



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
TOCANTINS – *CAMPUS* ARAGUATINS

BACHARELADO EM AGRONOMIA

JACKELYNNE BATISTA DOS ANJOS

ATIVIDADE MICROBIANA COMO INDICADOR BIOLÓGICO EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE MANEJO NO EXTREMO NORTE DO TOCANTINS

ARAGUATINS

2016

JACKELYNNE BATISTA DOS ANJOS

ATIVIDADE MICROBIANA COMO INDICADOR BIOLÓGICO EM DIFERENTES  
SISTEMAS DE MANEJO NO EXTREMO NORTE DO TOCANTINS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins* como exigência à obtenção do grau Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite.

ARAGUATINS

2016

Anjos, Jackelyne Batista dos

Atividade microbiana como indicador biológico em diferentes sistemas de manejo no extremo norte do Tocantins/Jackelyne Batista dos Anjos. – Araguatins, 2016.

39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, Campus Araguatins, 2016.

Orientador(a): Prof. Raimundo Laerton de Lima Leite

1. Atividade microbiana 2. Manejo do solo I. Título



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS  
CAMPUS ARAGUATINS  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "Atividade microbiana como indicador biológico em diferentes sistemas de manejo no extremo norte do Tocantins"**

**AUTORA: Jackelyne Batista dos Anjos**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Agronomia.

Aprovada em 8 de junho de 2016.

**Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

**Prof. Msc. Miguel Camargo da Silva**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

**Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva**  
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Campus Araguatins

## DEDICATÓRIA

À meu bom Deus, que guiou meus passos até aqui. À meus pais Vanderlei Cardoso (*in memoriam*) e Toniana Batista, à meu irmão Vanderlan Batista e meu grande amigo Elberte Guida (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força e coragem para seguir adiante e lutar pelos meus objetivos, e me fazer acreditar em um futuro melhor.

Meu pai, Vanderlei Cardoso dos Anjos (*in memoriam*), que mesmo que não esteja fisicamente ao meu lado, sempre foi um dos motivos da minha luta e acredito que de algum lugar ele está a torcer pela minha vitória.

Minha mãe, Toniana Batista dos Anjos e meu irmão, Vanderlan Batista dos Anjos, que foram peças fundamentais durante toda minha trajetória, sempre estiveram do meu lado, me apoiando e incentivando a sempre fazer o melhor. A meu irmão, que tornou meus dias mais felizes com a sua alegria contagiante e me segurou nos meus momentos de fraqueza.

Ao meu orientador Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite, pela orientação, compreensão, paciência e dedicação para a elaboração deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante estes anos, especialmente aos da Turma da Lazineira (Thatyla Carla, Rodrigo, Cristiely, Lohayne, Ryan, Cintia, Kézia e Carla Priscila), Eduarda Viegas, Wanderson Sousa e Leandro Silva, tornaram os meus dias menos árduos e cansativos, com altas doses de risadas e brincadeiras, além de sempre me apoiarem nos momentos que mais precisei.

Aos meus colegas de trabalho que sempre foram compreensivos durante o decorrer do curso e principalmente durante a elaboração do meu trabalho de conclusão de curso.

A todos os professores e servidores do IFTO – *campus* Araguatins, que durante o curso tive o prazer de conhecer, transmitiram seus conhecimentos e não mediram esforços para o alcance do meu objetivo. Agradeço em especial, aos professores: Roberta Freitas, Ruy Borges, Argemiro Pedrosa, Idelfonso Colares, Nelson Rafael e Marcus André. Aos servidores Ricardo Alencar, José Armando Trovão, Maristela Gonçalves, peças-chave para a execução do meu trabalho. Tia Linda, Sr. Crioulo, Sr. Raimundo, pelos serviços prestados na biblioteca e pela cordialidade e amizade. Eraldo Carlos e Ágela Maria, pela concessão de auxílios e alimentação que colaboraram com a minha permanência no IFTO.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse sonho.

Aquele que aprende e não pratica é como  
aquele que ara e não semeia.

Saadi

## RESUMO

O uso de práticas conservacionistas pode manter e até aumentar o teor de matéria orgânica dos solos, contribuindo para redução das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, assim como também o uso de parâmetros biológicos como indicadores biológicos do solo se fazem necessários nos dias atuais. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de emissão de CO<sub>2</sub> em diferentes sistemas de manejo no extremo norte do Tocantins, visando avaliar o uso da atividade microbiana como indicador biológico de qualidade do solo, e facilitar na adoção de práticas conservacionistas. A área experimental está situada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus Araguatins*, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 5°39'04" (S) e longitude 48°07'28" (W), altitude aproximadamente de 103 m. As coletas foram realizadas durante quatro meses, com início em junho de 2015 e finalização em setembro de 2015, nos períodos diurno (06:00 às 18:00 hs) e noturno (18:00 às 06:00 hs) em cinco áreas diferentes: mata, teca, pasto, sistema agroflorestal (SAF) e consórcio banana/cupuaçu (B/C). A metodologia baseou-se no princípio de que o CO<sub>2</sub> liberado por uma área de solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e determinado por titulometria com HCl 0,1 N. As maiores taxas de atividade microbiana foram observadas no período noturno quando comparado com o período diurno, sendo favorecida pela temperatura e umidade do solo. No turno diurno foi observada uma tendência do tratamento sob pastagem, apresentar maiores emissões que alguns tratamentos com estratos arbóreos, podendo ser associada a cobertura vegetal densa e presença de esterco. A avaliação em campo se mostrou eficiente e de baixo custo e sensível as alterações de manejo.

**Palavras-chave:** Manejo do solo. Atividade microbiana. Carbono



## ABSTRACT

The use of conservation practices can maintain and even increase the organic matter content of the soil, contributing to reducing CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere, as well as the use of biological parameters as biological indicators of soil are needed today. The objective of this study was to evaluate the CO<sub>2</sub> emission levels of different management systems in the extreme north of Tocantins, to evaluate the use of microbial activity as a biological indicator of soil quality, and facilitate the adoption of conservation practices. The experimental area is located at the Federal Institute of Education, Science and Technology Tocantins - Araguatins Campus, located in the following geographic coordinates: latitude 5 ° 39'04 "(S) and longitude 48°07'28" (W), altitude about 103 m. Samples were collected for four months, starting in June 2015 and ending in September 2015, the day periods (06:00 to 18:00 pm) and night (18:00 to 6:00 pm) in five different areas : woods, teak, pasture, agroforestry (SAF) and banana consortium/cupuassu (B/C). The methodology was based on the principle that the CO<sub>2</sub> released by an area of soil is absorbed by a 0.5 N KOH solution is determined by titration with HCl 0.1 N. Higher microbial activity rates were observed in the nighttime when compared to the daytime, is favored by temperature and soil moisture. The day shift was observed a tendency of treatment pasture, have higher emissions than some treatments with arboreal strata and may be associated with dense vegetation cover and presence of manures. The field evaluation was efficient and inexpensive and sensitive to management changes.

**Keywords:** Soil management. Microbial activity. Carbon

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e média de junho à setembro de 2015	..... 23
Figura 2. Dados de umidade relativa do ar e precipitação de junho à setembro de 2015	.....23
Figura 3. Dados de temperatura coletados mensalmente durante quatro meses na superfície e a 15,0 cm de profundidade no solo às 06:00 horas e às 18:00 horas nos tratamentos descritos.	.....28
Figura 4. Umidade gravimétrica dos solos coletadas mensalmente durante quatro meses no período diurno em todos os tratamentos descritos.	.....30
Figura 5. Umidade gravimétrica dos solos coletadas mensalmente durante quatro meses no período noturno em todos os tratamentos descritos.	.....30
Figura 6. Teores de emissões de CO <sub>2</sub> coletados durante quatro meses no período diurno em tratamentos em todos os tratamentos descritos.	.....31
Figura 7. Teores de emissões de CO <sub>2</sub> coletados durante quatro meses no período noturno em tratamentos em todos os tratamentos descritos.	.....33
Figura 8. Emissões de CO <sub>2</sub> do solo no período de junho à setembro de 2015 em todos os tratamentos descritos.	.....34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.Características químicas das áreas em estudo.....	26
Tabela 2.Características físicas das áreas em estudo .....	26

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1	EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA .....	14
2.2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA .....	16
2.3	USO SUSTENTÁVEL DO SOLO.....	19
2.4	ATIVIDADE MICROBIANA COMO INDICADOR BIOLÓGICO.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	25
3.2	ATIVIDADE MICROBIANA.....	27
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

Devido as mudanças climáticas globais, o solo e as formas de uso do mesmo estão cada vez mais em foco, principalmente quando se refere à agricultura. De acordo com o manejo adotado para determinado fim, o solo pode servir como fonte ou dreno de C.

Segundo Govaerts et al. (2007), o manejo adequado dos solos agrícolas é um dos principais fatores a serem considerados quando se deseja a produção agrícola sustentável, pois os tipos de preparo e os sistemas de cultivos interferem de modo significativo nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Chaves e Farias (2008), asseguram que as práticas agrícolas que utilizam cultivo mecanizado, sem a utilização de técnicas conservacionistas no preparo do solo, podem promover, por diferentes mecanismos, a perda de matéria orgânica e, conseqüentemente, a emissão de gases para a atmosfera.

