 Mg ha⁻¹ e milho 2,65 Mg ha⁻¹).

A cobertura vegetal é a principal responsável pela adição ao solo de compostos orgânicos primários sintetizados no processo de fotossíntese, que, dependendo da quantidade de resíduos depositados no solo, poderá resultar em aumento no teor de carbono do solo (FARIA et al., 2008).

Solos submetidos a sistemas conservacionistas de manejo podem aumentar o estoque de Corg, pois existe uma tendência em armazenar mais carbono. Esse fato pode estar ligado a dois fatores principais: proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, favorecida pela oclusão do carbono nos agregados do solo; e proteção química dos compostos orgânicos por meio da interação destes com os minerais e cátions do solo, o que dificulta a sua decomposição (PAUL & CLARK, 1989).

Marcolan (2002) estudando o efeito de reaplicações de calcário em sistema plantio direto, observou que o revolvimento do solo a cada quatro anos não ocasionou mudanças no teor de Corg, em relação ao plantio direto contínuo por mais tempo (8 e 12 anos), resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho, onde a forma de aplicação do calcário não teve influencia no Corg.

Esses resultados indicam que um eventual revolvimento, seguido de um retorno ao sistema plantio direto, não ocasionaria grande prejuízo ao Corg. Assim, como comenta Mendez (1996), quatro anos é tempo suficiente para recuperar o estado original das quantidades de Corg, sendo este solo bem manejado, fato que pode se repetir na região estudada.

4 2. Carbono da biomassa microbiana

Os resultados de C-BM encontrados nas duas coletas não diferem entre si estatisticamente tanto para forma de aplicação de calcário como para a sucessão de culturas (Tabela 5).

Analizando todos os tratamentos, entende-se que apesar da não diferença estatística os valores das médias para a primeira coleta (safra) foram mais elevados. Esses resultados podem ser explicados devido à relação C/N dos materiais vegetais estudados, onde os valores da relação C/N giram em torno de 30, 40 e 60 para soja, *Urochloa* sp. e milho, respectivamente (SILVA & RESCK, 1997; WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997). Materiais com alta relação C/N sofrem uma decomposição mais lenta, conseqüentemente tem uma maior persistência da palhada no solo. Os resíduos vegetais são fonte de energia (carbono) e nutrientes para a maioria das populações microbianas do solo, aumentando assim, a atividade biológica e melhorando as relações ecológicas (POWLSON et al, 1987).

A baixa relação C/N da soja em conjunto com a ação do clima (HOLTZ, 1995) tem influencia na atividade dos organismos (MOORE, 1986). Fato que explica os menores valores do C-BM na entressafra, onde os índices de precipitação foram baixos e temperatura elevados.

Tabela 5: Concentração do carbono da biomassa microbiana submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
C-BM (µg C g solo seco ⁻¹) – Safra					
T ₁	91,58	179,42	126,28	127,51	131,20 a
T ₂	175,99	245,82	247,29	252,45	230,38 a
Média	133,78 A	212,62 A	186,79 A	189,98 A	
C-BM (µg C g solo seco ⁻¹) – Entressafra					
T ₁	101,81	121,54	75,98	67,07	91,60 a
T ₂	186,45	220,43	103,66	123,64	158,55 a
Média	144,13 A	170,99 A	89,82 A	95,35 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Em 2011, na primeira coleta, as áreas estavam cobertas com soja, e com precipitação média de 16mm por dia, já em 2012, no período da segunda coleta houve um período de estiagem acompanhado por altas temperaturas, a área estava com pouca quantidade de palhada das culturas de inverno, o que pode ter favorecido a menor concentração de C-BM. Este fato também foi observado por Martins (2011) e Balota et al. (1996). Segundo Barroti & Nahas (2000) e Silva et al. (2007) melhores condições edáficas e adequada cobertura vegetal, beneficiam o desenvolvimento de microrganismos.

Os valores do C-BM obtidos estão na mesma faixa aos já observados por outros autores, em condições edafoclimáticas diversas (BALOTA et al., 1998; GAMA-RODRIGUES et al., 2005; MARCHIORI JÚNIOR et al., 2000; MELO, 2000; MELLONI et al., 2001; SILVEIRA et al., 2006; ALVES et al., 2011).

Nota-se que apesar de não haver diferenças entre os tratamentos de formas de aplicação de calcário, observou-se redução de 60% no C-BM na época da entressafra em relação à safra. Estes resultados estão ligados ao período da coleta, ao tipo de cultura predominante na área contribuindo para o efeito rizosférico, aumentando assim a disponibilidade de substratos orgânicos para a comunidade microbiana do solo. Conforme Catelan & Vidor (1990) e Souto et al. (2008) as diferentes condições climáticas ocasionadas pelas estações do ano alteram as

relações que ocorrem entre o solo e a cobertura vegetal, sendo assim, a atividade microbiana do solo também apresentará flutuação.

Andrade et al. (1995) e Cattelan et al. (1997) evidenciam que é possível que em solos com a acidez corrigida, ocorra um aumento de carbono disponível para os microrganismos aumentando a atividade microbiana sem, no entanto, alterar a biomassa microbiana total, o que foi observado neste trabalho. Os autores ainda relatam que esse efeito é muito importante, pois, com uma maior atividade microbiana, aumenta-se a taxa de mineralização e a velocidade de ciclagem de nutrientes, sem uma correspondente imobilização de nutrientes pela biomassa microbiana.

4.3. Quociente microbiano

Para o quociente microbiano (C_m/C_{org}) não foram observadas diferenças estatísticas tanto para safra quanto para entressafra (Tabela 6). Estes resultados corroboram com dados de C-BM, os quais apresentaram pequena variação entre tratamentos estudados, porém encontrando uma maior concentração na primeira coleta, onde as parcelas apresentavam boa cobertura vegetal com a cultura da soja, sistema radicular abundante, com liberação de exsudatos radiculares, grande deposição de serrapilheira, proporcionando o aumento e manutenção da população de microrganismos do solo. Este fato é confirmado através do quociente microbiano, onde os resultados mostram que na maioria dos tratamentos a média foi maior na época da safra.

