



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CAMPUS II, LAGOA SECA-PB
CURSO DE AGROECOLOGIA

**ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO
LAVOURA PECUÁRIA SOB DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA
VEGETAL**

LEANDRO DE SOUSA LIMA

Lagoa Seca-PB
2018

LEANDRO DE SOUSA LIMA

**ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO
LAVOURA PECUÁRIA SOB DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA
VEGETAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Agroecologia CCAA/UEPB, como parte das exigências para conclusão do curso de bacharelado em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Félix de Brito Neto

LAGOA SECA-PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732a Lima, Leandro de Sousa.
Atividade microbiana do solo em sistema integração
lavoura pecuária sob diferentes tipos de cobertura vegetal.
[manuscrito] / Leandro de Sousa Lima. - 2018.
37 p.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Agrárias e Ambientais, 2018.
"Orientação : Prof. Dr. José Félix de Brito Neto ,
Coordenação do Curso de Agroecologia - CCAA."
1. Respiração edáfica. 2. Manejo do solo. 3. Sistemas de
plantio. I. Título
21. ed. CDD 631.4

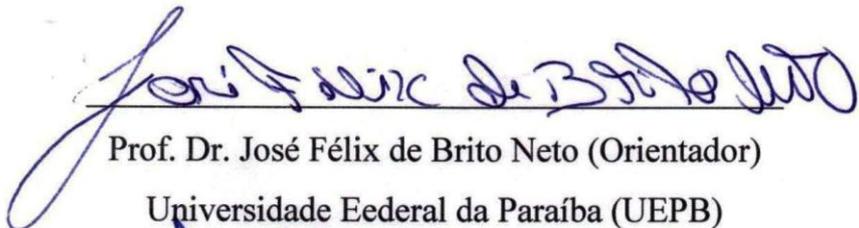
LEANDRO DE SOUSA LIMA

**ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO
LAVOURA PECUÁRIA SOB DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA
VEGETAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Agroecologia CCAA/UEPB, como parte das exigências para conclusão do curso de bacharelado em Agroecologia.

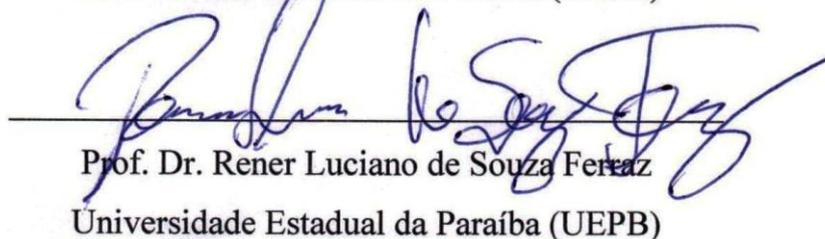
Aprovada em: 13/12/2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Félix de Brito Neto (Orientador)
Universidade Eederal da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Cláudio Silva Soares

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Rener Luciano de Souza Fereaz
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao pai celestial, força e fé, ao meu pai,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao grande arquiteto do universo, por me manter sempre focado e determinado nos meus objetivos acadêmicos dando-me proteção;

A minha família por sempre ter me apoiado na minha caminhada acadêmica;

Ao meu pai, por ter sempre me dado apoio, pela compreensão, por ser um exemplo de homem, digno, pela luta de todos, permitindo-me realizar este sonho;

Ao meu orientador Dr. José Félix de Brito Neto, por todo apoio, paciência, e auxílio durando a graduação, e orientação nos caminhos a serem seguidos;

À minha mãe (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sinto sua presença ao meu lado, dando-me forças;

À Sergina de Azevedo, por ter me acolhido durante 5 anos na sua residência;

Ao técnico do laboratório de solos, Ednaldo Jerônimo, por todo apoio, nas análises realizadas;

À secretária Maria de Lourdes Araújo, hoje aposentada, que me acolheu no Campus II da UEPB;

Ao Professor Dr. Renner Luciano de Souza Ferraz, pela ajuda, e apoio, e orientação, com as análises de estatísticas;

Aos funcionários do Campus II da UEPB, pela presteza e atendimento quando necessário;

Aos colegas de graduação pelos momentos de amizade e apoio;

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo foi avaliar a atividade microbiana do solo em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. O experimento foi desenvolvido no período de junho a agosto de 2018 no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, Campus II, Lagoa Seca-PB. Utilizou-se amostras de solo oriundas de uma área experimental de Sistema de Integração Lavoura-Pecuária, pertencente a Embrapa Algodão/Emepa. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, sendo três coberturas vegetais (sem cobertura, capim Paiaguás e Urocloa) e três profundidades de coleta de solo (0-10, 10-20, 20-30 cm), com três repetições, totalizando 27 unidades experimentais, sendo cada unidade constituída por pote de plástico de 0,5 L. Em intervalos de quatro dias (total de nove leituras), os recipientes foram abertos e titulada com HCL (2N) com indicador ácido/base fenolftaleína, sendo avaliados no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo para a titulação com o ácido HCl (0,2 N), utilizando como indicador 3 gotas de Fenolftaleína. A determinação da respiração edáfica foi baseada na técnica da respirometria, consistindo na mensuração através da diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio contidos nos copos. Houve efeito significativo dos capins utilizados como cobertura, sobre a respiração edáfica na segunda, quarta e quinta leituras. A respiração edáfica foi mais levada nas três profundidades do solo quando se utilizou o capim Paiaguás. Na quinta leitura, a respiração edáfica foi igual nos dois capins utilizados como cobertura de solo.

Palavras-Chave:Fenolftaleína; Manejo do solo; Sistemas de plantio.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the microbial activity of the soil in the System of Integration Agriculture-Livestock. The experiment was carried out from June to August of 2018 at the Soil Laboratory of the Agricultural Sciences Center of the State University of Paraíba, Campus II, Lagoa Seca-PB. Soil samples from an experimental area of the System of Integration Agriculture-Livestock belonging to Embrapa Algodão/Emepa were used. A completely randomized design was used in a 3x3 factorial scheme, with three vegetation cover (no cover, Paiaguás and Urocloa grass) and three soil depths (0-10, 10-20, 20-30 cm), with three replications, totaling 27 experimental units, each unit consisting of 0.5 L plastic pot. At intervals of four days (total of nine readings), the containers were opened and titrated with HCL (2N) with acid/phenolphthalein base indicator, being evaluated in the Laboratory of Chemistry and Soil Fertility for titration with acid HCl (0.2 N), using as indicator 3 drops of Phenolphthalein. The determination of soil respiration was based on the respirometry technique, consisting of measuring the difference between the amount of acid needed to neutralize the sodium hydroxide contained in the cups. There was a significant effect of grasses used as cover, on soil respiration in the second, fourth and fifth readings. Soil respiration was higher in the three soil depths when the Paiaguás grass was used. In the fifth reading, soil respiration was the same in both grasses used as soil cover.