Neste cenário, o método descrito por Grisi (1978) para estimar a atividade microbiana, onde o CO<sub>2</sub> liberado por uma área do solo é capturado por uma solução de KOH 0,5 N e sua dosagem obtida por titulação com HCl 0,1 N. Para a captação do CO<sub>2</sub> desprendido do solo, é utilizada 10 ml de solução de KOH 0,5 N em recipientes plásticos e distribuídos em recipientes para cada área estudada. As emissões podem sofrer alterações de acordo com a forma de manejo, segundo Melloni et al. (2008), em estudo avaliando a qualidade do solo sob diferentes coberturas florestais e de pastagem, observou que o ecossistema mata apresentou menor valor qCO<sub>2</sub> em relação a pastagem.

Gonçalves et al. (2013) e Fonseca et al. (2014), afirmam que na região norte do Tocantins, há predominância de sistemas convencionais de cultivo de culturas anuais e pastagens, logo após a derrubada e queima da floresta, geralmente sem a preocupação com a adoção de práticas conservacionistas, que pode ocasionar degradação do solo, posteriormente causando decréscimo na produtividade das culturas e aumento das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Neste sentido, objetivou-se estimar as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera por meio da atividade microbiana, utilizando este parâmetro como indicador biológico do solo em diferentes sistemas de manejo no Extremo Norte do Tocantins.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Há muito tempo já era presente a preocupação a respeito das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em relação às atividades humanas nos diferentes biomas e sistemas de manejo e suas consequências a curto e longo prazo.

Pedro (2005), afirma que o interesse em estudar o ciclo do carbono e o impacto do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e do metano (CH<sub>4</sub>) antropogênicos no regime climático, especialmente na temperatura, já havia sido iniciado no século passado, principalmente a partir da IGBP (Programa Internacional Geosfera-Biosfera) realizada em Estocolmo em 1988.

Barbosa et al. (1999) afirmam a necessidade de estudos e o aumento de informações sobre os impactos climáticos futuros que o crescimento da atividade humana na Amazônia poderia causar. Corazza et al. (1999), afirmam que em decorrência das emissões de gases de efeito estufa, aumentou-se o interesse em estudar o comportamento dos solos quanto a sua capacidade de armazenar ou perder C, nas diversas condições de manejos existentes. Asseguram que a substituição de ecossistemas naturais por agroecossistemas causam a redução de qualidade do solo, no entanto, garante que dependendo do manejo aplicado, pode ocorrer equilíbrio e até acúmulo de carbono.

Diante do cenário e das diversas mudanças climáticas em que o mundo se encontra atualmente, os estudos em relação aos diferentes sistemas de manejo e sua contribuição para emissão de gases do efeito estufa são crescentes.

Cerri & Cerri (2007) afirmam que existem dois tipos de efeito estufa: o natural e o antrópico. Carvalho et al. (2010), afirmam que o efeito estufa natural ocorre devido às concentrações de gases de efeito estufa antes do aparecimento do homem. Ainda segundo estes mesmos autores, o efeito estufa natural ocorre da seguinte maneira: a energia solar de onda curta ultrapassa a atmosfera terrestre sem interação com os GEE presentes nessa camada, ao atingir a superfície terrestre, a energia é refletida em forma de uma onda mais longa, assim interagindo parcialmente com os GEE, onde parte dessa irradiação é absorvida na atmosfera, aumentando consequentemente a temperatura média do ar. Essa interação permite que a

temperatura média terrestre seja de 15°C, promovendo o efeito estufa natural e permitindo a vida terrestre.

Cerri & Cerri (2007), afirmam que com o aparecimento das civilizações em meados do século XIX e a revolução industrial, houve um aumento significativo da emissão de gases do efeito estufa e que o aumento contínuo de gases na atmosfera, faz com que ocorra maior interação com a radiação infravermelha e conseqüentemente o aumento da temperatura, ocasionando reflexos nas mudanças climáticas, como distribuição irregular das chuvas, aumento ou diminuição de temperaturas da atmosfera, elevação do nível do mar, dentre outros. Ainda afirma que as práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra devido ao desmatamento são as principais fontes de emissão dos GEE, sendo que aproximadamente 75% do CO<sub>2</sub> que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas e do desmatamento e apenas 25% são derivados da queima de combustíveis fósseis.

Carvalho et al. (2010) asseguram que as atividades antrópicas vêm alterando a paisagem terrestre, causando o aumento de emissões de GEE e conseqüentemente o aquecimento global, sugerem que alguns sistemas agrícolas ou condições de manejos adotados podem potencializar ou mitigar a emissão de GEE para a atmosfera, no entanto, essas propostas devem ser tratadas de maneira globalizada, devido todos terem uma parcela importante nestas emissões. E o aquecimento global do planeta vem acarretando a busca por estratégias que visem à redução das fontes desses gases.

Carvalho et al. (2010, p. 278) afirmam que:

As principais estratégias para mitigar a emissão de GEE resultantes de atividades antrópicas consistem na menor utilização de combustíveis fósseis, redução das taxas de desmatamento e de queima de material vegetal, uso inadequado do solo e, por fim, estratégias de maximização do sequestro de C no solo e na vegetação.

Borges et al. (2014) asseguram que houve um aumento da população mundial, que acarretou em um aumento da industrialização, das áreas urbanas, agrícolas e pecuárias e principalmente o aumento da queima de combustíveis fósseis. Neste cenário, ocorre o aumento dos principais gases de efeito estufa, que são: metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este aumento é proveniente de atividades antropogênicas como devastação de florestas e queimadas no preparo da terra para uso agrícola.

Segundo Carvalho et al. (2010), o armazenamento de C no globo terrestre é dividido em cinco compartimentos: oceânico, geológico, pedológico (solo), biótico (biomassa vegetal e animal) e atmosférico. No reservatório pedológico o C se encontra de forma orgânica e inorgânica. E a emissão de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera ocorre por dois processos biológicos: a decomposição de resíduos orgânicos e a respiração de organismos e sistema radicular das plantas.

Em relação a emissão de CO<sub>2</sub>, as quantidades são maiores que os outros gases, contudo, o potencial de retenção de calor é menor que dos outros principais gases de efeito estufa. De acordo com Carneiro et al. (2013) efetivamente o CO<sub>2</sub> fixado através da fotossíntese pode ser armazenado no solo na forma de C orgânico, por meio da conversão de resíduos de plantas em matéria orgânica, e também pode ser emitido pelo solo em resultado da respiração que nele ocorre.

Neste caso, segundo Carvalho et al. (2010), as variáveis climáticas como temperatura do solo e da atmosfera e a umidade do solo influenciam diretamente o fluxo de CO<sub>2</sub>. Em regiões de clima tropical, as condições climáticas favorecem uma decomposição mais rápida da matéria orgânica do solo (MOS), assim armazenando menos C que regiões de clima temperado. A diminuição do teor de MOS têm contribuído para emissão de CO<sub>2</sub> para atmosfera devido as mudanças do uso da terra para agricultura. No entanto, asseguram que solos submetidos as práticas de manejo conservacionistas podem acumular C de forma eficiente.

## **2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA**

O sistema climático é interativo e constituído por cinco grandes componentes, atmosfera, hidrosfera, criosfera, superfície terrestre e biosfera, influenciados por vários mecanismos externos no qual o Sol é o mais importante. Além disto, os efeitos diretos das atividades humanas no sistema climático são considerados como mecanismo externo, afirma Pedro (2005).

As mudanças climáticas podem ocorrer de forma natural, no entanto, o agravamento por meio das atividades antrópicas vem trazendo preocupações para toda a comunidade, isto porque todos sentem os efeitos de tal mudança.



Carvalho et al. (2010) afirmam que as mudanças climáticas devido ao aumento da emissão de gases pelo homem causam modificações no regime hídrico e na temperatura global, influenciando diretamente a produtividade das culturas.

Segundo Conti (2011), na última década, em ambos os hemisférios há exemplos de degelo, elevação significativa do nível do mar, excepcionalidades pluviométricas e barométricas, processos de desertificação, dentre outros fatores, que vêm sendo apontados como fortes indícios de mudanças climáticas relacionadas ao aquecimento global. Assegura ainda, que a comunidade científica identifica o degelo nos Andes Meridionais, ocorrência de furacões em áreas não usuais, verões excessivamente quentes no hemisfério norte, estiagens severas em regiões habitualmente úmidas e outros distúrbios de sazonalidade como indicadores do aquecimento planetário.

Segundo Bueno (2014), esses tipos de eventos podem acarretar consequências extremas, como por exemplo, o aumento da temperatura global, pode ocasionar o derretimento das calotas polares como consequência disso, ilhas e cidades litorâneas altamente adensadas podem desaparecer devido ao aumento do nível do mar, assim como também, pode ocasionar eventos climáticos extremos (secas, inundações, dentre outros) que podem prejudicar espécies de plantas e animais. Pedro (2005), afirma que a mudança no uso da terra, causada pela conversão de florestas em áreas de agricultura ou pecuária, afeta as propriedades físicas e biológicas da superfície terrestre e estes efeitos possuem impacto potencial no clima regional e global.

Bueno (2014) afirma que o clima ficará mais quente no Brasil podendo aumentar até 6°C até 2100, como também os regimes de chuvas mudarão, se tornando cada vez menores em certas regiões e pôr o país apresentar dimensões continentais, as alterações climáticas não ocorrem uniformemente todas as regiões, as temperaturas aumentarão em todo o país, no entanto, a intensidade será diferente para cada região, da mesma forma, o regime hídrico.