Tabela 6: Quociente microbiano submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
Cm/Corg- Safra					
T ₁	3,17	6,79	4,91	4,84	4,88 a
T ₂	5,42	9,65	9,05	8,62	8,04 a
Média	4,36 A	8,19 A	7,04 A	6,831 A	
Cm/Corg- Entressafra					
T ₁	6,13	7,92	3,72	4,39	5,54 a
T ₂	3,18	4,53	2,76	2,12	3,15 a
Média	4,65 A	6,22 A	3,24 A	3,26 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

A atividade da microbiota no solo, durante a decomposição, é regulada principalmente pela composição química do material a ser decomposto (BERG, 2000) e fortemente influenciada pelos fatores de temperatura e umidade (CATTELAN & VIDOR, 1990). No período da primeira coleta a área estava coberta com a cultura da soja, o clima estava chuvoso e com temperatura ambiente, e um ambiente oposto foi encontrado na segunda coleta, onde as parcelas estavam cobertas com material vegetal senescente, baixa umidade e altas temperaturas. Quando a biomassa é submetida a algum fator de estresse, a capacidade de utilização do carbono diminui o que resulta em valores menores para o quociente microbiano (WARDLE, 1994). Isso explica os valores mais baixos encontrados na entressafra.

Conforme Anderson & Domsch (1993) a relação Cm/Corg pode variar de 0,3% a 7% e depende do tipo de solo, do manejo e uso deste, da cobertura e da época de amostragem. Os valores encontrados neste trabalho sugerem que o Corg está disponível para a microbiota do solo, uma vez que esta relação é um indicador de disponibilidade da matéria orgânica para os microrganismos, e um alto quociente microbiano indica matéria orgânica muito ativa e sujeita a transformações (SAMPAIO et al., 2008).

No presente estudo a calagem também não interferiu nesta variável (Tabela 6). Andrade et al. (1995) observaram que a calagem aumentou a relação Cm/Corg, sem causar a alteração do Corg, evidenciando assim um aumento no teor de C-BM,

fato este não observado neste trabalho. Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento de pH que disponibiliza nutrientes para os microrganismos do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2001), e/ou o efeito na seleção de uma comunidade microbiana mais eficiente para degradação de substratos orgânicos (ANDRADE et al., 1995).

Assim, formas de aplicação de calcário (dose parcelada em 4 vezes, aplicada superficialmente ou dose única incorporada) não interferiu nos atributos avaliados porque após 4 anos os efeitos da incorporação do calcário sobre a atividade microbiana e química do solo é reduzida, assim como a aplicação de pequenas doses na superfície.

Em determinadas condições de manejo, os atributos biológicos mostraram o desenvolvimento de maturidade de ecossistemas influenciados pelo pH, sugerindo especificidade nas atividades microbiológicas (PEREZ et al., 2005). Isto sugere que, na área estudada, após quatro anos do revolvimento do solo, o estresse causado pela perturbação do ecossistema, no momento da aplicação do calcário, já não mais interfere na comunidade microbiana.

4.4. Nitrogênio da biomassa microbiana

Os dados de N-BM não diferiram significativamente para a forma de aplicação do calcário e nos sistemas de produção independentemente da época estudada (Tabela 7). Andrade et al. (1995) e Quadro et al. (2011) também não observaram o efeito significativo da aplicação ou não de calcário nesta variável.

Diversos autores encontraram valores superiores ao deste trabalho para essa variável, 11,9 a 38,39 ($\mu\text{g N g solo seco}^{-1}$), quando comparado com sistemas conservacionistas (SILVA et al. 2007, SILVA et al. 2010, MARTINS 2011). O baixo valor do N-BM na primeira coleta pode estar relacionado com o período de florescimento da cultura da soja. Redução nos valores do N-BM durante a floração das culturas foram observados por Silva et al. (2007), Rosa et al. (2005) e por Perez et al. (2005), estudando diferentes sistemas de manejo.

Tabela 7: Concentração do nitrogênio da biomassa microbiana submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				
	S1	S2	S3	S4	Média
N-BM (µg N g solo seco ⁻¹)-Safrá					
T ₁	9,52	7,35	8,58	7,38	8,2 a
T ₂	6,91	6,87	7,55	7,41	7,19 a
Média	8,21 A	7,11 A	8,06 A	7,39 A	
N-BM (µg N g solo seco ⁻¹)-Entressafrá					
T ₁	7,93	8,81	10,81	7,66	8,80 a
T ₂	4,19	6,18	5,32	5,36	5,26 a
Média	6,06 A	7,50 A	8,06 A	6,51 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

A imobilização do nitrogênio pela biomassa microbiana ocorre apenas depois de alguns anos de implantação de áreas de lavouras comerciais (SILVAN et al., 2003). Segundo Zaman et al. (2002) e Blankenau et al. (2000), adições de resíduos orgânicos, concomitantemente com fertilizantes nitrogenados, aumentaram o N-BM comparado ao tratamento sem a adição de resíduos orgânicos. Anderson & Domsch (1990) observaram que os microrganismos diferem muito mais no seu teor de nitrogênio do que no de carbono, dependendo do seu estágio de crescimento. Portanto, pequenas mudanças na estrutura da biomassa microbiana podem resultar em grandes mudanças no N-BM.

No ano de 2012, na segunda coleta, apesar de não se observar diferenças estatísticas entre os tratamentos, nota-se um maior valor para o N-BM para a aplicação de calcário superficial parcelada (incremento de 40%). Este fato pode ter contribuído para os processos de imobilização do N na biomassa microbiana com consequências positivas na produtividade das culturas da entressafra, como o milho, o qual se utiliza dos resíduos da cultura da soja, recebendo doses inferiores de fertilizantes nitrogenados (ALVES et al., 2006), reduzindo assim os custos de produção.

4.5. Respiração Basal

Os teores de C-CO₂ liberado não exibiram diferenças significativas entre o manejo de correção de acidez para ambas as amostragens. Entretanto, para os sistemas de produção de culturas foram observadas diferenças estatísticas no período da safra (Figura 3).