Keywords: Phenolphthalein; soil management; planting systems.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Tratamentos utilizados n experimento da Embrapa/Emepa.**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2.** Características químicas do solo utilizado no experimento..... 11
- Tabela 3.** Resumo das análises de varância dos tratamentos.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 4.** Resumo das análises de variância para os atributos químicos do solo. 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui do experimento.....	8
Figura 2. Coleta das amostras de solo com auxílio do trado holandês.....	10
Figura 3. Pesagem do solo dos tratamentos.....	11
Figura 4. Unidade respirométrica.....	12
Figura 5. Taxa de respiração edáfica.....	16
Tabela 6. Desdobramento de variedades dentro da profundidade do solo.....	19
Tabela 7. Taxa de respiração edáfica.....	19
Figura 8. Taxa de respiração edáfica.....	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1. Integração Lavoura-Pecuária (ILP).....	12
2.2. Indicadores biológicos do solo.....	13
2.3. Biomassa microbiana do solo	14
2.4. Temperatura do solo	Erro! Indicador não definido.
2.5. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Local do experimento	18
3.1.1. Primeira etapa	20
3.1.2. Segunda etapa e delineamento experimental.....	Erro! Indicador não definido.
4. Análise estatística.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6. CONCLUSÕES	31
8. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

As mudanças no clima, promovidas por atividades antropogênicas estão diretamente associadas ao aumento da poluição, queimadas, desmatamento, formação de ilhas de calor nas grandes cidades, e à atividade agrícola, podendo esta, ser uma das mais afetadas a longo e médio prazo, comprometendo assim a produção de alimentos, fibras e agroenergia. Nesse sentido, torna-se essencial compreender o papel de gases do efeito estufa (GEEs) na interface solo-atmosfera, sobretudo concentrações de dióxido de carbônico (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera. (Suyker e Verma 2010).

A concentração de CO₂ na atmosfera, aumentou de 280 para 400 ppm desde 1800, como consequência da emissão de combustíveis fósseis, desmatamento e mudanças no uso da terra, e está projetado para atingir 700 ppm até o final deste século (Le Quéré *et al* 2013). No Brasil, as emissões de GEE atingiram aproximadamente 2.28 Gt CO₂-eq em 2016, com aumento de 9% entre os anos de 2015 e 2016, causado principalmente pelo desmatamento e expansão das fronteiras agrícolas nas regiões do Cerrado e Amazônia, seguido das atividades agrícola e pecuária que tem participação expressiva no PIB brasileiro (Seeg 2017).

Porém, em 2010 o governo brasileiro lançou o Plano para uma Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), com o objetivo específico de “promover a adoção de sistemas agrícolas sustentáveis e práticas que podem reduzir as emissões de GEEs e melhorar a eficiência e resiliência das comunidades rurais e atividades agrícolas” (Cooper *et al* 2013). O desafio de melhorar a produção de alimentos, fibras e energia para as próximas décadas está ligado ao estabelecimento de sistemas com baixas externalidades ambientais e resiliente a mudanças climáticas (Godfray *et al* 2010; Rockstrom *et al* 2009).

Segundo Balbino *et al* (2011) os sistemas integrados podem ser classificados, basicamente, em quatro grandes grupos de produção: Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril; Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril; Integração Lavoura Floresta (ILF) ou Silviagrícola e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril.

Neste contexto de conceitualização, o sistema de Integração-Lavoura-Pecuária- (ILP) tem se tornado uma alternativa viável para amenizar a vulnerabilidade do sistema

agropecuário, pois possibilita que o solo seja explorado economicamente na maior parte do ano, utilizando princípios fundamentais, como conservação do solo e água e controle integrado de pragas e doenças com aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo, devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura, a pastagem (Balbino *et al* 2011).

Nesse contexto, estudos sobre mudanças do uso da terra demonstram que, com o aumento do CO₂ na atmosfera, tem-se buscado realizar práticas mitigadoras que intensifiquem a síntese e a retenção da matéria orgânica no solo, contribuindo assim para o sequestro de carbono. Estudos tem demonstrado que do total de fluxos de carbono presente no ecossistema a respiração do solo é um dos maiores e representa cerca de 10%, sendo até 10 vezes maior que o fluxo de carbono proveniente das emissões de gases derivados de combustíveis fósseis (Atarashi-andoha *et al* 2012).

O uso da taxa de respiração edáfica representa uma forma viável e eficaz de se perceber mudanças nos teores de C no solo podendo-se associar, a esta informação, as condições de manejo utilizadas, possibilitando avaliar o efeito da atividade dos micro-organismos presentes na matéria orgânica que é adicionada ao solo. A saída de CO₂ próximo à camada do solo é indicada pela respiração do solo (Souto *et al* 2009).

Por serem sensíveis às mudanças que ocorrem no solo, os microrganismos são importantes indicadores na avaliação das alterações resultantes de diferentes práticas e sistemas de manejo (Pereira *et al* 2007; Hungria *et al* 2009). Assim, a avaliação da biomassa e respiração microbiana apresenta-se como um importante subsídio para melhor entender a dinâmica dos processos de transformação dos resíduos orgânicos no solo (Petry *et al* 2012; Segato *et al* 2012). Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho, estimar a atividade microbiana e a fertilidade do solo em sistema integração lavoura pecuária sob diferentes tipos de cobertura vegetal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

Segundo Kluthcouski e Yokoyama (2003), a integração lavoura-pecuária é utilizada desde a década de 1960, onde produtores utilizavam o consórcio entre arroz de terras altas com espécies de *Brachiaria*, para tornar mais eficiente o uso das terras e reduzir os custos na formação das pastagens no Cerrado. Em 1986, iniciaram-se alguns trabalhos de pesquisa com sistemas de ILP na região central do país pela Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, culminando na implantação, em 1990, de um experimento de longa duração, com objetivo de estudar diferentes sistemas de ILP.

Em 1991, foi lançado pela Embrapa Arroz e Feijão o Sistema Barreirão, que é composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de áreas de pastagens em degradação, embasadas no consórcio arroz, pastagem (Kluthcouski e Yokoyama 2003). Durante os períodos de 1987/88 e de 1990/94, segundo Cobucci *et al* (2007) foram implantadas e/ou monitoradas 81 unidades de demonstração e/ou lavouras utilizando ILP, em sete Estados da Federação (GO, MT, MS, TO, MG, SP e BA), demonstrando a expansão desse sistema no Brasil.

O sistema permite o uso do solo durante todo o ano ou, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, de carne e de leite a um custo mais baixo devido ao sinergismo que se cria entre a lavoura e a pastagem (Alvarenga 2004). Além dos benefícios financeiros, ILP também traz outras vantagens para o sistema de produção, como a diminuição das aplicações de agroquímicos para o controle de pragas e doenças e a manutenção da atividade biológica do solo. Do ponto de vista das propriedades químicas do solo, há uma melhoria na fertilidade, pela ciclagem dos nutrientes e eficiência no uso de fertilizantes, em função das diferentes necessidades das culturas em rotação. As alterações nas propriedades físicas têm sido, principalmente, pela melhoria da estabilidade dos agregados, diminuição da densidade do solo e da compactação, e no aumento da taxa de infiltração de água (Kluthcouski e Yokoyama, 2003).

O sistema, quando estabelecido e manejado de maneira adequada, levando-se em consideração aspectos econômicos, ambientais e sociais das propriedades rurais, assim como das regiões em que estão inseridas, pode trazer benefícios, como a

diversificação da produção, incremento e melhor distribuição da renda no tempo, conservação do solo e da água, conforto térmico para animais, melhoria do valor nutricional da forragem, entre outros (Reis *et al* 2007).