Bueno (2014, página eletrônica) afirma que:

Na região Norte, a temperatura deverá aumentar de 1°C a 6°C até 2100, com diminuição de 40% a 45% no volume de chuvas. No entanto, os pesquisadores sugerem que o desmatamento da Amazônia é uma questão mais urgente, tanto para proteger o bioma quanto para evitar o agravamento das mudanças climáticas. Caso o desmatamento alcance 40% na região no futuro, haverá uma mudança drástica no padrão do ciclo hidrológico, com redução de 40% na chuva durante os meses de julho a novembro – o que

prolongaria a duração da estação seca e provocaria o aquecimento superficial do bioma em até 4°C, de acordo com o relatório.

Bueno (2014) afirma que essas mudanças trarão uma série de impactos em diversos setores, como nos recursos hídricos atingindo não só a quantidade, mas também a qualidade, a geração e distribuição de energia e principalmente na agricultura, com muitas culturas tendo que se deslocar devido às temperaturas elevadas e à estiagem. Culturas como feijão, milho, trigo e a soja serão atingidas especialmente. Ainda afirma que para diminuir as emissões de gases efeito estufa, uma das alternativas a serem adotadas é o uso de fontes de energias limpas, brechar o desmatamento e a exploração ilegal de madeira. A alteração do regime hídrico, além de causar sérios prejuízos para a agricultura, vem trazendo efeitos negativos na distribuição de energia elétrica e facilitando o processo de desertificação.

Desde o início da década, é notável uma alteração nos eventos climáticos, principalmente no aumento da temperatura terrestre, alteração de regimes pluviométricos e eventos climáticos extremos, que prejudicam ou inibem o desenvolvimento das plantas. Nobre (2001) fazia projeções, dentre elas, as mais significativas para o país eram o aumento da temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos (secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo, dentre outros), além disto, evidências científicas apontavam para uma intensificação da variabilidade climática associada a eventos El Niño/La Niña em função do aumento do efeito estufa.

A partir do ano de 2014 até os dias atuais, o país vem sofrendo com todas as alterações climáticas já citadas anteriormente e projetadas por Nobre (2001) e Bueno (2014). O Brasil por ser extenso territorialmente e possuir características peculiares para cada bioma e região, não sofre os efeitos das mudanças climáticas uniformemente. Por exemplo, Norte/Nordeste/Centro-Oeste sofrem com períodos de estiagem maiores, enquanto Sul e Sudeste, com períodos chuvosos. E neste cenário, essas mudanças causam impactos negativos principalmente para a agricultura, atuando diretamente no desempenho agrônômico das culturas.

Em estudo realizado por Assad et al. (2004) na cultura do café, foram feitas várias simulações e avaliados os impactos que um aumento na temperatura média do ar de 1°C, 3°C e 5,8°C e um incremento de 15% na precipitação pluvial teriam na potencialidade da cafeicultura brasileira, definida pelo atual zoneamento agroclimático

do café (*Coffea arábica* L.) nos Estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná, onde o aumento da temperatura ocasionou alterações drásticas nas regiões de produção cafeeira, aumentando a evapotranspiração e assim aumentando a deficiência hídrica mesmo acrescentando um acréscimo de 15% na precipitação pluviométrica, conforme ocorre o aumento da temperatura, as regiões ficam inaptas mesmo com o uso de irrigação.

A cana-de-açúcar em estudo realizado por Marin et al. (2013), apresentou comportamento diferente ao café. Nesse caso, obteve benefícios com o aumento da temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>. Esse aumento foi benéfico com relação às relações hídricas solo-planta-atmosfera, reduzindo o efeito do principal fator de estresse para a cultura, além disso, aumentou as taxas fotossintéticas da cultura, no entanto, é provável que as mudanças climáticas resultem em alterações no sistema de manejo da cultura, uma vez que plantas daninhas, pragas e doenças, são beneficiadas.

### **2.3 USO SUSTENTÁVEL DO SOLO**

Segundo Costa (2008), devido as mudanças climáticas globais, o solo e suas formas de uso estão em foco, principalmente no que se refere a agricultura. Os impactos negativos das mudanças climáticas na agricultura e no mundo, elucidado anteriormente levam-nos a pensar uma forma de mitigar as emissões de gases do efeito estufa e conseqüentemente reduzir os problemas encontrados.

Araújo et al. (2007) asseguram que o uso sustentável dos recursos naturais, principalmente solo e água, tem sido um tema de crescente relevância, devido ao aumento das atividades antrópicas, e conseqüentemente, é crescente a preocupação com o uso sustentável e a qualidade desses recursos.

Desta forma, o uso sustentável do solo, utilizando-se de práticas que garantam a conservação dos recursos naturais, aliados a utilização de tecnologias apropriadas, bem como a viabilidade econômica e social do sistema aparece como uma das soluções para mitigar a emissão de GEE e conseqüentemente trazer benefícios para o meio ambiente.

Segundo Rovedder (2013), é necessário saber do conceito de solo florestal e o conhecimento do mesmo, seja para servir de base para a conservação de

patrimônio natural ou como recurso para desenvolvimento econômico. Afirma ainda que diferenciar solos que apresentam coberturas florestais, sejam naturais ou plantadas de solos com outros usos auxilia na compreensão das possíveis alterações relacionadas à cobertura vegetal, assim colaborando no desenvolvimento de melhores estratégias de manejo para o uso do solo, além de servir como base para levantamento de informações e planejamento sustentável do solo.

Lepsch (2010), afirma que cada profissional vê o solo de uma forma diferente e tem conceitos diferentes. Historiadores e arqueólogos vêem o solo como um “gravador do passado”, os geólogos, veem como parte de eventos geológicos de um ciclo geológico, para engenheiro de minas, ele é um compartimento de onde devem ser removidos os minérios, ecólogos, veem como uma porção do ambiente condicionado por organismos vivos e que por sua vez também influencia esses organismos. Enfim, é difícil encontrar um conceito único para o solo diante das várias funções que ele exerce e as várias formas como ele é visto. No entanto, no ponto de vista agrônomo, de acordo com Lepsch (2010), em relação aos vegetais, ele funciona como fixador e reservatório para as raízes, mantendo os caules fixos e eretos, e as raízes extraem água e nutrientes necessários para sua sobrevivência e desenvolvimento.

Segundo Troeh et al. (2007), há uma fina camada de solo que recobre toda a superfície terrestre, e é nesta camada onde o reino vegetal e animal, encontram o mundo mineral e estabelecem uma relação dinâmica, funcionando da seguinte forma: as plantas extraem dos solos os nutrientes e água essenciais, os animais precisam das plantas para sobreviver, continuando o ciclo, os resíduos vegetais e animais retornam ao solo e são decompostos pela grande população de microrganismos presentes, ou seja, a vida é imprescindível ao solo, e o solo é imprescindível à vida.

De acordo com Sousa et al. (2004), o solo é muito mais do que uma camada fina de 0 a 20 cm, no manejo correto da sua fertilidade, sendo fundamental considerá-lo como um corpo tridimensional e que suas características variam nessas dimensões.

Segundo Marques et al. (2003), o conceito de agricultura sustentável abrange o leque de visões refletindo o conflito de interesses existentes na sociedade, congregando desde uma maioria que vê a possibilidade de uma simples adequação do atual sistema de produção, até aqueles que veem a possibilidade de promover mudanças estruturais, afirmam ainda que o desenvolvimento sustentável de uma

região requer o conhecimento das especificidades e dos sistemas sustentáveis apropriados ao local, e conseqüentemente, da escolha de tecnologias adequadas.

Desde o século passado já havia preocupação com as práticas sociais no contexto em que o país se encontrava, em meio a degradações permanentes do meio ambiente e do ecossistema, segundo Jacobi (2003).

Jacobi (2003, p.193) assegura que:

A problemática da sustentabilidade assume neste novo século um papel central na reflexão sobre as dimensões do desenvolvimento e das alternativas que se configuram. O quadro socioambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que o impacto dos humanos sobre o meio ambiente tem tido conseqüências cada vez mais complexas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Jacobi (2003) afirma que o desenvolvimento sustentável é uma estratégia ou um modelo múltiplo para a sociedade, que deve levar em conta tanto a viabilidade econômica como a ecológica, reportando-se para a redefinição das relações entre homem e natureza.

Jacobi (2003, p. 195) afirma que:

O desenvolvimento sustentável somente pode ser entendido como um processo no qual, de um lado, as restrições mais relevantes estão relacionadas com a exploração dos recursos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e o marco institucional. De outro, o crescimento deve enfatizar os aspectos qualitativos, notadamente os relacionados com a equidade, o uso de recursos – em particular da energia – e a geração de resíduos e contaminantes. Além disso, a ênfase no desenvolvimento deve fixar-se na superação dos déficits sociais, nas necessidades básicas e na alteração de padrões de consumo, principalmente nos países desenvolvidos, para poder manter e aumentar os recursos-base, sobretudo os agrícolas, energéticos, bióticos, minerais, ar e água.

Melloni (2008) assegura que o solo sendo um recurso natural, o uso de indicadores da sua qualidade para avaliação da sustentabilidade ambiental é de grande importância. Afirma que a qualidade do solo, pode ser definida como a capacidade do solo de funcionar dentro dos limites do ecossistema, sustentando a produtividade biológica, qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal.

Loureiro et al. (2016), afirmam que alguns sistemas que priorizam a matéria orgânica na superfície do solo e a redução de uso de insumos agrícolas, como o cultivo mínimo, plantio direto, reflorestamento, manejo adequado das pastagens, sistemas agroflorestais, podem favorecer os estoques de C para o solo.

Há, atualmente, um esforço multidisciplinar, tentando quantificar diferentes atributos que estão relacionados com a sustentabilidade, traduzindo-os na forma de indicadores de qualidade do solo (MELLONI, 2008, p. 2463).