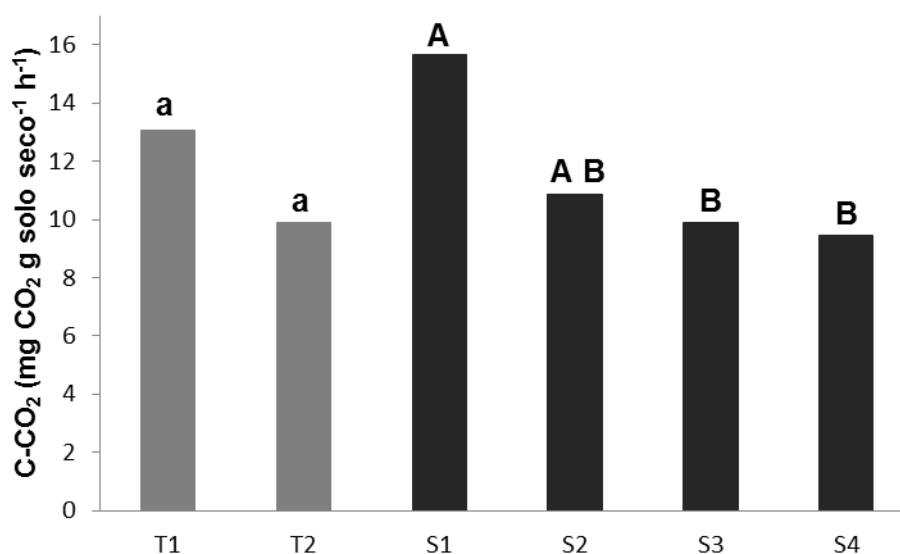


Figura 3. Respiração basal submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na safra 2011. Rio Verde-GO. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Na primeira coleta a atividade respiratória no sistema de produção 1 foi 40% maior quando comparada aos outros sistemas. A maior liberação de CO₂ geralmente é devida à maior atividade biológica que, por sua vez, está relacionada diretamente com a quantidade de carbono lábil existente no solo (FOLLET & SCHIMMEL, 1989). Esse fato explica a diferença nos sistemas, pois o sistema 1 apresentou quantidade superior de Corg, reflexo dos anos de cultivo soja/*Urochloa*. Resultados superiores para C-CO₂ liberado, entre sistema de manejo em semeadura direta, na época de florescimento, foram relatados por Mercante (2001) e Aquino (2007).

Na tabela 8 encontram-se os dados de C-CO₂ da segunda coleta, os quais indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos tanto em relação ao parcelamento e incorporação do calcário, como em relação aos sistemas de produção.

Tabela 8: Respiração basal submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na entressafra 2012. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
C-CO ₂ (mg CO ₂ g solo seco ⁻¹ h ⁻¹)					
T ₁	14,12	10,3	10,55	14,36	12,33 a
T ₂	11,99	11,67	14,28	11,74	12,42 a
Média	13.06 A	10.98 A	12.41 A	13.05 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

A aplicação de calcário não modificou a liberação de C-CO₂ pelos microrganismos do solo. Esse fato pode ser explicado devido a não alteração nos valores de pH do solo após quatro anos da implantação do experimento nas duas formas de correção do pH. D'Andreia et al. (2002) relatam que as diferenças encontradas entre calagens dentro de sistemas de plantio direto podem ser explicadas pela influência do pH no solo, onde valores de pH reduzem a biomassa e a produção de C-CO₂ em relação à faixa neutra de pH. Como o pH nas áreas estudadas não foram baixos, a adição de calcário tanto superficial quanto incorporado, após 4 anos de aplicação, não proporcionou seleção de microrganismos em detrimento de outros, o que pode ter influenciado a taxa de C-CO₂ liberado como observado no presente trabalho.

A atividade microbiana através da respiração basal é muito sensível, pois é afetada por fatores bióticos e abióticos (PARKIN et al. 1996), por este fato deve ser sempre estudada em conjunto com outros indicadores como o quociente metabólico (qCO₂).

Assim, os valores do quociente metabólico não variaram estatisticamente para a forma de aplicação do calcário e para os sistemas de sucessão de culturas (Tabela 9). Nas duas coletas foram verificados valores semelhantes à trabalhos com

manejos conservacionistas (VARGAS & SCHOLLES, 2000; COSTA et al., 2006; HUNGRIA et al., 2009; MERILES et al., 2009; FRAZÃO et al., 2010).

Tótola & Chaer (2002), relatam que baixos valores de qCO_2 refletem ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio e, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio. Em ambientes com algum tipo de estresse a população oxida mais carbono para sua manutenção refletindo em valores elevados, principalmente em ambientes recentemente alterados e não consolidados (MARTINS, 2011).

Tabela 9: Quociente metabólico submetido a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
qCO ₂ (mg C-CO ₂ mg C-BM ⁻¹)- Safra					
T ₁	0,2	0,05	0,09	0,09	0,10 a
T ₂	0,09	0,04	0,04	0,03	0,05 a
Média	0,14 A	0,05 A	0,07 A	0,06 A	
qCO ₂ (mg C-CO ₂ mg C-BM ⁻¹)- Entressafra					
T ₁	0,09	0,06	0,23	0,12	0,13 a
T ₂	0,19	0,15	0,27	0,31	0,23 a
Média	0,14 A	0,11 A	0,25 A	0,21 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Segundo Bardgett & Saggar (1994), o qCO_2 tem sido utilizado como um indicador de estresse microbiano e interpretado como eficiência microbiana, já que se trata da avaliação da energia necessária para manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para síntese de biomassa. Assim, solos perturbados apresentariam qCO_2 mais elevado do que solos não perturbados. A maneira com que a acidez do solo foi corrigida no presente trabalho não afetou o qCO_2 , indicando que após 4 anos de aplicação do calcário ou da aplicação parcelada não proporciona alterações nos valores, indicando que os sistemas não causam estresses na atividade microbiana do solo, o que pode indicar uma

estabilidade nos ecossistemas agrícolas adotados após quatro anos do revolvimento do solo.

4.6. Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)

A atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (Figura 4 e Tabela 10) não apresentou diferença estatística para forma de aplicação de calcário na safra e entressafra, mostrando que essa enzima não é afetada pelo modo de correção de acidez do solo. Os valores diferiram estatisticamente somente para o sistema de produção na primeira coleta (Figura 4). Os valores da hidrólise de FDA variaram de 605,89 a 698,53 mg kg solo seco⁻¹ h⁻¹ na safra, correspondendo a um aumento de 13% na atividade dessa enzima do sistema 1 em relação ao sistema 2.