Apesar das vantagens apresentadas, poucos experimentos de longa duração em ecossistemas tropicais e subtropicais têm sido relatados. Macedo (2009) citam alguns trabalhos realizados na Austrália e no Uruguai, em que a adoção do ILP aumentou a produtividade de trigo por 29 anos, nas áreas onde sempre houve plantio de pastagens, além de recuperar as propriedades físicas do solo. No Brasil, a maioria dos experimentos conduzidos com ILP é pontual ou de curta duração, com períodos que variam de 2 a 4 anos, e nem sempre, enfatizam de forma integrada os dois componentes, justificando a pouca quantidade de resultados publicados. Pesquisas envolvendo a inclusão do componente arbóreo no sistema de ILP são ainda mais recentes e há poucos resultados disponíveis na literatura.

2.2. Indicadores biológicos do solo

Os microrganismos, respondem às variações ambientais as quais são expostas, sendo, portanto, bons bioindicadores de qualidade do solo (Avidano *et al* 2005; Moreira e Siqueira 2006). Dentre os indicadores biológicos que refletem a ação dos microrganismos do solo pode-se destacar a respiração basal, ou atividade microbiana, que é definida como a soma total de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido e possui uma estreita relação com o estado fisiológico da célula microbiana e é influenciada por diversos fatores do solo, como: umidade, temperatura, estrutura, disponibilidade de nutrientes, textura, razão C/N e resíduos orgânicos (Silva *et al* 2010).

Carvalho *et al* (2012) verificaram que a respiração basal mostrou-se sensível para indicar alterações ocorridas no ambiente. Os autores encontraram uma tendência geral das matas apresentarem baixos valores de respiração e altos valores de carbono microbiano, o que evidencia que as comunidades microbianas destes ecossistemas perdem menos carbono na forma de CO₂ por meio da respiração.

Já em sistemas cultivados, Gennaro *et al* (2014), comparando plantio direto (PD) e convencional em cultivo de feijão, observaram que a respiração basal foi mais intensa em sistema convencional, com valores de 70,7 mg CO₂ kg⁻¹ d⁻¹ contra 59,4 mg

CO₂ kg⁻¹ d⁻¹ em PD. Lourente *et al* (2011), por sua vez, não encontraram diferenças entre esses dois sistemas, apesar dos valores médios serem mais elevados no sistema convencional. Sistemas onde ocorre maior revolvimento do solo promovem maior atividade metabólica, que eleva a liberação de CO₂ resultante da respiração. Isso resulta em maior mineralização de compostos orgânicos no solo, com maior imobilização de nutrientes na biomassa microbiana e liberação de parte destes nutrientes para a solução do solo (Lourente *et al* 2011).

2.3. Biomassa microbiana do solo

No processo de decomposição de resíduos vegetais, a biomassa microbiana funciona como um catalisador na mineralização de nutrientes (Mercante *et al* 2008), sendo um dos principais determinadores do acúmulo de matéria orgânica e das transformações envolvendo os nutrientes (Reis Jr. & Mendes, 2007; Toda *et al* 2010). Os resíduos vegetais ao serem depositados sobre a superfície do solo são submetidos aos processos microbianos que oxidam e liberam nutrientes essenciais à nutrição da biota do solo e das plantas (Luizão *et al* 1999).

Nesse processo, a biomassa microbiana apresenta uma grande importância nos ciclos do nitrogênio, fósforo, enxofre e, principalmente, do carbono, onde se destaca como o compartimento central do C no solo (Moraes *et al* 2007). Funciona também como compartimento de reserva ou dreno, de acordo com a composição dos resíduos vegetais e das condições edafoclimáticas do ecossistema (Mercante *et al* 2008). Os solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de reciclar mais nutrientes (Toda *et al* 2010).

A biomassa microbiana é influenciada pelos fatores que afetam a densidade e a atividade dos organismos do solo e, em especial, pela disponibilidade de C e nutrientes (N, P e S), umidade do solo, aeração, PH, teor de argila, textura do solo (Moreira & Siqueira 2006) e manejo (Perez *et al* 2004). Alterações na comunidade e atividade microbiana afetam diretamente os processos biológicos e bioquímicos do solo, a produtividade agrícola e, conseqüentemente, a sustentabilidade dos agroecossistemas, atuando como indicador de degradação dos solos (Mercante *et al* 2008).

Alguns estudos têm sido realizados para avaliar o efeito de diferentes manejos sobre os microrganismos do solo (Alves *et al* 2011; Lourente *et al* 2011).

Lourente *et al* (2011) avaliando o efeito de diferentes uso e manejo do solo sobre os atributos químicos, físicos e microbiológicos em Latossolo Vermelho, constataram que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivos pode causar importantes alterações nos atributos químicos do solo a partir do primeiro ano de implantação do novo sistema. Alves *et al* (2011) avaliando a influência de diferentes sistemas de manejo, da população microbiana e de sua atividade, relataram que os sistemas de manejo influenciam a atividade metabólica dos microrganismos presentes no solo, exceto para o sistema de ILP, onde a atividade microbiana foi constante em diferentes épocas de avaliação.

O monitoramento da biomassa e da atividade microbiana pode representar um avanço na busca de práticas sustentáveis nos sistemas de produção que objetivam a recuperação de áreas degradadas, pois permite determinar possíveis mudanças na ciclagem de nutrientes e produtividade do agroecossistema (Schmidt *et al* 2013).

2.4. Temperatura do solo

Outro importante fator que influencia as emissões de N_2O é a temperatura do solo devido à vários fatores. Um deles é a aceleração da reação enzimática através do valor Q_{10} , que é o fator de aumento da velocidade de uma reação em função de um aumento de $10^\circ C$ na temperatura. Os solos com valor Q_{10} mais elevados aceleram as taxas de desnitrificação, conseqüentemente, promovem maiores emissões de N_2O . Para muitos processos biológicos, observa-se valores de Q_{10} na ordem de 2 a 3, mas os fluxos de N_2O podem obedecer a valores Q_{10} da ordem de 2 a 10, dependendo dos demais fatores (Skiba & Smith 2000).

A outra é pela aceleração da respiração microbiana, que consome o O_2 e pode gerar condição para desnitrificação, mesmo com umidade baixa (Grant *et al* 2004). A respiração heterotrófica da matéria orgânica do solo e a respiração autotrófica da raiz (onde a matéria orgânica está presente), geralmente aumentam exponencialmente com a temperatura (Grant *et al* 2004) e resultam num aumento das zonas anaeróbicas (Ussiri & Lal, 2013). Apesar disso, a temperatura só poderá ser limitante quando esta se tornar muito baixa, reduzindo a atividade microbiana. Luo *et al* (2013), em experimento em regiões com diferentes climas, observaram que a temperatura foi um fator limitante nas emissões de N_2O . Já Akiyama & Tsuruta (2003)

não encontraram nenhuma correlação entre as temperaturas do solo e do ar com os fluxos de N_2O , mesmo quando as temperaturas alcançaram valores menores que $5^\circ C$. A magnitude da importância da temperatura só poderá ser determinada se os outros fatores, como o conteúdo de N no solo e EPSA se mantiverem relativamente constantes.