## 2.4 ATIVIDADE MICROBIANA COMO INDICADOR BIOLÓGICO

Segundo Primavesi (2002), os microrganismos existem no solo em quantidades incrivelmente grandes e sua velocidade de multiplicação depende, em parte, da espécie, mas principalmente dos meios em que vivem, temperaturas elevadas, riqueza em minerais, umidade e matéria orgânica suficientes são requisitos necessários para sua multiplicação com grande rapidez.

De acordo com Oliveira et al. (2014), o solo é um espaço heterogêneo altamente complexo, e devido a sua heterogeneidade biológica, físico e química, ele se torna um dos maiores reservatórios de diversidade microbiana. Os microrganismos que habitam o solo constituem bases de processos ecológicos, e realizando funções importantes para a dinâmica do solo, como a decomposição de matéria orgânica, liberando nutrientes para a planta e a degradação de substâncias xenobióticas.

Silva et al. (2010), afirmam que a biomassa e a atividade microbiana têm sido apontadas como indicadores adequados de alterações provocadas por diferentes sistemas de uso e manejo do solo, devido sua sensibilidade às mudanças nos sistemas de uso e manejo do solo que podem ser detectáveis muito mais rapidamente, além disto, fazem parte da manutenção da produtividade dos ecossistemas.

De Assis Júnior et al. (2003) afirmam que a biomassa microbiana desempenha papel de destaque no cenário da sustentabilidade ambiental e pode ser estimada por métodos relativamente simples.

A atividade da microbiota do solo pode ser avaliada de diversas formas, por meio da medição da sua biomassa, da atividade de certas enzimas no solo ou das medidas da respiração basal, sendo esta respiração influenciada por diversos fatores externos, como a temperatura do ar e do solo, umidade do solo, estrutura, disponibilidade de nutrientes, textura, dentre outros fatores, como citado por Silva et al. (2010).

A atividade microbiana é a taxa respiratória da biomassa microbiana, que por sua vez tem relação direta com as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. A mensuração da atividade microbiana se dar por meio da captura de CO<sub>2</sub> liberado e capturado por uma solução de NaOH, descritos em vários trabalhos como Silva et al. (2010), De Assis Júnior et al. (2003), Peña et al. (2005), Correia et al. (2015), dentre outros.

Segundo De Assis Júnior et al. (2003), a medida da taxa respiratória ou atividade microbiana, determinada pela evolução de CO<sub>2</sub> oriundo da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbicos durante a oxidação de compostos orgânicos, é uma das formas mais utilizadas para o conhecimento da importância da biomassa microbiana para adoção de sistemas que garantam a sustentabilidade.

D'Andréa et al. (2002), afirmam que a atividade microbiana deve ser avaliada com critério e cautela, pois, altas taxas de respiração a curto prazo podem significar, liberação de nutrientes para as plantas e a longo prazo, liberação de CO<sub>2</sub> para atmosfera, apontando desequilíbrio no sistema.

D'Andréa et al. (2002), afirmam que é possível ter informações detalhadas das partes físicas e químicas do solo, enquanto que a parte biológica é pouco conhecida. Neste sentido, assegura que o estudo da quantidade e da atividade da biomassa microbiana pode fornecer subsídios importantes para o planejamento do uso correto da terra, levando em consideração a natureza dinâmica dos microrganismos do solo.

Melloni (2008), afirma que estudos da avaliação de atributos químicos, físicos e biológicos na qualidade do solo são essenciais no entendimento da funcionalidade e sustentabilidade de solos em diferentes condições de uso. Segundo Lisboa et al. (2012), a matéria orgânica é um parâmetro para se avaliar a qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo, no entanto, as alterações na MO só pode ser observada após anos, diferentemente, da atividade microbiana que apresenta sensibilidade as alterações do meio e merecem atenção especial como indicadores biológicos da qualidade de solo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos de temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) obtidos por meio da estação automática A044 – Araguatins do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estão representados nas figuras 1 e 2 respectivamente.

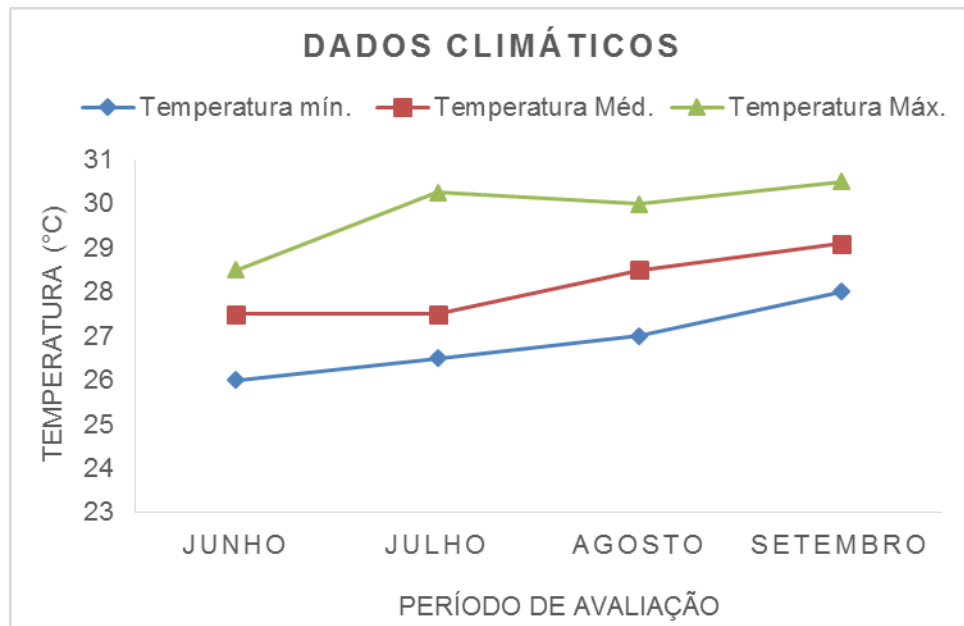


Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e média do período de junho à setembro de 2015. Fonte: INMET

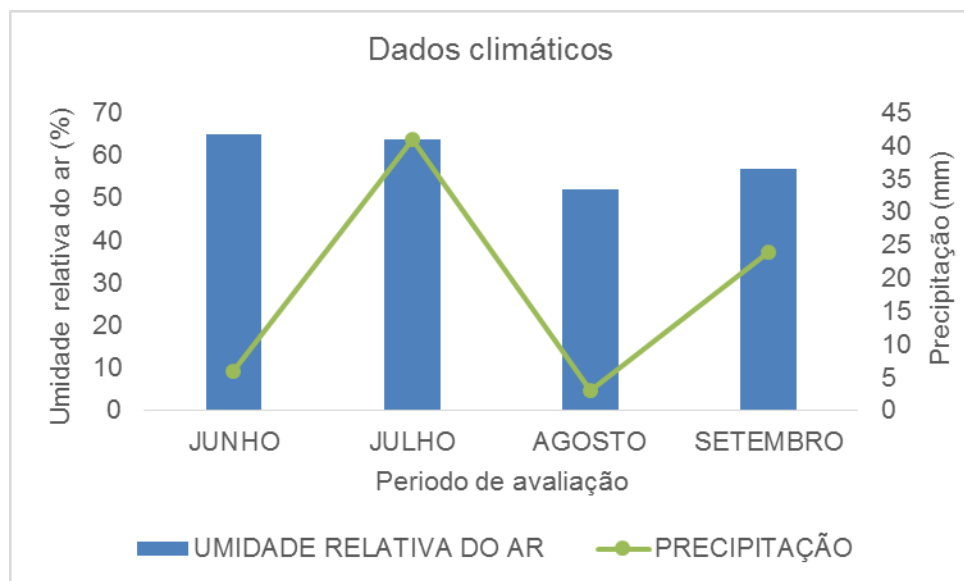


Figura 2. Dados de umidade relativa do ar e precipitação do período de junho à setembro de 2015. Fonte: INMET.



### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em áreas pertencentes ao IFTO – *Campus Araguatins*, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 5°39'04" (S) e longitude 48°07'28" (W), altitude de aproximadamente 103 m, a temperatura média anual é de 28°C e precipitação média anual de aproximadamente 1500 mm/ano, apresentando período chuvoso de dezembro a maio, e estação seca de junho a novembro.

O experimento com duração de quatro meses, foi realizado no período seco, denominado assim por ter pouca ou não existir precipitação, com início em junho de 2015, a primeira amostragem foi realizada em junho e repetindo pelos três meses consecutivos.

As áreas em estudo foram:

**MATA** - mata nativa, floresta estacional, semi-decídua preservada sobre Gleissolo (Embrapa, 2006).

**TECA**- plantação de teca (*Tectona Grandis*), cultivada há sete anos, na implantação foi usado grade aradora e feita a correção do solo com adubação e calagem, cultivado sobre Gleissolo (Embrapa, 2006).

**PASTO** - pastagem de capim quicuío (*Brachiaria humidicola*) sobre Gleissolo (Embrapa, 2006), reformado em 1998 por meio de gradagem pesada, é mantido em altura de 15cm do solo por meio de pastoreio de gado bovino e equino.

**SAF** - sistema agroflorestal (SAF), implantado em Janeiro de 2006 sobre uma área de Plintossolo Pétrico (Embrapa, 2006). Na implantação do sistema, o solo foi mobilizado com grade aradora e plantado as seguintes espécies: teca (*Tectona grandis*), ingá (*Inga edulis*), ipê (*tabebuia spp*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), cacau (*Theobroma cacao*), castanha (*Bertholletia excelsa*) e manga (*Mangifera indica*), e roço manual e anual na época da amostragem, plantas de cupuaçu, cacau, manga e teca, com cobertura vegetal forrageira da grama batatais.