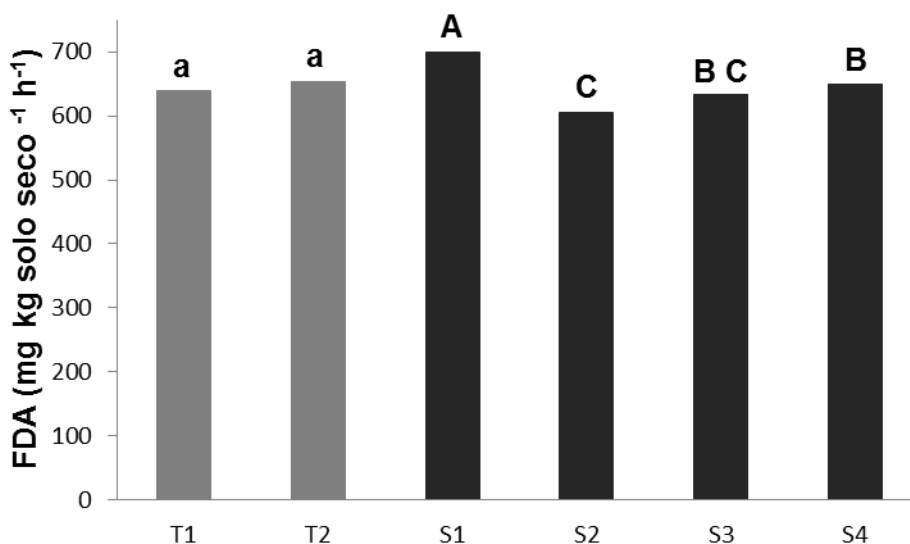


Figura 4. Atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na safra 2011. Rio Verde-GO. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂-Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

A maior atividade de hidrólise do FDA obtida na safra em relação a entressafra, 698,53 e 393,84 mg kg solo seco⁻¹ h⁻¹ respectivamente, pode ser

explicada, provavelmente, pela presença do sistema radicular da leguminosa, bem como da quantidade de água disponível no solo, estimulando os processos microbiológicos. Assim como as plantas constituem fontes de enzimas para o solo, sendo possível que a composição química das culturas cultivadas influencie nesse aspecto (MENDES & REIS JÚNIOR, 2004).

Nota-se claramente o efeito dos diferentes sistemas de produção adotados no tempo com relação a FDA (Figura 4), sendo que todos os sistemas apresentaram diferenças estatísticas. O cultivo de *Urochloa* solteira proporcionou maiores valores para a atividade enzimática FDA, sendo seguido pelos sistemas com milho+ *U. ruzizienses*, milho solteiro e os menores valores obtidos com a vegetação espontânea.

A hidrólise de FDA é usada como indicador geral da atividade hidrolítica, incluindo as proteases, lipases e esterases, que também são capazes de liberar compostos fluorogênicos (TAYLOR et al., 2002). Desta forma, essa ação catalítica pode ser considerada uma medida da atividade microbiana total, embora as enzimas envolvidas nesta reação apresentem atividade externa à célula, podendo se encontrar complexadas com os colóides do solo (SWISHER & CARROLL, 1980). Assim, os maiores valores encontrados na primeira coleta podem estar relacionado não só aos efeitos dos resíduos acumulados ao longo dos anos de cultivo, mas também pela disponibilidade hídrica e nutrientes aplicados ao cultivo da soja, o que pode ter possibilitado esses valores mais elevados em relação aos valores da entressafra (Tabela 10).

Tabela 10: Atividade da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na entressafra 2012. Rio Verde-GO.

Formas de Correção	Sistemas de Produção				Média
	S1	S2	S3	S4	
FDA (mg kg solo seco ⁻¹ h ⁻¹)					
T ₁	357,33	382,29	358,68	348,6	361,73 a
T ₂	430,35	365,08	363,17	372,02	382,66 a
Média	393,84 A	373,68 A	360,93 A	360,31 A	

Médias não seguidas pela mesma letra, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁-*Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Segundo Herbien & Neal (1990), o pH do solo pode influenciar a síntese e a liberação das enzimas pelos microrganismos bem como a estabilidade e a conformação dessas substâncias. Os resultados encontrados neste trabalho, evidenciam que a atividade dessa enzima foi influenciada principalmente pelas condições de temperatura e umidade, pois o valor do pH para aplicação do calcário superficial e incorporado foram semelhantes.

4.7. Fosfatase ácida

Para os valores da fosfatase ácida foram observados diferenças no sistema de produção, e diferenças na correção do solo para a segunda amostragem (Figura 5 e 6). A menor atividade dessa enzima foi observada nas parcelas com sistema de produção 2 (vegetação espontânea).

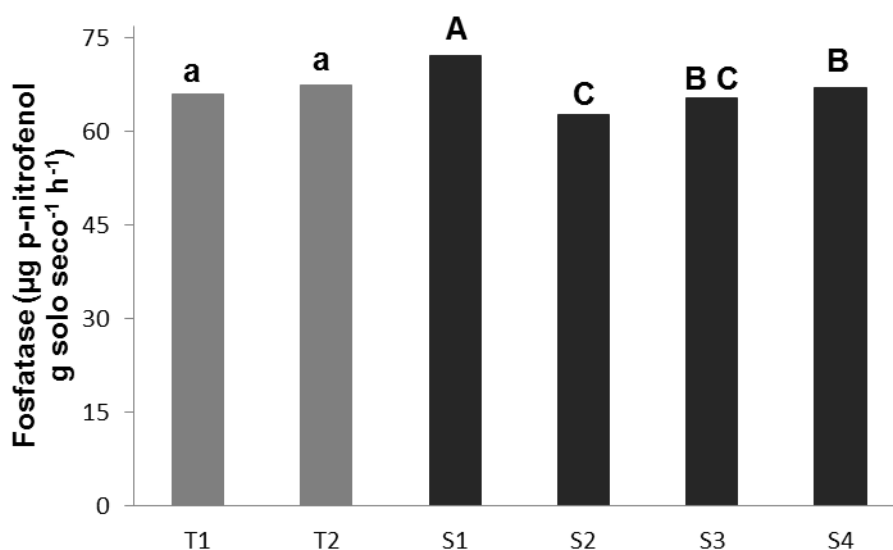


Figura 5. Atividade da fosfatase ácida submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na safra 2011. Rio Verde-GO. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁- *Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Em relação à forma de correção da acidez, a fosfatase apresentou diferença estatística no período da entressafra (Figura 6), sendo as parcelas que receberam a incorporação do corretivo as que proporcionaram maiores valores (36,29 µg p-

nitrofenol g solo seco⁻¹ h⁻¹). Outro fato a ser observado é a menor atividade da fosfatase no período da entressafra. A atividade enzimática ocorre sempre em solução, sendo necessário que o substrato possa difundir-se ou mover-se até a enzima por fluxo de massa para que possa ser transformado (SCHMITZ, 2003). Assim, solos secos juntamente a altas temperaturas apresentam baixa atividade enzimática, o que ficou evidente no resultado apresentados para esta enzima comparando os dois períodos de coleta.