2.5. Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana

O carbono da biomassa microbiana (CBM) representa a quantidade de carbono que a biomassa microbiana do solo imobiliza em suas células. Por meio de sua avaliação é possível realizar comparações entre solos e mudanças de manejo, avaliando possíveis impactos ambientais (Insam 2001).

Mendes (2003) observou que o desmatamento e a introdução de cultivo com arado de discos reduzem significativamente os teores de CBM, sendo 17% aos quinze dias (0-20 cm), 43% aos três meses (0-5 cm), atingindo 76% (0-5 cm) um ano após o desmatamento. Esses resultados evidenciam a sensibilidade do CBM às alterações ambientais do solo. Baretta *et al* (2005) observaram valores de $1520 \text{ kg de C ha}^{-1}$ nos primeiros 10 cm de profundidade de solos sob floresta de araucária, na Região Sul, enquanto Mendes e Vivaldi (2001) encontraram valores próximos a $1000 \text{ kg C ha}^{-1}$ em formas mais densas, no Cerrado. Mesmo no Cerrado, os teores de CBM em solo sob vegetação nativa podem variar entre as diferentes classes de solos. Em Neossolo Quartzarênico, o Cerrado nativo apresentou teor de 275 mg C kg^{-1} solo, enquanto que, em Latossolo Vermelho, o valor foi de 541 mg C kg^{-1} solo, sendo justificado porque o Cerrado apresentava sinais de degradação do solo e estava em processo de recuperação (Carneiro *et al* 2009).

A adoção de ILP provoca alterações no carbono da biomassa microbiana (CBM). Carneiro *et al* (2008) e Alves *et al* (2011), trabalhando em áreas independentes, observaram que áreas com presença de pastagem e ILP apresentaram maiores teores de CBM no solo, quando comparados ao Cerrado e lavoura. Os autores argumentam que as pastagens apresentam alto conteúdo de matéria orgânica e densa massa radicular, estimulando a biomassa microbiana na rizosfera e promovendo a mineralização de nutrientes. Além disso, áreas com gramíneas sob pastejo recebem adição de material orgânico por meio de fezes e urina dos animais, que favorecem a biomassa microbiana (Kluthcouski *et al* 2003).

Diferenças importantes também são verificadas quando se estuda o nitrogênio da biomassa microbiana nos diferentes sistemas de manejo. Bini *et al* (2014) em experimento em Argissolo, verificaram que, sob plantio direto, o nitrogênio biomassa microbiana atingiu 74 mg N kg^{-1} solo contra 47 mg N kg^{-1} solo sob plantio convencional, além de observar que a mineralização de N ocorre de maneira mais constante sob sistema de plantio direto, enquanto que, sob cultivo convencional, há um elevado fluxo de N logo após o preparo do solo, devido à quebra dos agregados do solo, o que causa a intensificação da atividade microbiológica.

Tabela 1. Tratamentos na área experimental da Embrapa Algodão na Estação da EMEPA/Lagoa Seca-PB.

Plantio a lanço manual junto ao milho	
1	Brachiaria Brizantha cv Piatã
2	Brachiaria Brizantha cv Marandu
3	Urocloa
4	Buffel
5	B.decumbens
6	Panicum maximum cv Massai
Plantio na entrelinha junto com o milho	
7	Brachiaria decumbens
8	Brachiaria Brizantha cv Paiaguás
9	Brachiaria Brizantha cv Piatã
10	Milho + Braquiárias + Estilosantes
11	Milho + Piatã + Estilosantes
12	Mombaça a lanço manual
Plantio na entrelinha 14 dias após o milho	
13	Piatã
14	Paiaguas
15	Marandú
Plantio 14 dias após o sorgo granífero	
16	Massai
17	Urocloa
18	Piatã
19	Paiaguás
20	Mombaça
Plantio 14 dias após o milho a lanço	
21	Massai
22	Urocloa
23	Piatã

24	Paiguás
25	Mombaça

3.1.1. Primeira etapa

A primeira etapa do experimento constou da coleta de material de solo (amostras) da área do sistema ILP, sendo as coletas realizadas na área do capim BRS Paiaguás (*Urochloa brizantha*) e Urocloa (*Urochloa mosambicensis* (Hack.) Daudy), implantados 14 dias após a semeadura do milho a lanço, e de uma área convencional adjacente (testemunha). Com o auxílio de uma enxada, fez-se a retirada da vegetação e de resíduos da superfície do solo classificado como Neossolo (Embrapa, 2006), logo após, utilizando-se um trado holandês, as amostras foram coletadas em três profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm), sendo que para cada profundidade, foram retiradas cinco amostras simples para formar uma composta (Figura 2).



Figura 2. Coleta das amostras de solo com auxílio do trado holandês.

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacolas plásticas e encaminhadas para o laboratório Análise realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB., para análise química de fertilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Características química do solo utilizado no experimento.

Determinações									
pH	P	K	Na ⁺	H+Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	M.O	
H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c /dm ³ -----							g dm ⁻³
6,2	45,5	65,1	0,0	3,22	0,05	0,40	0,40	7,05	

Análise realizada no Laboratório de Solos da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB.

3.1.2. Segunda etapa e delineamento experimental

Após a coleta das amostras de solo, as mesmas foram postas para secar na casa de vegetação por um período de 72 horas, afim de se obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida, as amostras foram peneiradas em uma malha de 200 merch, colocadas em latas de alumínio e levadas à estufa a 65° C por 72 horas, para se obter um solo seco com peso constante (Figura 3). Na sequência, foram determinadas as capacidades de retenção de água pelos solos através do método do funil com solo previamente seco, distribuído em Erlenmeyer de 250 ml, adicionando água até umidade de 60% da capacidade de campo.



Figura 3. Pesagem do solo seco dos tratamentos estudados.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, sendo três coberturas vegetais (sem cobertura, capim Paiaguás e Urocloa) e três profundidades de coleta de solo (0-10, 10-20, 20-30 cm), com três repetições,

totalizando 27 unidades experimentais, sendo cada unidade constituída por pote de plástico de 0,5 L.

A determinação da respiração edáfica foi baseada na técnica da respirometria, (Öhlinger 1993), consistindo na mensuração através da diferença entre o volume de ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio contidos nos copos. Os tratamentos foram acondicionados em vasos plásticos transparentes de 0,5 L, nos quais foram colocados 0,2 kg de solo. A solução de álcali foi alocada em pote com volume de 40 ml na quantidade de 25 ml de NaOH (0,2 N).

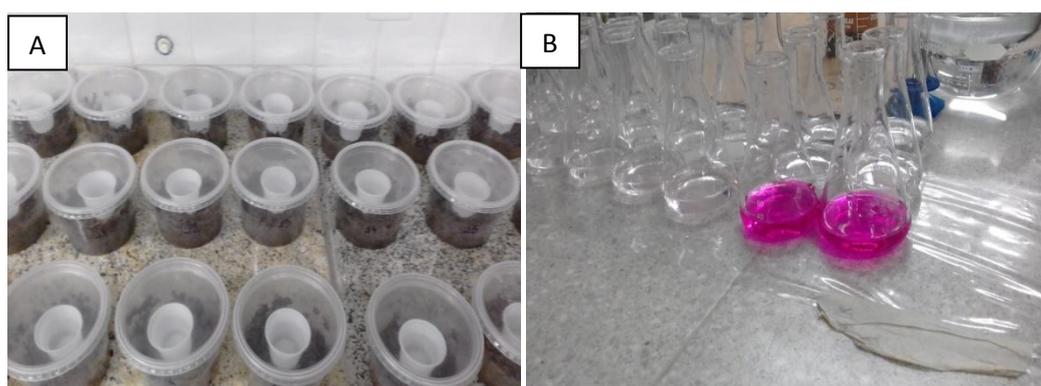


Figura 4. Unidade respirométrica (A). Titulação e leitura de HCL no laboratório de solo (B).