**B/C** - Jardim clonal composto de diversas espécies de banana (*Musa spp.*), consorciado com cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 2006), implantado em 1998 e mantido limpo por meio de capina química. É adubado anualmente na cova com 300g de super fosfato simples, 30 litros de esterco suíno e recebe cobertura morta de gramíneas em um raio de 70cm na cova, seu cultivo é irrigado, pertencentes ao IFTO – *Campus Araguatins*.

Cada área foi delimitada em 30x30 m, totalizando 900 m<sup>2</sup>; essa delimitação ocorreu no centro das áreas escolhidas para estudos, para que não tivesse efeito das bordas. Foi traçado um transecto de 30 m de comprimento, deixando 5 m de espaço das bordas. Foram considerados 5 pontos de coletas com espaçamento de 5 m entre eles, aos 5 m, 10 m, 15 m, 20 m e 25 m respectivamente. Cada ponto disposto na área, foi considerado uma repetição.

Para caracterização física e química das áreas em estudo, foram realizadas coletas de amostras de solo, seguindo os parâmetros do manual de descrição e coleta de solo no campo de acordo com Santos et al. (2005). As amostras foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm e então obtidas amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) para posterior análises químicas no laboratório de solos do IFTO – Campus Araguatins. Foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20 cm.

Os valores dos atributos químicos e físicos dos tratamentos: mata, teca, pasto, SAF e B/C estão representados nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

**Tabela 1. Características químicas das áreas em estudo**

Amostra	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V%	M.O
		mg/dm <sup>3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----							%
		--									
Mata	5,7	2,20	69	4,8	1,4	0,0	1,16	6,38	7,53	84,66	2,53
Teca	5,9	2,20	93	6,2	1,4	0,0	1,16	7,84	8,99	87,16	4,04
Pasto	6,2	2,20	221	7,1	2,2	0,0	0,50	9,87	10,36	95,22	2,74
SAF	6,3	3,08	245	10,6	3	0,0	0,33	14,23	14,56	97,73	4,68
B/C	6,9	24,20	409	13	2,9	0,0	0,17	16,95	17,11	99,04	3,54

pH - em resultados em água destilada g/100 cm<sup>3</sup> de terra; P – Fósforo extraído do solo através de Mellich trocadora de íons (equivalente a mg/dm<sup>3</sup>); Ca – cálcio trocável; Mg – Magnésio trocável; H+Al – Hidrogênio + alumínio ou acidez potencial; S – Soma das bases ou Ca+Mg+K; T – Capacidade de troca de cátions ou S+H+Al; V – Porcentagem de saturação de bases ou V = 100 S/T.

**Tabela 2. Características físicas das áreas em estudo**

Amostra	Areia	Argila	Silte
	%		
Mata	62,39	23,00	14,62
Teca	29,03	51,32	19,66
Pasto	20,73	56,30	22,98
SAF	15,71	64,64	19,66
B/C	9,03	68,00	22,98

### 3.2 ATIVIDADE MICROBIANA

Para estimativa da atividade microbiana, foi utilizado o método descrito por Grisi (1978), onde o CO<sub>2</sub> liberado por uma área do solo foi capturado por uma solução de KOH 0,5 N e, sua dosagem obtida por titulação com HCl 0,1 N. Para captação do CO<sub>2</sub> desprendido do solo, foi utilizado 10 ml de solução de KOH 0,5 N em recipientes plásticos e distribuídos em cinco recipientes para cada área estudada.

Em cada período de observação foi mantido um recipiente com solução, hermeticamente fechado, utilizado como controle, que permaneceu no laboratório.

As áreas de solo utilizadas em cada medição do CO<sub>2</sub> foram previamente limpas dos detritos orgânicos e da vegetação rasteira para colocação dos recipientes com a solução, já que estes poderiam mascarar as avaliações. Esses recipientes, depois de destampados, foram cobertos imediatamente com baldes plásticos com capacidade para 6 litros. O balde com altura de 25,5 cm, diâmetro de 28 cm, cobre uma área de 615 cm<sup>2</sup>.

As bordas dos baldes foram enterradas cerca de 3,0 cm no solo, de forma a permanecer em contato apenas com o ar proveniente do solo. Desta forma, o CO<sub>2</sub> liberado no sistema foi captado pela solução alcalina de hidróxido de potássio 0,5 N, de modo a estabelecer um sistema de equilíbrio ácido-base, no qual predominam os íons OH<sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

Após o período de avaliação (12 horas), os recipientes com a solução foram transportados hermeticamente fechados para o Laboratório de Solo do IFTO – Campus Araguatins, para evitar as trocas gasosas com o meio. Em seguida foram titulados com HCl 0,1 N. Foram utilizados como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila, preparados seguindo metodologia utilizada por Morita e Assumpção (1993). O frasco controle também passou por todo processo durante todas as etapas do ensaio.

A massa de CO<sub>2</sub> desprendida por unidade de área e tempo foi obtida considerando a massa total desprendida no período de permanência na área (obtida por titulação) e a área do balde. Para tanto, foi utilizada a seguinte equação:

$$m_{CO_2} = \frac{[352 \times (DV_A - DV_C) \times N_B \times N_A]}{3 \times P \times A_B} \times 10^4 \quad \text{equação (1)}$$

onde:

$m_{CO_2}$  = massa de  $CO_2$  em  $mg\ m^{-2}\ h^{-1}$

$DV_A$  = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra (ml).

$DV_c$  = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação do controle (ml).

$N_A$  = concentração de HCl, em n-eq/L.

$N_B$  = concentração de KOH, em n-eq/L.

P = período de permanência da amostra no solo (horas)

B = área de abrangência do balde ( $cm^2$ )

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat 7.6 beta, 2011.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do solo foi medida na superfície do solo e a 15,0 cm de profundidade com auxílio de termômetro digital, com medições representando os turnos: diurno às 18:00 horas e noturno às 06:00 horas nos tratamentos: MATA, TECA, PASTO, SAF e B/C.