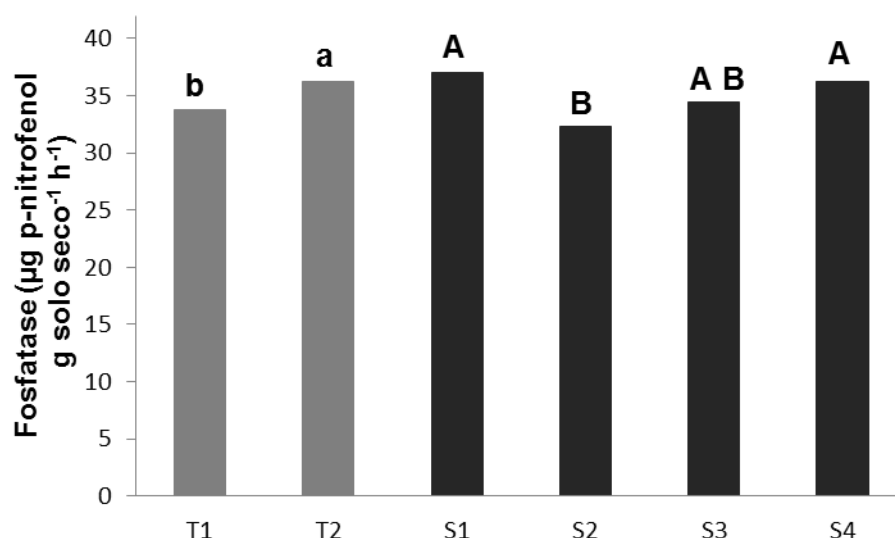


Figura 6. Atividade da fosfatase ácida submetida a duas formas de correção do solo e quatro tipos de sistemas de produção na entressafra 2012. Rio Verde-GO. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. T₁: dose parcelada superficial; T₂: dose total incorporada, S₁- *Urochloa brizantha*/Soja; S₂- Vegetação espontânea/ Soja, S₃- milho solteiro/ Soja; S₄- milho + *Urochloa ruziziensis*/ Soja.

Os valores encontrados nesse trabalho corroboram com os de Silveira (2007), quando o autor estudou diferentes sistemas de manejo, dentre eles o plantio direto. Segundo Reis-Júnior e Mendes (2006), a maior atividade da fosfatase ácida em sistemas conservacionistas está relacionada à manutenção da cobertura vegetal e à ausência de revolvimento do solo. Estas práticas favorecem a formação de agregados e, conseqüentemente, a proteção da matéria orgânica do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011), e esta influencia diretamente a atividade da fosfatase ácida.

É preciso considerar que a atividade da fosfatase reflete tanto a contribuição de microrganismos como de exsudatos radiculares, sendo maior em solos com

cobertura vegetal (DICK et al., 1996). Fato que fica evidente neste trabalho, pois as parcelas onde não houve plantio de culturas no inverno (vegetação espontânea) apresentaram os menores valores para atividade enzimática avaliada.

A maior atividade da fosfatase no solo têm sido apontada como importantes estratégias de aquisição de P, por possibilitarem utilização de formas orgânicas desse nutriente (VANCE et al., 2003; GEORGE et al., 2006), favorecendo o desenvolvimento das culturas principalmente em solos com baixo teor de P disponível (CHEN et al., 2003), como os solos do Cerrado. Além de reduzir os gastos com fertilizantes fosfatados.

A sequência de culturas e o sistema de semeadura direta avaliados neste trabalho são manejos que podem influenciar a composição dos exsudatos por meio do tipo e da idade das plantas utilizadas, do metabolismo, da condição nutricional e de outros fatores ambientais (OLIVEIRA et al., 2009). As respostas divergentes apresentadas pelas diferentes plantas sobre a atividade das enzimas podem ser decorrentes do estímulo diferenciado da comunidade microbiana ao efeito da rizosfera (CARAVACA et al., 2004). Além disso, as quantidades de resíduos vegetais sobre o solo, o sistema radicular morto, e a taxa de decomposição desses resíduos alteram os fluxos de energia e nutrientes para a comunidade microbiana (NANNIPIERE et al., 2007).

5. CONCLUSÕES

- 1- A forma de correção da acidez do solo (dose parcelada superficial ou dose única incorporada) não interfere nos atributos bioquímicos avaliados após 4 anos de implantação do sistema plantio direto, exceto para a atividade enzimática fosfatase.
- 2- Os diferentes sistemas de produção de culturas alteram o atributo bioquímico respiração e as atividades enzimáticas hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) e fosfatase ácida.
- 3- O sistema de produção 1 (Soja/*Urochloa brizantha*) é o que proporciona melhores resultados nos atributos avaliados, nas condições edafoclimáticas do Sudoeste goiano.
- 4- O período de coleta influencia os atributos bioquímicos avaliados, sendo o período da safra o que mais estimula a atividade dos microrganismos do solo.

6. REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.23-58.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 320 p.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 923-934, 2005.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J.C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária, 2006. 13 p. Circular Técnica 80. ISSN 1679-1150 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 98, p. 255-262, 1999.

ALVAREZ VENEGAS, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. da. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.195-276.

ALVAREZ, R.; DOAZ, R.A.; BARBERI, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BALOTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂ – C production from tree tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.33, n.1, p.17-28, 1995.

ALVES, Bruno José Rodrigues et al. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 2006, vol.41, n.3, pp. 449-456.

ALVES T.S.; CAMPOS L.L.; NICOLAU NETO E.; MATSUOKA M.; LOUREIRO M.F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum**, 33:345, 2011.

AMADO, T.J. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**, 7., 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2002. p.105-111.

AMARAL, A. S. **Reaplicação do calcário em sistema plantio direto consolidado**. 1998. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 695-702, 2001.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, p.251-255, 1990.

ANDERSON, T.H., DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO_2 ($q\text{CO}_2$) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil. Biology and Biochemistry**, v.25, p. 393-395, 1993.

ANDRADE, D.S; COLOZZI-FILHO. A.; PAVAN, M.A.; BALOTA, E.L & CHAVES, J.C.D. Atividade microbiana em função da calagem em um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 19: 191-196. 1995.

ANGERS, D.A.; BISSONNETTE, N.; LÉGÈRE, A.; SAMSON, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Canadian Journal Soil Science**, v.73, p.39-50, 1993.