Em intervalos de quatro dias (total de nove leituras), os recipientes foram abertos e titulada com HCL (2N) com indicador ácido/base fenolftaleína, sendo avaliados no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo para a titulação com o ácido HCL (0,2 N) em pipetador automático de 25 ml, utilizando como indicador 3 gotas de Fenolftaleína. Depois da leitura a mesma quantidade de 25 ml da solução HCL (2N), foi colocada novamente, logo após os recipientes foram fechados. A diferença entre o volume do ácido necessário para neutralizar o hidróxido de sódio no tratamento é proporcional à quantidade de gás carbônico produzido pelos microrganismos do solo.

Para o cálculo da respiração edáfica, foi utilizada a fórmula proposta por Severino et al. (2004).

$$\text{CO}_2 = (\text{V1} - \text{V0}) \times 44 \div 0,2$$

Onde:

CO₂ = quantidade de carbono mineralizado (mg de CO₂ / kg de solo);

V1 = volume de HCL necessário para neutralizar o NaOH no tratamento (ml);

V0 = volume de HCL necessário para neutralizar a testemunha (ml);

44, equivalente a peso molar do CO₂;

0,2 é a massa do solo (kg).

4. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste de Tukey 1% e a 5% de probabilidade.

5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância com os quadrados médios e suas respectivas significâncias pelo teste F a 5% de probabilidade, para a respiração do solo nas diferentes épocas de avaliação em função dos fatores cobertura vegetal e profundidade estão apresentados na Tabela 3. Dentre os fatores utilizados, é possível observar que houve efeito significativo da cobertura vegetal sobre a respiração edáfica na segunda, quarta e quinta avaliação. Entretanto, não se observou efeito significativo do fator profundidade de coleta sobre a respiração do solo nas três avaliações realizadas.

Cultivos em sistemas ILP podem ser uma saída para fornecer aos animais, pastagens de melhor qualidade, associada a quantidade, sobretudo durante período de escassez, além de promover melhorias na qualidade do solo. De acordo com Macedo e Araújo (2012), esta pode ser considerada uma técnica de recuperação indireta das pastagens. Segundo os autores, o principal objetivo desta técnica é o de aproveitar a adubação residual empregada na lavoura para recuperar e/ou renovar a espécie/cultivar de pastagem com menores custos. Esses sistemas integrados, principalmente, ILPF, são extremamente importantes para a melhoria de atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Marchão *et al.*, 2009; Anghinoni *et al.*, 2011). O sistema ILPF pode ser uma alternativa eficaz para a melhoria da qualidade do solo, uma vez que favorece a estabilidade de agregados do solo com a adição de matéria orgânica e proporciona condições favoráveis para a atividade microbiana, além de favorecer a ciclagem de nutrientes, (Alvarenga *et al.*, 2010; Vinhal-Freitas *et al.*, 2010).

Houve interação significativa sobre os fatores cobertura vegetal e profundidade do solo sobre a taxa de respiração edáfica na época de avaliação 4, porém, não se observou efeito semelhante para as demais épocas de avaliação (Tabela 3). Entre os parâmetros que caracterizam a biomassa microbiana do solo, o carbono da biomassa microbiana (CBM) é um dos mais promissores e requeridos em função de sua rápida resposta às alterações ambientais e maior susceptibilidade a mudanças. Já a respiração basal (RB) permite verificar se as condições climáticas e o manejo do solo influenciam a atividade microbiana, podendo ser utilizado como indicador de qualidade do solo (Hungria *et al.*, 2009).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos tratamentos cobertura vegetal (CV) e profundidade do solo (P) utilizados em função de três épocas de leitura.

Fonte de Variação	Quadrados Médios			
		Avaliação 2	Avaliação 4	Avaliação 5
Cobertura Vegetal	2	29,416*	23,85**	888534*
Profundidade (P)	2	13,283 ^{ns}	2491,7 ^{ns}	36801 ^{ns}
Interação CV x P	4	11,320ns	4400*	15398ns
Erro	18	5001	1236	23124
CV (%)		23,52	14,63	18,01

^{ns}, *, **, Significativo a 5 % e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando a figura 5, podemos verificar que a taxa de respiração edáfica dada em mg CO₂/kg⁻¹ para a segunda leitura realizada, foi maior na área em que foi utilizado o capim BRS Paiaguás como cobertura vegetal, chegando próximo a 1.100 mg, seguido pelo capim Urocloa com 900 mg, quando comparado com a testemunha, que apresentou pouco mais de 500 mg. A área sob Cerrado Nativo apresentou os maiores valores de RB nas coletas realizadas em julho de 2012, setembro de 2013 e fevereiro de 2014, concordando com os encontrados por Cunha *et al.* (2011), Ferreira *et al.* (2011) e Lourente *et al.* (2011).

O solo de Cerrado Nativo pode ter obtido esse fluxo mais elevado de CO₂ em função da incorporação constante de resíduos vegetais com elevados teores de matéria orgânica lábil, o que aumenta a biomassa microbiana e sua atividade e, conseqüentemente, a liberação de CO₂, em uma relação direta com o elevado teor de biomassa microbiana (Lourente *et al.*, 2011). Dentre as forrageiras utilizadas para os sistemas de rotação, sucessão ou de consorciação de culturas na região dos Cerrados, destaca-se as gramíneas do gênero *Brachiaria* (Ikeda *et al.*, 2007). As vantagens da utilização desse gênero no sistema de integração estão no fato dessas espécies apresentarem sistema radicular abundante, que contribui para a infiltração de água, agregação e aeração do solo (Kluthcoouski *et al.*, 2004). O capim-paiaguás é mais uma excelente opção para a diversificação de pastagens em solos de média fertilidade nos Cerrados. Foi selecionada com base na produtividade, vigor, produção de sementes, e apesar de não apresentar resistência à cigarrinha-das-pastagens, mostrou ter elevado potencial de produção animal no período seco, com alto teor de folhas e bom valor nutritivo (Embrapa Gado de Corte, 2013).

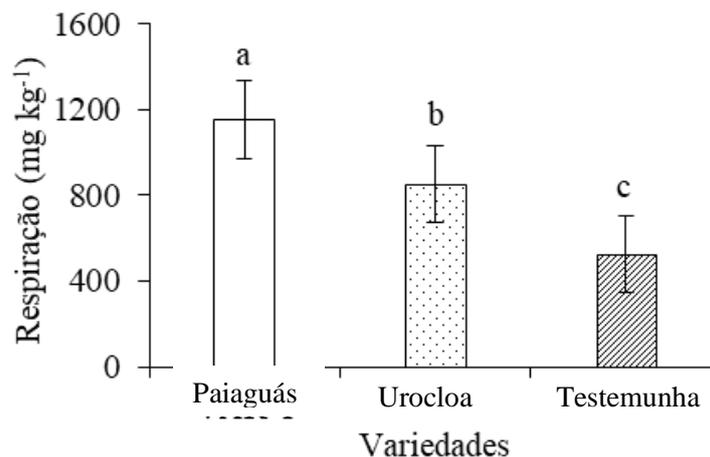


Figura 5. Taxa de respiração (mg CO₂kg⁻¹) edáfica em função da cobertura do solo.