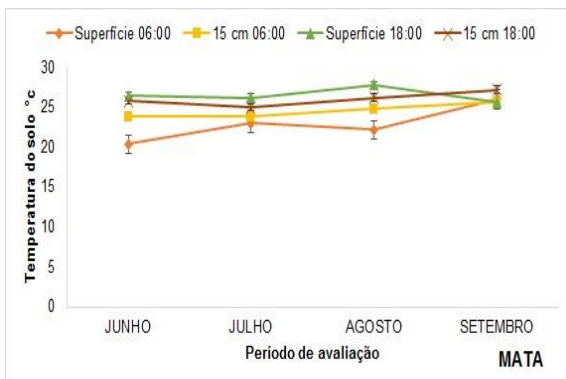


FIGURA 3A

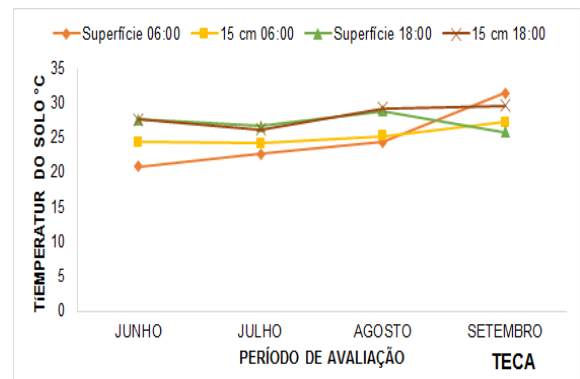


FIGURA 3B

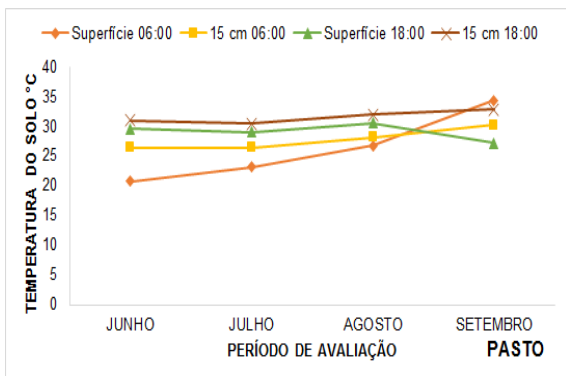


FIGURA 3C

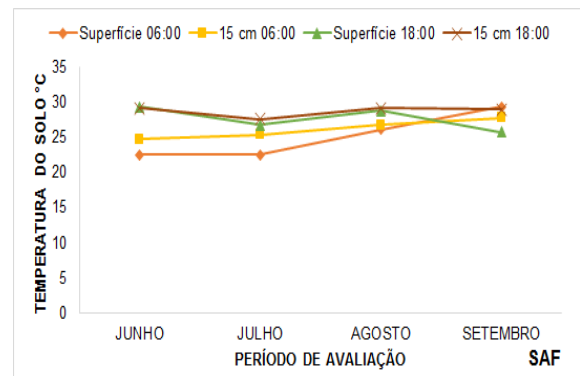


FIGURA 3D

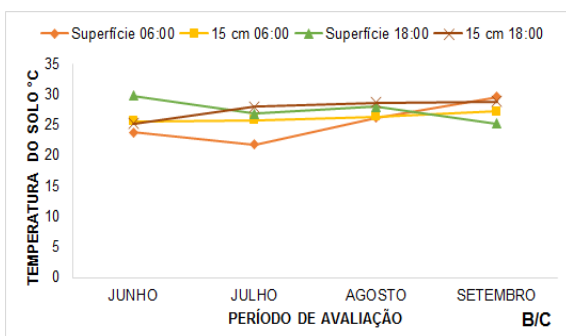


FIGURA 3E

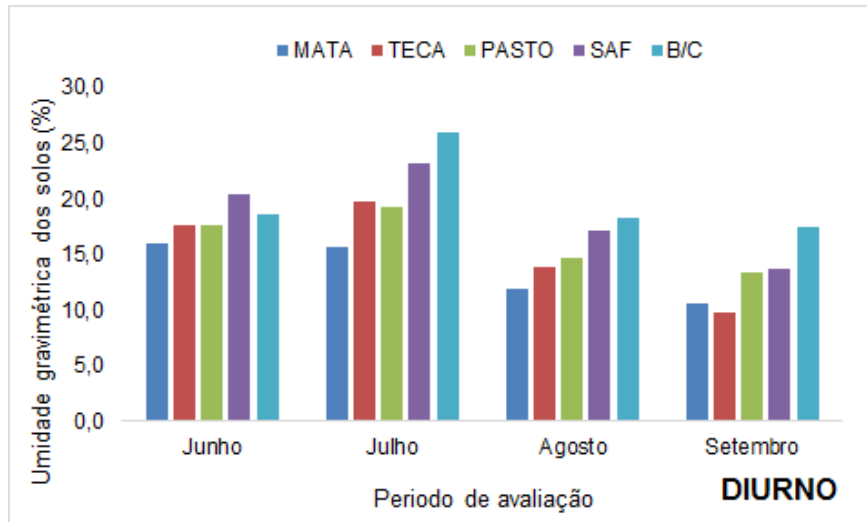
Figura 3. Dados de temperatura coletados mensalmente durante quatro meses na superfície e a 15,0 cm de profundidade no solo às 06:00 horas e às 18:00 horas nos tratamentos descritos.

Segundo Silva et al. (2010), a temperatura do ar e do solo são fatores importantes para avaliar a atividade microbiana do solo. De acordo com a temperatura, pode existir um aumento ou redução da atividade microbiana, que por sua vez tem relação direta com as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Portanto, para as mensurações de emissões de CO<sub>2</sub>, se faz necessário as medições de temperatura do solo nos períodos de coleta (captura do CO<sub>2</sub> desprendido do solo).

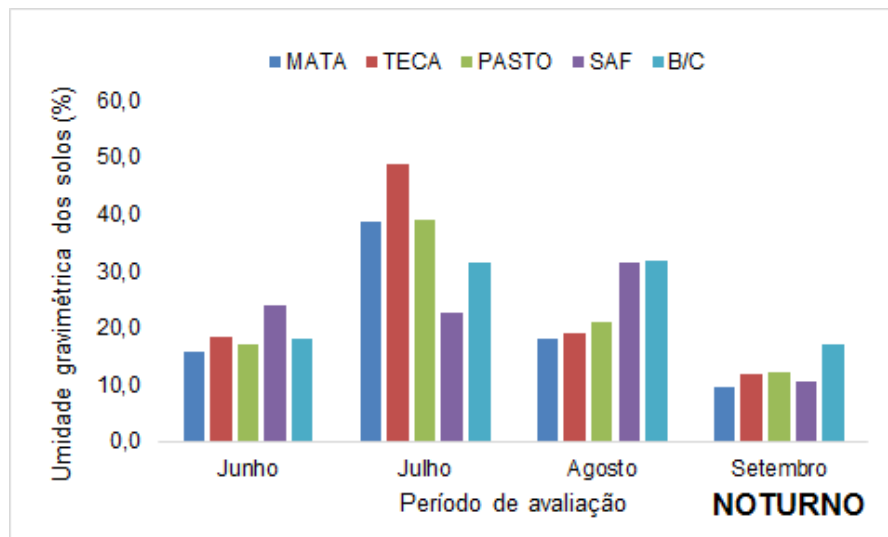
Os dados de temperatura estão representados nas figuras 3A, 3B, 3C, 3D e 3E, tratamentos MATA, TECA, PASTO, SAF e B/C, respectivamente. Quanto a temperatura, geralmente as maiores temperaturas durante os quatros meses de avaliação foram observadas no período diurno, tanto na superfície como a 15 cm de profundidade do solo representada pelas coleta feitas as 18:00 horas em todos os tratamentos, quando comparados as temperaturas obtidas no período noturno, representado pelas coletas feitas às 06:00 horas. Segundo Correia et al. (2009), este comportamento pode ser explicado pela ação de acúmulo de calor feita pelo solo durante o dia e sua perda de calor para a atmosfera e resfriamento durante a noite.

Para a determinação da umidade do solo, foram coletadas amostras de solo a 15,0 cm de profundidade. Após as coletas, as amostras foram pesadas e secas em estufa a 105°C por 24 horas. O conteúdo de água no solo foi determinado por meio da fórmula:  $U = (P_u - P_s) / P_s \times 100$ , onde U = umidade, P<sub>u</sub> = peso do solo úmido e P<sub>s</sub> = peso do solo seco (TEDESCO et. al., 1995).

Os dados de umidade das áreas avaliadas durante os quatro meses representando os turnos diurno às 18:00 horas e noturno às 06:00 horas nos tratamentos: MATA, TECA, PASTO, SAF e B/C estão representados nas figuras 4 e 5 respectivamente.



**Figura 4. Umidade gravimétrica dos solos coletadas mensalmente durante quatro meses no período diurno em todos os tratamentos descritos.**



**Figura 5. Umidade gravimétrica dos solos coletadas mensalmente durante quatro meses no período noturno em todos os tratamentos descritos.**

Silva et al. (2010), afirmam que a umidade do solo é outro fator importante para mensuração das emissões de CO<sub>2</sub>, ligado diretamente com a atividade microbiana. As mensurações da umidade do solo foram feitas no período de junho a setembro de 2015, caracterizado como época seca na região do estudo, por apresentar baixo ou nenhum índice pluviométrico.

Os dados de umidade estão representados nas figuras 4 e 5, turno diurno e noturno respectivamente. Geralmente, os dados de umidade foram maiores no turno noturno, representado pelas coletas feita as 06:00 horas, quando comparados a umidade do turno diurno, representado pelas coletas feitas as 18:00 horas, em todos

os tratamentos. Esse comportamento está associado às temperaturas mais baixas durante a noite.

Sousa et al (2014), em estudo com o objetivo de avaliar a atividade microbiana e a produção cafeeira após a adubação com dejetos líquidos suínos, afirmam que a temperatura e a umidade do solo são fatores primordiais no controle da variação estacional de produção de CO<sub>2</sub>. Dos Santos et al (2015), em avaliação da atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo no sudoeste goiano, observaram que altas temperaturas e umidades causavam a rápida mineralização da matéria orgânica dos resíduos vegetais, acarretando em influências não significativas do carbono orgânico do solo (Corg). Correia et al (2015), afirmam que as condições climáticas, a temperatura e a umidade do solo tem influência direta na liberação de CO<sub>2</sub> para o solo.

As emissões de CO<sub>2</sub> mg<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> mensuradas durante quatro meses diferiram estatisticamente entre os tratamentos no período diurno, como representado na figura 6.

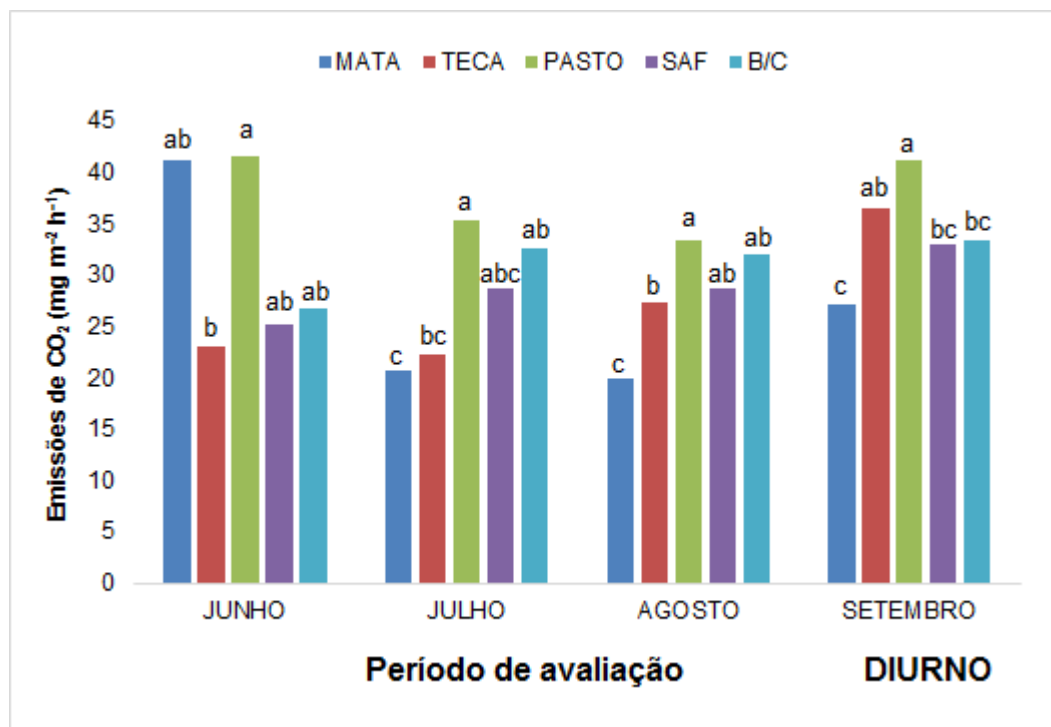


Figura 6. Teores de emissões de CO<sub>2</sub> coletados durante quatro meses no período diurno em tratamentos em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao analisar a figura 6, comparando os tratamentos no mês de junho, observa-se que o tratamento mata não diferiu estatisticamente dos demais