AQUINO, S.S. **Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na integração lavoura-pecuária**. Ilha Solteira, 2007. 76f. Tese (Doutorado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2007.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage in crop rotation systems. **Biology Fertility Soils**, v. 38, p. 15-20, 1996.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 35, p. 300-306, 2004.

BARDGETT, R. D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labelled (14C) in a pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.26, p. 727-733, 1994.

BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2043-2050, 2000

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, 86:237-245, 2006.

BERG, U. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, v. 133, n. 1, p. 13-22, 2000.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de um Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BLANKENAU, K.; OLFS, H.-W.; KUHLMANN, H. Effect of microbial nitrogen immobilization during the growth period on the availability of nitrogen fertilizer for winter cereals. **Biology and Fertility of Soils**, v.32, p.157-165, 2000.

BORGES, C.D. **Alterações microbianas do solo sob sistema de semeadura direta e rotação de culturas**. p.99 Dissertação de Mestrado. Faculdades de Ciência Agrárias e Veterinárias-UNESP/Jaboticabal.. 2010.

CAETANO, J.O. **Correção do solo e sistemas de rotação de culturas sobre a absorção de nutrientes e produção de soja**. Goiânia, 2011. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia – Solo e Água) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e

gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CARAVACA, F.; LAX, A.; ALBALADEJO, J. Aggregate stability and carbon characteristics of particle-size fractions in cultivated and forested soils of semiarid Spain. **Soil and Tillage Research**, 78:83-90, 2004.

CARNEIRO, M. A. C. ; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. U. de C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. U.; NETO, A. N. da S. Atributos bioquímicos em dois solos de Cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol. 38, n.4, p. 276-283, 2009.

CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. Amsterdã, v. 88, n. 2, p. 259-273, 2007.

CASSOL, P. C. et al. Valores de pH e alumínio trocável do solo em função de doses de calcário e de estrumes de bovino, frango e suíno. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 30., 2005, Recife. Resumos expandidos...Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revistas Brasileira Ciência do Solo**, v.14, p.133-142, 1990.

CATTELAN, A.J.; GAUDÊNCIO, C.A.; SILVA, T.A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.293-301, 1997.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma plantios eucalipto sobre indicadores qualidade solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 31, p. 1381-1396, 2007.

CHEN, C.R.; CONDRON, L.M.; SINAJ, S.; DAVIS, M.R.; SHERLOCK, R.R. & FROSSARD, E. Effects of plant species on phosphorus availability in a range of grassland soils. **Plant Soil**, 256:115-130, 2003.

CHIODEROLI, Carlos A. et al. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**, 2010, vol.30, n.6, pp. 1101-1109.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 317-326, 2004.

COAMO AGROINDUSTRIAL COOPERATIVA. **Cuidados com o desenvolvimento da soja**. ed 357 [online]. Campo Mourão. Dez. 2006.

COLOZZI-FILHO, A. **Plantio direto: microrganismos e processos**. In: ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto. Brasília: APDC, 2000. p. 29- 42.

Companhia Nacional de Abastecimento-CONAU. Disponível em: <<http://www.conau.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em 12/01/2013.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p.925-930, 2002.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

COSTA, F.S.; BAYER,C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e eemissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 32:323-332, 2008.

CRUZ, J.C.; PEREIRA-FILHO, I.A.; ALBUQUERQUE-FILHO, M.R. Rotação de culturas. Agência Embrapa de Informação Tecnológica-AGEITEC (2004). Disponível em:<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3s932q7k.html>>. Acesso em 21/01/2013.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo: método da fumigação-extração**. Seropédica: Embrapa–CNPAB, 1997. 13 p.

DIACK, M. **Relationships between soil biological and chemical characteristics and surface soil structural properties for use in soil quality**. Indiana, Purdue University, 1997. 201p. (Tese de Doutorado).

DICK, R.P. Soil enzymes activities as indicator of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.f.; STEWAR, U.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 327-335.

DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P. & TURCO, R.F. **Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators**. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.247-272.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. U. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F; STEWART, U. A., eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, **Soil Science Society of America**. v.35 p.3-21, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Rio de Janeiro, Embrapa/CNPS, 1998. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 230p.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. **Sci. For.**, 36:265-277, 2008.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66p.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2005.

FOLLET, R.F.; SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. **Soil Science Society of America Journal**, v.53, p.1091-1096, 1989.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. U.; ANJOS, L. H. C. dos; EBELING, A. G. Frações da matéria orgânica e fertilidade de solos de Tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais no norte fluminense - RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11. 2001, Seropédica. Anais. Seropédica: UFRRJ, p.3-6, 2001.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brasil. **Soil and Tillage Research**, v. 92, n.1-2, p.18-29, 2007.

FRANCO-VIZCAÍNO, E. Soil quality in Central Michigan: rotation with high and low diversity of crops and manure. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 327-335.

FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, U. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses Agriculture, **Ecosystems and Environment**. v. 135, p. 161–167. 2010.

GAMA-RODRIGUES, E.F. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre:Gênesis, p. 227-244, 2005.

GARCIA, M.R.L.; NAHAS, E. Biomassa e atividade microbiana de solo pastejado por diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 269-276, 2007.

GEORGE, T.S.; TURNER, B.L.; GREGORY, P.J.; CADE-MENUM, B.J. & RICHARDSON, A.E. Depletion of organic phosphorus from Oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. **European Journal of Soil Science**, 57:47-57, 2006.

GIL-SOTRES, F.; TESAR-CEPEDA, C; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 877-887, 2005.

GOVAERTS, U.; MEZZALAMA, M.; SAYRE, K.D.; CROSSA, J.; LICHTER, K.; TROCH, V.; VANHERCK, K.; DE CORTE, P.; DECKERS, J. Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on selected soil micro-flora groups in the subtropical highlands. **Applied Soil Ecology**, v.38, p. 197-210, 2008.

GOH, K.M.; PEARSON, D.R.; DALY, M.J. Effects of apple orchard production systems on some important soil physical, chemical and biological quality parameters. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.18, p.269-292, 2001.

GUNAPALA, N.; SCOW, K.M. Dynamics of soil microbial biomass and activity in conventional and organic farming systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.805-826, 1998.

GREEN, V.S.; STOTT, D.E.; CRUZ, J.C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 92, p. 114–121, 2007.

GRISI, U. M.; GRAY, T. R. G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 10, p. 109-115, 1986.

HAVLIN, J. L., D. E. Kissel & L. D. Maddux. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. **Soil Science**. Soc. Amer. J., 54 (2) : 448-52.