A análise de desdobramento (Figura 6) dos fatores cobertura vegetal dentro das diferentes profundidades do solo, nos permite verificar que na profundidade de 0-10 cm a respiração edáfica foi mais alta (405 mg CO₂kg⁻¹), quando se utilizou o capim Paiaguás como cobertura do solo no sistema ILP, seguido pelo capim Urocloa com 280 mg CO₂kg⁻¹, ambos valores de respiração edáfica elevados quando comparados com o valor obtido na testemunha (área convencional). De acordo com Silva *et al.* (2013) as características biológicas do solo, juntamente com as propriedades químicas e físicas, interferem ativamente na produtividade e qualidade de produtos agropecuários. Dentro das características biológicas do solo, um dos principais fatores é a atividade microbiana. Assim, a respiração edáfica reflete a atividade biológica na mineralização dos resíduos orgânicos (Souto *et al.*, 2013).

Na profundidade de 10-20 cm, observou-se comportamento semelhante, porém com valores inferiores a área mais superficial do solo, com maior variação para o capim Urocloa com 180 CO₂kg⁻¹, com um ligeiro aumento na taxa de respiração na área convencional (testemunha), não havendo assim, diferença estatística entre o capim Urocloa e a testemunha. Já para a profundidade de 20-30 cm, houve diferença estatística entre os tratamentos utilizados, sendo o capim Paiaguás, o responsável por apresentar maior taxa de respiração do solo, seguido pelo capim Urocloa, quando comparado a testemunha (Figura 6). Segundo Mazurana (2013), a maior liberação de CO₂ geralmente ocorre em função da maior atividade biológica que se encontra relacionada diretamente com a quantidade de carbono lábil existente no solo.

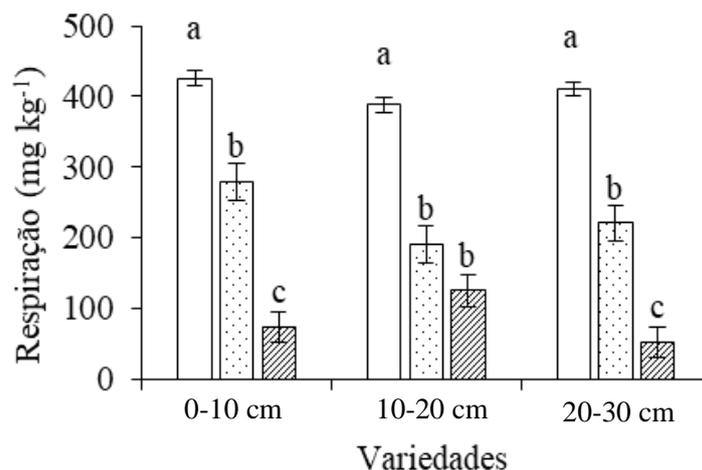


Figura 6. Desdobramento de variedades dentro da profundidade do solo na 4ª leitura. Lagoa-Seca, PB, 2018.

A cultivar BRS Paiaguás se destacou pelo maior acúmulo de forragem e maior disponibilidade de folhas, durante o período seco em estudos comparativos com a BRS Piatã durante três anos completos (águas e seca) de pastejos no Bioma Cerrado (Embrapa Gado de Corte, 2013). De acordo com Vicente *et al.* (2012) as práticas de manejo merecem estudos detalhados para a melhor compreensão e identificação dos sistemas de manejos capazes de reter carbono atmosférico no solo, assim, destacando os sistemas capazes de contribuir no aumento da qualidade do solo, ou seja, restando benefícios da matéria orgânica, para que haja atributos significativos ao solo.

Dentre as formas de cultivo mais difundidas dentro da integração lavoura-pecuária, destaca-se o consórcio do milho com forrageiras (*Urochloa spp.* e *Panicum spp.*). É interessante que a forrageira pode ter dupla aptidão nesse consórcio, servindo como volumoso para o rebanho bovino a partir do final do verão até o início da primavera e para formação de cobertura morta, visando à implantação do sistema de plantio direto (Petter *et al.*, 2011).

Para a 5ª leitura (Figura 7), não houve diferença estatística entre os dois capins utilizados como cobertura do solo no sistema ILP sobre a taxa de respiração edáfica ($\text{mg CO}_2\text{kg}^{-1}$), entretanto, os valores observados para a taxa de respiração com o Capim Paiaguás e *Urochloa* ($330 \text{ mg CO}_2\text{kg}^{-1}$) foram bem superiores ao valor observado na testemunha ($270 \text{ mg CO}_2\text{kg}^{-1}$). Esse resultado pode estar relacionado ao período da

leitura, pois espera-se que com o transcorrer do tempo, a taxa respiratória dos microorganismos presentes no solo vai diminuindo.

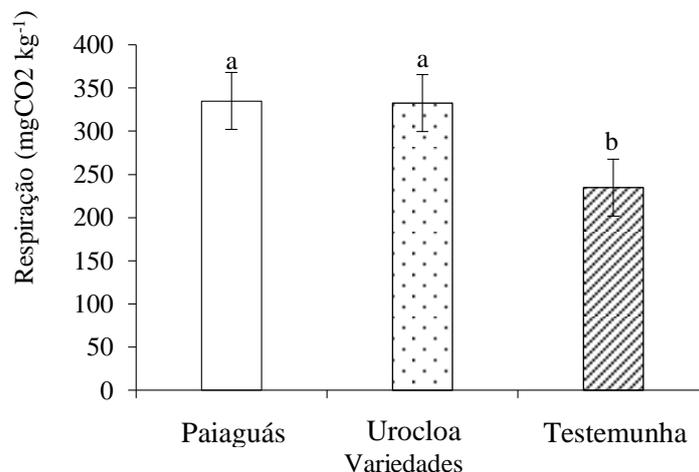


Figura 7. Taxa de respiração (mg CO₂kg⁻¹) edáfica em função da cobertura do solo na 5ª leitura.

Em sistemas de produção como a ILP, têm sido observadas melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (SPERA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; MENDONÇA *et al.*, 2013), tendo em vista principalmente o efeito das adubações nas culturas, assim como a intensificação da utilização da área agrícola com cultivos realizados durante todo o ano, em que a rotação de culturas permite a inclusão de espécies com diferentes sistemas radiculares, além de resíduos vegetais com diferentes relações C/N, o que contribui para alterações das taxas de decomposição e ciclagem de nutrientes.

As gramíneas forrageiras vêm apresentando melhor desempenho em sistemas plantio direto ou integração lavoura pecuária, principalmente as do gênero *Urochloa* (COSTA *et al.*, 2015, PARIZ *et al.*, 2011, ROSSI *et al.*, 2011). Estas apresentam alta produção de matéria seca, média 10 Mg ha⁻¹ (PACHECO *et al.*, 2008; PACHECO *et al.*, 2011) podendo ser maior em determinadas épocas, acima de 15 t ha⁻¹ de biomassa seca, persistindo por mais de 100 dias na superfície do solo (COBUCCI *et al.*, 2007).