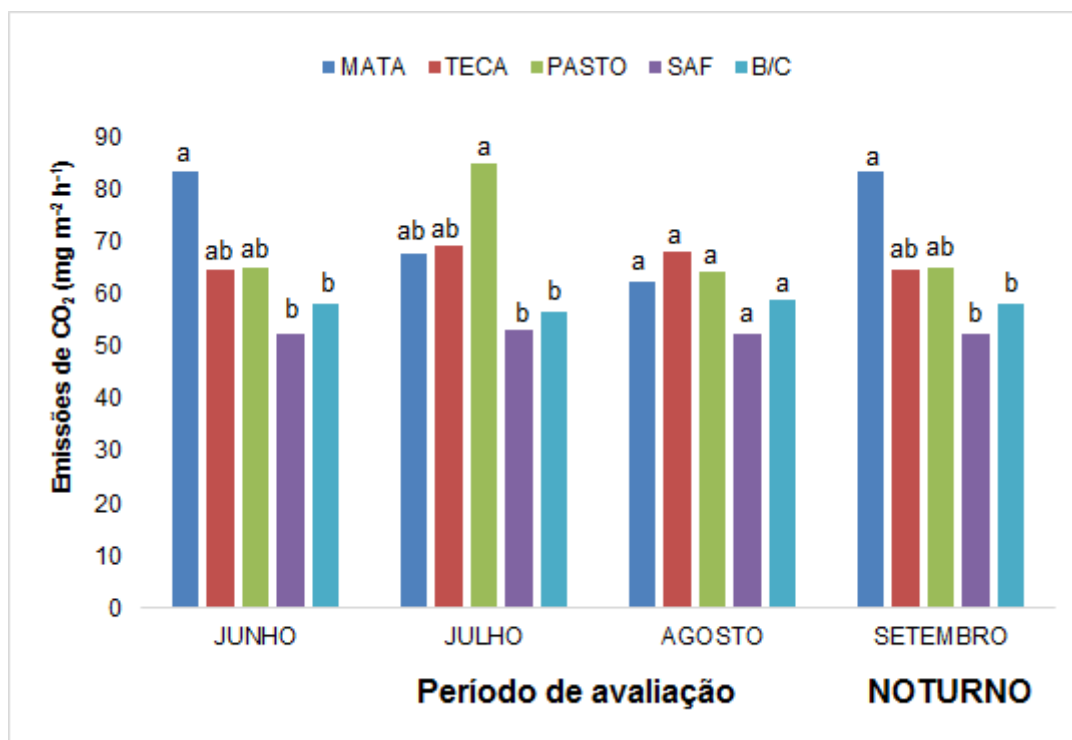
tratamentos, havendo diferença significativa apenas entre o tratamento sob pastagem cultivada e o tratamento com o cultivo de teca (*Tectona Grandis*). Ainda avaliando as emissões do turno diurno, no mês de julho observa-se que os tratamentos mata e teca diferiram estatisticamente do tratamento pasto. No mês de agosto, houve diferença estatística entre a mata e os demais tratamentos, neste caso, apresentando menor emissão. Ainda avaliando o mês de agosto, observa-se diferença significativa entre teca e pasto. Avaliando o mês de setembro, houve diferença estatística entre mata e pasto.

Foi observado em todos os meses de avaliação no período diurno, o tratamento com pastagem cultivada com capim quicuí (*Brachiaria humidicola*) obteve diferença estatística em relação a alguns tratamentos com estratos arbóreos, que pode ser explicado pelo fato de apresentar uma cobertura vegetal densa. Outro fator que pode explicar esse comportamento, é a presença de esterco dos animais que contribuem para o aumento da biomassa microbiana e conseqüentemente, para o aumento da atividade. Esse comportamento também foi observado em trabalho realizado por De Assis Júnior et al. (2003), em diferentes sistemas de manejo na cidade de Vazante, no estado de Minas Gerais.

No período diurno, houve diferença estatística entre os tratamentos sob pastagem e o ecossistema mata nos meses de julho, agosto e setembro, mostrando que a atividade microbiana foi eficiente em discriminar áreas com diferentes sistemas de manejo. Segundo Peña et al. (2005), a cobertura vegetal altera a composição da biomassa microbiana, e estimula a biodiversidade microbiana, como também é um fator importante para a atividade respiratória basal do solo.

Melloni et al. (2008), em estudo avaliando a qualidade do solo sob diferentes coberturas florestais e de pastagem, observou que o ecossistema mata apresentou menor valor  $qCO_2$  e a maior relação C microbiano/C orgânico, indicando se tratar de ecossistema com maior densidade microbiana sob equilíbrio e baixo estresse ambiental advindo, provavelmente, das melhores condições físicas do solo e da pouca atividade antrópica. Segundo Correia et al. (2015) condições de baixa emissões de  $CO_2$  podem ser indicativas de uma biomassa microbiana mais eficiente como reflexo de um ambiente mais estável ou mais próximo da condição de equilíbrio.

As emissões de  $CO_2$   $mg^{-2} h^{-1}$  mensuradas durante quatro meses diferiram estatisticamente entre os tratamentos no período noturno como representado na figura 7.



**Figura 7. Teores de emissões de CO<sub>2</sub> coletados durante quatro meses no período noturno em tratamentos em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.**

Ao analisar as emissões do turno noturno (figura 7), é possível observar que o tratamento mata diferiu estatisticamente dos tratamentos SAF e B/C nos meses de junho e setembro, que pode ser atribuído as menores temperaturas do solo neste tratamento aliado a menores teores de umidade em relação ao sistema agroflorestal e consórcio banana/cupuaçu, assim favorecendo melhores condições para os microrganismos do solo. No mês de julho, houve diferença estatística entre a área de pasto e as áreas de SAF e B/C, comportamento que pode ser atribuído ao maior teor de umidade gravimétrica do solo neste tratamento quando comparado aos demais tratamentos. Os dados de temperatura do solo e umidade gravimétrica dos solos do turno noturno estão apresentados nas figuras 3 e 5 respectivamente. Ao analisar o mês de agosto, não foi observado diferença estatística. Como observado, as condições de umidade e temperatura do solo, são fatores importantes para a atividade microbiana, afetando diretamente nas emissões de CO<sub>2</sub>.

As emissões de CO<sub>2</sub> mensuradas nos quatro meses de avaliação apresentaram diferença estatística em todos os tratamentos entre os períodos de avaliação diurno e noturno, como representado nas figuras 8A, 8B, 8C, 8D e 8E.