HERBIEN, S. A., NEAL, J. L. 1990. Soil pH and phosphatase activity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 21 (5/6): 439-456.

HOLTZ, G.P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. Curitiba, UFPR, 1995, 129p. (Dissertação de Mestrado).

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 12 de set. 2012.

KLADIVKO, E.J. Tillage systems and soil ecology. **Soil and Tillage Research**, v. 61, p.61-76, 2001.

KREMER, R.J.; LI, J. Developing weed-suppressive soil through improved soil quality management. **Soil and Tillage Research**, v. 72, p. 193-202, 2003.

LAL, R. Climate change and food security soil carbon sequestration impacts on global. **Science**, v. 304, p. 1623-1627, 2004.

LOGOMARSINO, A.; MOSCATELLI, M.C.; DI TIZIO, A.; MANCINELLI, R.; GREGO, S.; MARINARI, S. Soil biochemical indicators as a tool to assess the short-term impact of agricultural management on changes in organic C in a Mediterranean environment. **Ecological Indicators**, v. 9, p. 518-527, 2009.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, F. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:175-187, 2004.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P. C. F.; TREIN, C.; COSTA, J.; CAUDURO, G.; BARBOSA, C.; AGUINAGA, A. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 795-801, 2005.

MAIA, S. C. I. **Alterações em atributos microbiológicos de um solo de tabuleiros costeiros cultivado com mamão, sob diferentes manejos de cobertura vegetal**. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2004.

MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; AMARANTE, C. V. T.; KLAUBERG FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 10, p. 1531-1539, 2006.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, 2000.

MARCOLAN, A.L. **Atributos físicos e químicos de um argiloso e rendimento de culturas em função do seu revolvimento na reaplicação de calcário no sistema de plantio direto**. Porto Alegre, 2002. 76f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

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

MARTINS, L.N.U. **Atributos bioquímicos de um Plintossolo háplico em uma cronossequencia de uso agrícola.** Jataí, 2011. 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás. Jataí, 2011.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MATSUOKA, M. **Atributos biológicos de solos cultivados com videira na região da Serra Gaúcha.** 2006. 171f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. U. N. Quantificação de micélio extrarradicular de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas e endófitos. I. Método empregado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 53-58, jan./mar. 2001.

MELO, K.V.V.; MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Produção do milho em consórcio com *Urochloa brizantha* em função da adubação nitrogenada. I. Diagnose foliar. In: FERTBIO2004. 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS/SBM, 2000.

MELO, V.S.; ROULAND, C.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; SILVA JÚNIOR, M. L.; SANTOS, M.M.L.S.; FERREIRA, W.C.; SANTOS, E.R.; ARAUJO, R.C. de M.; RUIVO, M.L.P. Atividade enzimática de Latossolo Amarelo na Amazônia oriental, sob diferentes tipos de cobertura vegetal. In: **FERTBIO**, 2006, Bonito, MS. Resumos Expandidos. Bonito: SBCS, 2006. CDROM.

MENDES, I.C.; VIVALDI, L.A. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J.F.;

FONSECA, C.L.; SOUZA-SILVA, J.C. (eds.). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MENDES, I.C. & REIS JÚNIOR, F.U. **Uso de parâmetros biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade de agroecossistemas**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. 34p.

MENDEZ, M.A. **Estabilidade de agregados do solo afetada por sistemas de manejo**. Porto Alegre, 1996. 80f. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MERCANTE, F.M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, Passo Fundo, março/abril, p.9-10, 2001.

MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; FRANCELINO, C.S.F.; CAVALHEIRO, J.C.T. & OTSUBO, A.A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Sci. Agron.**, 5:479-485, 2008.

MERILES, J.M.; GIL, S.V.; CONFORTO, C.; FIGONI, G.; LOVERA, E.; MARCH, G.J. & GUZMÁN, C.A. Soil Microbial communities under different soybean cropping systems: Characterization of microbial populations dynamics, soil microbial activity, microbial biomass, and fatty acids profiles. **Soil Tillage Res.**, 103:271-281, 2009.

MOORE, A. M., Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hardwood and coniferous leaf litter. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 18, p. 427–435, 1986.

MOREIRA, S. G.; KIEHL, J. C.; PROCHNOW, L. I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 71-81, 2001.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (eds.). NOCE, M. A. et al. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2006.

NANNIPIERI, P.; ACHER, J.; CECCHERINI, M.T.; LAND, L.; PIETRAMELLARA, G.; RENELLA, G. & VALORI, F. **Microbial diversity and microbial activity in the rhizosphere**. Ci. Suelo, 25:89-97, 2007.

NOCE, M. A. et al. Influência da palhada de gramíneas forrageiras sobre o desenvolvimento da planta de milho e das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 265-278, 2008.

NUNES, U.R.; JÚNIOR, V.C.A.; SILVA, E.U.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, 2006.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, n. 1-2, p. 47-57, 1996.

OLIVEIRA, I.P; ROSA, S.R.A; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J.L. Palhada no sistema Santa Fé. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.93, p.69, 2001.

OLIVEIRA, C.A.; MARRIEL, I.E.; GOMES, E.A.; LANA, U.G.P.; SCOTTI, M.R. & CARVALHO, V.M. Diversidade bacteriana da rizosfera de genótipos de milho contrastantes na eficiência de uso de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44:1473-1482, 2009.

OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F.; BORGES, C.D. Desenvolvimento e produtividade de mandioca em cultivo mínimo sob diferentes coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 327-332, 2008.

PARKIN, T. U.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996. v.49, p. 231-245.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. 1989. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego, Academic Press.

PAULA, A.M.; LAMMEL, D.R.; BARTH, G.; CARDOSO, E.J.U.N. Atividade enzimática no solo em áreas de café sob diferentes manejos. In: FERTBIO, 2006, Bonito, MS. **Resumos Expandidos**. Bonito: SBCS, 2006. CDROM.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 1, p. 33-38, 1984.

PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research**. v.105. p. 149-155. 2009.

PEREZ, K.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.137-144, 2005.

POWLSON, D. S., P. C. BROOKES & U. J. Christensen. 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**. 19 (2): 159-164.

PRADO, R. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 478-482, 2003.

QUADRO, M.S.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; VIVIAN, G. Biomassa e atividade microbiana em solo acrescido de dejetos suíno. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.85-93, jan-mar, 2011.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1609-1923, 2007.