Na Tabela 4 são apresentados os resumos das análises de variância com os quadrados médios e suas respectivas significâncias pelo teste de F a 5% de probabilidade, para os parâmetros de fertilidade do solo. Observa-se dentre todos os atributos químicos da fertilidade do solo analisados, apenas o teor de cálcio foi significativo em função dos capins utilizados como cobertura vegetal.

De acordo com Santos *et al.* (2001), a combinação de pastagens perenes e seguidas de culturas anuais para produção de grãos é mais eficiente na manutenção de estrutura físico-química do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas, pois as espécies com sistemas radicais e diferentes morfologias promovem maior ciclagem de nutrientes e favorecem a supressão de doenças.

Em sistemas de produção como a ILP, têm sido observadas melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Spera *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2011; Mendonça *et al.*, 2013). Os trabalhos com sistemas de produção de grãos desenvolvidos por Bayer e Bertol (1999), De Maria *et al.* (1999), Amado *et al.* (2001) e Santos *et al.* (2001), que avaliam a qualidade de solo em sistema plantio direto, têm evidenciado acúmulos de matéria orgânica, carbono, Ca, Mg, P e K na camada superficial (0-5 cm), em relação às camadas mais profundas.

Tabela 4. Resumo das análises de variância para os atributos químicos e respiração do solo, em função de variedades de capim profundidades de coleta de solo. Lagoa Seca, PB, 2018.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		P	K	Na	Ca+Mg
Cobertura Vegetal (V)	2	9,92 ^{ns}	1060,73 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0258 ^{ns}
Profundidade (P)	2	868,04 ^{ns}	179,49 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0577 ^{ns}
Interação CV x P	4	130,26 ^{ns}	16,54 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0277 ^{ns}
Erro	18	497,31	406,00	62,49	0,1879
CV (%)		33,78	25,26	62,49	39,22
		Ca	Mg	Al	H+Al
Cobertura Vegetal (V)	2	0,1867*	0,0737 ^{ns}	0,0408 ^{ns}	0,2153 ^{ns}
Profundidade (P)	2	0,0123 ^{ns}	0,0867 ^{ns}	0,0108 ^{ns}	1,014 ^{ns}
Interação CV x P	4	0,0138 ^{ns}	0,0450 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0931 ^{ns}
Erro	18	0,0387	0,120	0,0253	3,519
CV (%)		42,84	53,70	124,65	46,83
		C	MO	SB	CTC
Cobertura Vegetal (V)	2	1,4572 ^{ns}	4,307 ^{ns}	0,0568 ^{ns}	0,1695 ^{ns}
Profundidade (P)	2	0,8487	2,520 ^{ns}	0,0648 ^{ns}	1,506 ^{ns}
Interação CV x P	4	1,6856 ^{ns}	4,999 ^{ns}	0,0261 ^{ns}	0,0724 ^{ns}
Erro	18	2,0540	6,102	0,194	3,794
CV (%)		24,62	24,61	33,29	36,30

** e ^{ns}: Significativo a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F.

A teor de Cálcio (Ca) do solo foi significativo na 5ª avaliação, sendo superior com a utilização do capim Paiaguás, com maior disponibilidade de cálcio (27,11 cmolc

dm^{-3}), seguido pelo capim Urocloa com ($25,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo o menor valor ara cálcio observado na área de plantio convencional com ($24,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). (Figura 8).

Em SPD com calagem na superfície do solo Ciotta *et al.* (2004) ressalta que a maior concentração de Ca trocável na superfície do solo é devido ao processo de solubilização do corretivo e disponibilização a partir da camada superficial, como também pelo processo de decomposição dos resíduos vegetais presentes sobre o solo. Gatiboni *et al.* (2003) relatou maiores teores de Ca trocável na superfície do solo em SPD com calagem superficial em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, e diminuição em profundidade assim como verificado no presente estudo.

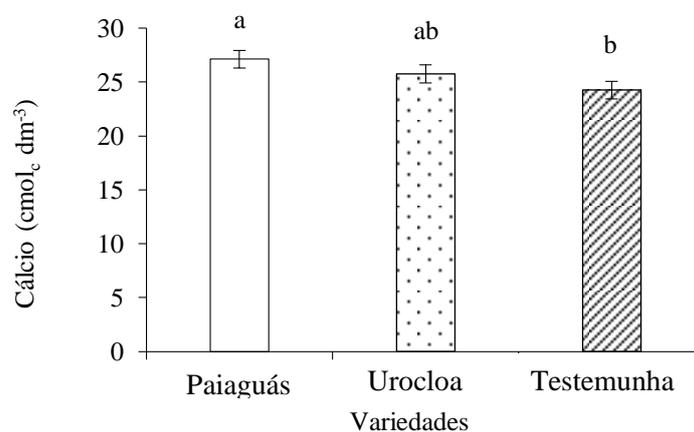


Figura 8. Taxa de Cálcio ($\text{mg CO}_2\text{kg}^{-1}$) edáfica em função da cobertura do solo na 5ª leitura.

6.CONCLUSÕES

A respiração edáfica do solo é diretamente influenciada pela cobertura do solo;

O capim Paiaguás foi mais eficiente em aumentar a respiração do solo nas diferentes profundidades estudadas;

Não houve diferença entre o capim Paiaguás e o Urocloa sobre a respiração do solo na quinta leitura;

8.REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L.; BRUM, A. C. **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio do solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

AKIYAMA H., TSURUTA H. **Nitrous oxide, nitric oxide, and nitrogen dioxide fluxes from soils after manure and urea application.** Journal of Environmental Quality. vol 32, p. 423–431, 2003.

ALVARENGA, R. C. **Integração lavoura-pecuária.** In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE. Belo Horizonte: Anais... UFMG, 2004. CD ROM.

ALVES, T., CAMPOS, L. L., NETO, N. E., MATSUOKA, M., & LOUREIRO, M. F. **Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ATARASHI-ANDOHA, M., J. KOARASHIA, S. ISHIZUKA, and K. HIRAI. 2012. **Seasonal patterns and control factors of CO₂ effluxes from surface litter, soil organic carbon, and root-derived carbon estimated using radiocarbon signatures.** Agric. and Forest Meteor. 152:149–158. doi:10.1016/j.agrformet.2011.09.015.

AVIDANO, L.; GAMARELO, E.; COSSA, P. G.; CARRARO, E. **Characterization of soil health in a italian polluted site by using microorganisms as bioindicators.** Applied Soil Ecology, v. 30, n. 1 p. 21-33, 2005.

BALBINO, L. C., CORDEIRO, L. A. M., PORFIRIO-da-SILVA, V., MORAES, A., MARTINEZ, G. B., ALAVARNGA, R. C., KICHEL, A. N., FONTANELLI, R. S., SANTOS, H. P., FRANCHINI, J. C., GALERANI, P. R. 2011. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas d integração lavoura-pecuária floresta no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 46. doi: 10.1590/S0100- 204X201100100000

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG FILHO. **Efeito do Monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 715-724, 2005.