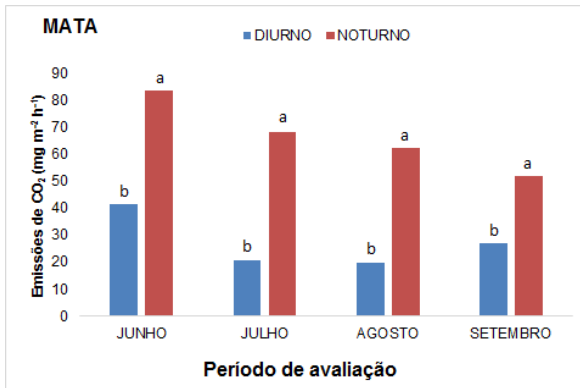


FIGURA 8A

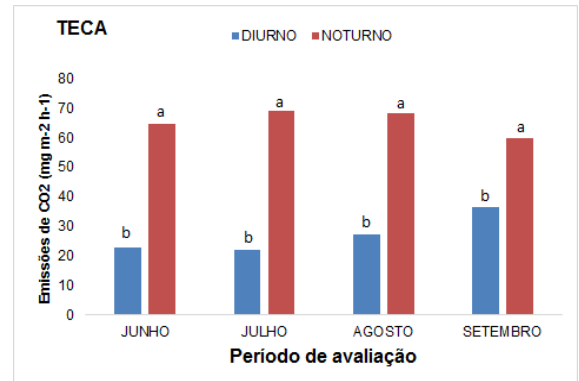


FIGURA 8B

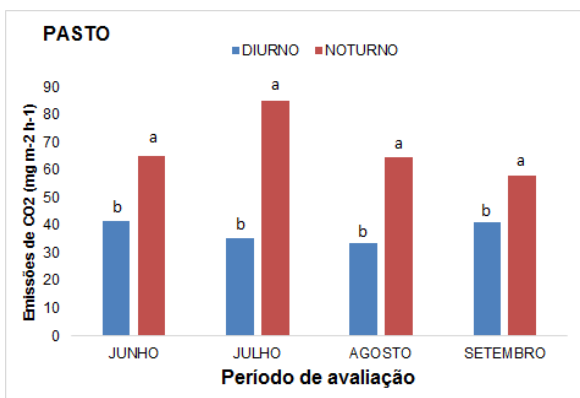


FIGURA 8C

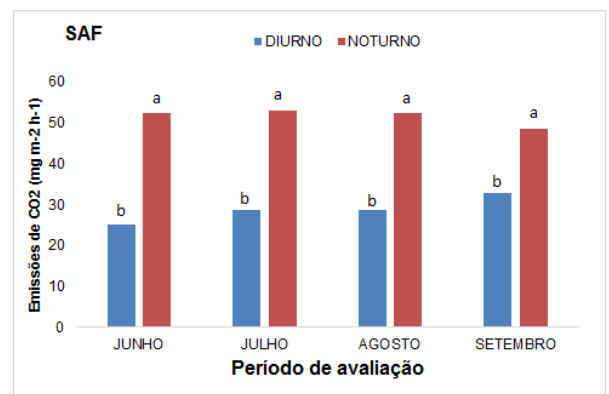


FIGURA 8D

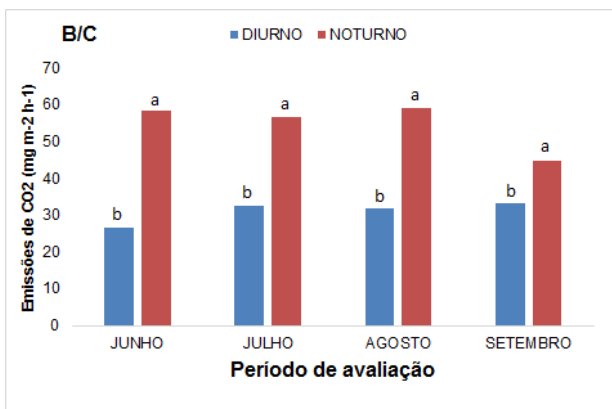


FIGURA 8E

Figura 8. Emissões de CO<sub>2</sub> do solo no período de junho à setembro de 2016 em todos os tratamentos descritos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Houve diferenças significativas entre os turnos (diurno e noturno) de avaliação, em todos os tratamentos: MATA, TECA, PASTO, SAF e B/C, respectivamente, e em todos os meses de avaliação, representados na figura 8 (A a E). Observou-se maiores emissões de CO<sub>2</sub> no turno noturno, que pode ser explicado

pelas temperaturas mais amenas, devido à perda de calor, resfriamento do solo e umidade mais elevada, favorecendo assim melhores condições para os microrganismos do solo e conseqüentemente aumentando a sua atividade microbiana. Diferentemente do turno diurno, devido a altas temperaturas e teores menores de umidade, acabam promovendo uma condição de estresse e diminuindo a taxa de respiração basal. Foi observado comportamento semelhante em estudos realizados por Gonçalves et al. (2014) e Fonseca et al. (2013), onde as maiores umidades e menores temperaturas proporcionaram maiores emissões de CO<sub>2</sub>. Kreutz (2010), em estudo, relata que variações na temperatura do solo e outros fatores ambientais influenciam as taxas respiratórias e emissões de CO<sub>2</sub>.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade microbiana mensurada pelas emissões de CO<sub>2</sub> foi maior no período noturno em relação ao período diurno em todos os tratamentos, provavelmente influenciada pela menor temperatura e maior umidade nesse período.

A temperatura e os teores de umidade do solo foram fatores determinantes nas emissões de CO<sub>2</sub>.

A avaliação da atividade microbiana em campo se mostrou eficiente e de baixo custo.

A atividade microbiana pode ser utilizada como indicador biológico de qualidade do solo, pois consegue discriminar as emissões de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> sob diferentes sistemas de manejo.

Faz-se necessário mais estudos envolvendo a atividade microbiana e demais parâmetros biológicos como indicadores biológicos que ajudem a elucidar as melhores formas de manejo sustentável.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Ricardo; GOEDERT, Wenceslau J.; LACERDA, Marilusa Pinto Coelho. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. 2007.

ASSAD, Eduardo Delgado et al. **Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.

BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; FEARNSSIDE, Philip Martin. **Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño”(1997/98)**. Acta Amazonica, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999.

BORGES, Viviane Francisca et al. **Análise da concentração dos gases de efeito estufa na costa nordeste brasileira**. 2014.

BUENO, Chris. **Mudanças climáticas no Brasil: aumento das temperaturas e mudanças no regime das chuvas terão diferentes impactos em cada região do país**. Revista PréUnivesp. Nº 57. Liberdade. 2014. Disponível em: <<http://pre.univesp.br/mudancas-climaticas-no-brasil#.V0JIQTUrLIV>>. Acesso em: 02.Mai. 2016.

CARNEIRO, J. P.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H. **Emissões de carbono do solo decorrentes de utilização agrícola de resíduos orgânicos**. In: 10.ª Conferência Nacional do Ambiente, 12.º Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. UA, 2013. p. 316-321.

CARVALHO, João Luis Nunes et al. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.

CERRI, Carlos Clemente; CERRI, Carlos Eduardo P. **Agricultura e aquecimento global**. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.

CHAVES, L. H. G., FARIAS, C. H. A. **Variabilidade espacial do estoque de carbono nos tabuleiros costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife. v. 1, n.1, p. 20-25, 2008.

CONTI, José Bueno. **Considerações sobre as mudanças climáticas globais**. Revista do Departamento de geografia, v. 16, p. 70-75, 2011.

CORAZZA, E. J. et al. **Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.

CORREIA, K. G., SANTOS, T. S., ARAUJO, K. D., SOUTO, J. S., FERNANDES, P. D. **Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil**. Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal. V.6, n.3, p. 534-549, 2009.

CORREIA, KARINA GUEDES et al. **Atividade microbiana e matéria orgânica leve em áreas de caatinga de diferentes estágios sucessionais no semiárido paraibano**. Revista Caatinga, v. 28, n. 1, p. 196-202, 2015.

COSTA, Falberni de Souza et al. **Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil**. Revista brasileira de ciência do solo. Campinas. Vol. 32, n. 1 (jan./fev. 2008), p. 323-332, 2008.

D'ANDRÉA, A. F. et al. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 4, p. 913-924, 2002.

DE ASSIS JÚNIOR, Sebastião Lourenço et al. **Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada**. Rev. Árvore, v. 27, n. 1, 2003.

DE OLIVEIRA, André Luiz Martinez et al. **Aplicações da biodiversidade bacteriana do solo para a sustentabilidade da agricultura**. BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports, v. 3, n. 1, p. 56-77, 2014.

DOS SANTOS, Franciane Lemes et al. **Atributos bioquímicos do solo sob diferentes sistemas de produção no sudoeste goiano**. GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, v. 8, n. 2, 2015.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006. 306p.

FONSECA, Thiago Santana, GONÇALVES, Leandro Lima ANJOS, Jackelyne Batista, SILVA, Soraya Freitas, LEITE, Raimundo Laerton de Lima. **Atividade microbiana em uma topossequência de culturas anuais no extremo norte do Tocantins**. Jornada de Iniciação Científica e Extensão. 5ª ed (JICE), Dianópolis/TO, 2014.

GONÇALVES, Leandro Lima, SILVA, Soraya Freitas, ANJOS, Jackelyne Batista, LEITE, Raimundo Laerton de Lima. **Respiração edáfica em uma topossequência de uma área de culturas anuais no extremo norte do Tocantins**. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 8ª ed (CONNEPI). Salvador/BA. 2013.

GOVAERTS, B.; MEZZALAMA, M.; UNNO, Y.; SAYRE, K.D.; GUIDO, M.L.; VANHERCK, K.; DENDOOVEN, L. & DECKERS, J. **Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity**. Applied Soil Ecology, v. 37, n. 1-2, p.18-30, 2007.

GRISI, B. M. **Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos**. Ciência e Cultura, São Paulo, v.30, n.1, p.82-88, 1978.

JACOBI, Pedro et al. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de pesquisa, v. 118, n. 3, p. 189-205, 2003.

KREUTZ, C.; JUNIOR, B. H. M.; SOUSA, R. F. **Concentração de co2 e taxa de respiração em diferentes pontos no parque do bacaba, nova xavantina-mt** In: Congresso de Iniciação Científica, 3ª. (JC), 2010, Cáceres/MT. Vol. 6. 2010.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2010.

LISBOA, Bruno Brito et al. **Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo**. Revista brasileira de ciencia do solo. Viçosa. Vol. 36, n. 1 (jan./fev. 2012), p. 33-44, 2012.

MARIN, Fabio; NASSIF, Daniel SP. **Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013.

MARQUES, João Fernando, SKORUPA, Ladislau Araújo, FERRAZ, José Maria Gusman. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. 1ª ed. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

MELLONI, Rogério et al. **Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 06, p. 2461-2470, 2008.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1993. 629p.

NOBRE, Carlos A. **Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2001.

PEDRO, LO de A. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Quim. Nova, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

PEÑA, Martha Lucía Peña et al. **Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal**. Floresta, v. 35, n. 1, 2005.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. NBL Editora, 2002.

ROVEDDER, Ana Paula Moreira et al. **Compreensão e aplicabilidade do conceito de solo florestal**. Ciência Florestal, v. 23, n. 3, p. 517-528, 2013.

SANTOS, Raphael David et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5ª ed, Viçosa – MG, 2005.

SILVA, Rubens Ribeiro da et al. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 5, p. 1585-1592, 2010.



SOUSA, DMG de; LOBATO, Edson. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUSA, Francine Aparecida et al. **Atividade microbiana e produção da lavoura cafeeira após adubação com dejetos líquidos de suínos= Microbial activity and production of coffee crops after fertilization with pig slurry**. Bioscience Journal, v. 30, n. 4, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TROEH, Frederick R. THOMPSON, Louis M. **Solos e fertilidade do solo**. Tradução Durval Dourado Neto e Manuella Nóbrega Dourado. 6ª ed, São Paulo: Andrei, 2007.