REIS, Edésio Fialho dos et al. Absorção de fósforo em doze genótipos de milho inoculados com fungo micorrízico arbuscular em solo de cerrado. **Ciência Rural**. 2008, vol.38, n.9, pp. 2441-2447.

REIS-JÚNIOR, F.U.; MENDES, I.C. Uso de parâmetros microbiológicos como indicadores para avaliar a qualidade do solo e a sustentabilidade dos

agroecossistemas. In: FERTBIO, 2006, Bonito, MS. **Resumos Expandidos**. Bonito: SBCS, 2006.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

RIBEIRO, G.H.S.; REIS-JÚNIOR, F.U.; ROLIM, L.; MENDES, I.C. Atividade enzimática e diversidade metabólica em solos sob cultivo orgânico e convencional. In: FERTBIO, 2006, Bonito, MS. **Resumos Expandidos**. Bonito: SBCS, 2006. CDROM.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 40-44, 1980.

ROSA, J.R.; LANNA, A.C.; FERRAZ, D.M.M.; GODOY, S.G. de; RABELO, V.C.; MOURÃO, V.C.; PALMA, F.R.; GUARDIOLA, M.F.; RAMOS, M.L.G.; HEINEMANN, A.U.; MOREIRA, J.A.A.; DIDONET, A.D. Nitrogênio da biomassa microbiana no solo sob cultivo orgânico do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) In: **CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO**, 8., 2005, Goiânia. Anais... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p.1030-1033.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. Micorriza arbuscular - papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.101-149.

SALTON, J. C. et al. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura – pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. v.29 58 p.

SAMPAIO, D. U.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. U. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Notas Científicas Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SCHLOTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J.C. **Indicators for evaluating soil quality**. 2003.

SILVA, A.R.U.; BENEZ, S.H. Cultivares de milho: produtividade em diferentes sistemas de manejo de solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.20, p.77-90, 2003.

SCHMITZ, J.A.K. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2003. 234f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SEPIN – Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação. **Regiões de planejamento do estado de Goiás**. Goiânia: Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação, 2007. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad.asp?id_cad=5101&id_not=9>. Acesso em: 18 março 2013.

SILVA J. E. & D. V. S. RESCK. 1997. Matéria orgânica do solo. p. 465-516. In M. A. T. Vargas & M. Hungria. Biologia dos solos do cerrado. Embrapa-CPAC, Planaltina. 524 p.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, F. Macrofauna invertebrada sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 697-704, 2006.

SILVA, R.F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C.R.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada em cultivo de mandioca sob sistema de cobertura do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, p. 865-871, 2007.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L., MOREIRA, F.M.S.; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T. BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NA REGIÃO FISIAGRÁFICA CAMPOS DAS VERTENTES – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 34, p.1585-1592, 2010.

SILVAN, N.; VASANDER, H.; KARSISTO, M.; LAINE, J. Microbial immobilisation of added nitrogen and phosphorus in constructed wetland buffer. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.143-149, 2003.

SILVEIRA, R. U.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 48-55, 2006.

SILVEIRA, A.O. **ATIVIDADES ENZIMÁTICAS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DA QUALIDADE DE SOLOS AGRÍCOLAS DO RIO GRANDE DO SUL**. 94f. Tese (mestrado). UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL FACULDADE DE AGRONOMIA. 2007.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Microbial populations and activities in highly-weathered acidic soils: highlights of the Brazilian research. In: MONIZ, A.C.; FURLANI, A.M.C.; SCHAFFERT, R.E.; FAGERIA, N.K.; ROSOLEM, C.A.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p.139-156.

SOUSA, D. M. G.; CARVALHO, L. J. C. U.; MIRANDA, L. N. Correção de acidez do solo In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel/Embrapa CPAC, 1985. cap. 4, p. 99-127.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; MIRANDA, L. N. Correção do solo e adubação da cultura da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 137-158.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 416 p.

SOUTO, P. C. et al. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 151-160, 2008.

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

STEENWERTH, K.; BELINA, K.M. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in vineyard agroecosystem. **Applied Soil Ecology**, v. 40, p. 359-369, 2008.

STEINER, F.; PIVETTA, L.A.; CASTOLDI, G.; COSTA, M.S.S.M. & COSTA, L.A.M. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. **R. Bras. Ci. Agrár.**, 6:401-408, 2011.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das pastagens na melhoria dos atributos físico-hídricos do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.171-182.

SWEZEY, S.L.; WERNER, M.R.; BUCHANAN, M.; ALLISON, J. Comparison of conventional and organic apple production systems during three years of conversion to organic management in coastal California. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.13, p.162-180, 1998.

SWISHER, R.; CARROLL, C.G. Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surface. **Microbial Ecology**, v.6, p.217-226, 1980.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P.J. (eds.) **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. Part 2, p.778-835.

TAYLOR, J.P.; WILSON, U.; MILLS, M.S.; BURNS, R.G.; Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils subsoils using various techniques. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34. p. 387 – 401, 2002.

TEDESCO, M.J.; GIANELO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

THEODOROL, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, J.R.; MOURÃO JR, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e

agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.147-153, 2003.

TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.195-276.

TRASAR-CEPEDA, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE S.; GIL-SOTRES, F. Biochemical properties of soils under crop rotation. **Applied Soil Ecology**, v. 39, n. 2, p. 133-143, Jun., 2008.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biol. Biochem.**, 19:703-707, 1987.

VANCE, C.P; UHDE-STONE, C. & ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytol.**, 157:423-447, 2003.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.1, p. 35-42, 2000.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, p.76-83, 2003.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. 104 p., 2011.

VILELA, L.; BARCELLOS, A.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. v.42. 21p.

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

WISNIEWSKI, C & HOLTZ, G.P. **Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto**. PAB, Brasília, v. 32, p. 1191-1197, 1997.

WRIGHT, A. L.; HONS, F. M.; LEMON, R. G.; McFARLAND, M. L.; NICHOLS, R. L. Microbial activity and soil C sequestration for reduced and conventional tillage cotton. **Applied. Soil Ecology**, v. 38, p. 168-173, 2008.

YADA, M. M. **Atributos químicos e bioquímicos em solos degradados por mineração em ecossistema amazônico em recuperação**. Jaboticabal. f.66. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 2011.

ZAMAN, M.; CAMERON, K.C.; DI, H.J.; INUBUSHI, K. Changes in mineral N, microbial biomass and enzyme activities in different soil depths after surface applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.63, p.275-290, 2002.