BINI, D., SANTOS, C. A., BERNAL, L.P. T., ANDRADE, G., NOGUEIRA, M. A. **Identifying indicators of C and N cycling in a clayey Ultisol under different tillage and uses in winter.** Applied Soil Ecology, v. 76, p. 95-101, 2014.

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

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, F.; MOREIRA, F. M. S., CARDOSO, E. J. Bran Nogueira. **Chemical and biochemical properties of Araucaria angustifolia (Bert.) Ktze. forest soils in the state of São Paulo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 36, n. 4, p. 1189-1202, 2012.

BAYER, C.; BERTOL, I. **Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo com ênfase à matéria orgânica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.

COBUCCI, T.; WRUCH, F.J.; KLUTHCOUSKI, J. et al. **Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos.** Informe Agropecuário, v.28, n.240, p.64-79, 2007.

COOPER P.J. M., CAPPIELLO, S., VERMEULEN, S. J., Campbell, B. M., ZOUGMORE, R., KINYANGI, J. 2013. **Largescale implementation of adaptation and mitigation actions in agriculture.** CCAFS Working Paper no. 50. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: www.ccafs.cgiar.org.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. **Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil.** Soil and Tillage Research, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.

GENNARO, L. A. D., SOUZA, Z. M. D., WEILL, M. D. A. M., SOUZA, G. S. D., & ALVES, M. C. **Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems.** Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 4, p.641-649, 2014.

GODFRAY, H.C.J., BEDDINGTON, J. R., CRUTE, I.R., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J.F., et al. Food security: **the challenge of feeding 9 billion people**. 2010. *Science*, 327: 812–818. doi: 10.1126/science.1185383.

GRANT, B., SMITH, W. N., DESJARDINS, R., LEMKE, R. LI C.. **Estimated N₂O and CO₂ emissions as influenced by agricultural practices in Canada** *Climatic Change*. vol. 65, p. 315-332, 2004.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G. e SOUZA, R.A. (2009) - **Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems**. *Applied Soil Ecology*, vol.42, n.3, p. 288-296.

INSAM, H. **Developments in soil microbiology since the mid 1960s**. *Geoderma*, v. 100, n. 3, p. 389-402, 2001.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCCI, T. **Opções e vantagens da Integração Lavoura-Pecuária e a produção de forragens na entressafra**. *Informe Agropecuário*, v.28, n.240, p.16-29. 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.131-141. 2003.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.131-141. 2003.

LE QUÉRÉ, C., PETERS, G.P., ANDRES, R.J., et al.: Global carbon budget 2013. 2013. **Journal of Earth System Science**. Data Discuss. 6:689-760. doi.org/10.5194/essd-6-235-2014.

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C.M. **Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, p. 20-28, 2011.

LUIZÃO, R. C. C.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F. J. **Mudança na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idade de**

pastagem após derrubar e queimar a floresta na Amazônia central. Acta Amazônica, v. 29, p. 43-56, 1999.

LUO, G. J., KIESE, R., WOLF, B., BUTTERBACH-BAHL, K. **Effects of soil temperature and moisture on methane uptake and nitrous oxide emissions across three different ecosystem types.** Biogeosciences, v. 10, p. 3205–3219, 2013.

MACEDO, M. C. M. **Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M.C.M. & ARAÚJO, A.R. **Sistemas de integração lavoura-pecuária: alternativas para a recuperação de pastagens degradadas.** In: BUNGENSTAB, D. (Ed.) **Sistemas de integração: a produção sustentável.** 2. Ed. Brasília: EMBRAPA, p. 27-48. 2012.

MAZURANA, M.; FINK, J. R.; CAMARGO, E., et al. **Estoque de carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil.** Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 36, n. 3, p. 288-296, 2013.

MENDES, I. C.; VIVALDI, L. **Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria da região do DF.** In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado: Caracterização e Recuperação de Matas de Galeria.** Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 664-687, 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 áreas cultivadas com mandioca.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 34, p. 476-485, 2008.

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 áreas cultivadas com mandioca.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 34, p. 476-485, 2008.

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 áreas cultivadas com mandioca.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 34, p. 476-485, 2008.

MORAIS, L. F. D.; CAMPELO, E. F. C.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G. **Biomassa microbiana em áreas em processo de restauração na reserva biológica de poço das antas**, RJ. Caatinga, v. 20, p. 54-63, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006.

PEREIRA, A.A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L.M.O.; Campo, R.J. e Torres, E. (2007) - **Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.31, n.6, p. 1397-1412.

PETRY, H.B.; OLIVEIRA, D.; SILVEIRA, A.O.; ANDREZZA, R. e CAMARGO, F.A.O. (2012) - **Qualidade biológica do solo de sistemas de cultivo em pomares de *Citrus deliciosa***. *Ciência e Natura*, vol.34, n.1, p. 63-79.

PIRES, M. O. **Programas agrícolas na ocupação do Cerrado**. Sociedade e Cultura, Goiânia, v. 3, n. 1 e 2, p. 111-131, 2000.

REIS Jr., F. B.; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 40 p. 2007.

REIS, H.A. et al. **Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do estado de Minas Gerais**. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. cap.s, p.137-154.

ROCKSTROM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, A., CHAPIN, F.S., LAMBIN, E.F., et al., 2009. **A safe operating space for humanity**. *Nature*, 461:472–475. doi:10.1038/461472.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. **Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível fertilidade do solo após cinco anos**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25. n. 3, p. 645-653, 2001.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.

SCHMIDT, R. O.; SANA, R. S.; LEAL, F. K.; ANDREAZZA, R.; CAMARGO, F.A.O.; MEURER, E.J. **Biomassa e atividade microbiana do solo em sistemas de produção olerícola orgânica e convencional**. *Ciências Rural*, v. 43, 2013.

SEEG, **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**, 2017. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/>> (Acessado em 18 março 2018).

SEGATO, M.P.; ANDREZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V.P.; GIANELLO, C. e CAMARGO, F.A.O. (2012) - **Decomposição de resíduos industriais no solo**. *Ciência e Natura*, vol.34, n.1, p. 49-62.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N.; ALOVISI, A. M. T.. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas** 47.

SKIBA U.; SMITH K.A. **The control of nitrous oxide emissions from agricultural and natural soils**. *Chemosphere - Global Change Science*, v.2, p. 379-386, 2000.

SOUTO, P. C.; BAKKE, I. A.; SOUTO, J. S.; OLIVEIRA, V. M. de. **Cinética da respiração edáfica em dois ambientes distintos no semi-árido da Paraíba**, Brasil. *Revista Caatinga* v.22, p.52-58, 2009.

SUYKER, A. E., VERMA, S. B. **Coupling of carbon dioxide and water vapor exchanges of irrigated and rainfed maize-soybean cropping systems and water productivity**. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 150, p. 553-563, 2010.

TODA, F. E.; VASQUES, T.; ARAÚJO, M. F. F. **Biomassa microbiana e sua orrelação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo**, *Colloquium Agrariae*, v. 6, p. 01-07, 2010.

USSIRI, D., LAL, R. **Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation**. Springer Dordrecht, Rotterdam, Netherlands. 378 p. 2013.

Spera ST, Santos HP, Fontaneli RS, Tomm GO. **Efeito de integração entre lavoura, pecuária, sob plantio direto em alguns atributos físicos do solo após dez anos**. *Bragantia*. 2010b;69:695-704.