

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS
DO SOLO CULTIVADO COM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR SOB REGIMES HÍDRICOS VARIÁVEIS**

STEFANY BRAZ SILVA

**Brasília, DF
Junho de 2017**

STEFANY BRAZ SILVA

**ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS
DO SOLO CULTIVADO COM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-
AÇÚCAR SOB REGIMES HÍDRICOS VARIÁVEIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS

**Brasília, DF
Junho de 2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Stefany Braz.

“ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO CULTIVADO COM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB REGIMES HÍDRICOS VARIÁVEIS”. Orientação: Maria Lucrécia Gerosa Ramos, Brasília 2017. 65 páginas.

Trabalho de conclusão de curso (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

1. Cana-de-açúcar 2. Cerrado 3. Regimes hídricos 4. Atributos do solo.

I. Ramos, M. L. G. II. Dr^a.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, S. B. Alterações dos atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob regimes hídricos variáveis. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 65 páginas. Trabalho de Conclusão de curso.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome da Autora: STEFANY BRAZ SILVA

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Alterações dos atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob regimes hídricos variáveis.

Grau: 3º **Ano:** 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de conclusão de curso de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

STEFANY BRAZ SILVA

CPF: 040.738.381-64

CEP: 70.760-680, Brasília – DF. Brasil.

(61) 9 8200 3072 / email: stefany.agrounb@gmail.com

STEFANY BRAZ SILVA

**ALTERAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO
CULTIVADO COM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB REGIMES
HÍDRICOS VARIÁVEIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS

BANCA EXAMINADORA:

Maria Lucrécia Gerosa Ramos
Doutora, Universidade de Brasília – UnB
Orientadora / email: lucrecia@unb.br

Robervone Severina de Melo Pereira do Nascimento
Doutora, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA-DF
Examinador / email: robervone@hotmail.com

Daniel Fernando Salas Méndez
Mestre, Doutorando, Universidade de Brasília – UnB
Examinador / email: salas.daf.agro@gmail.com

**Brasília, DF
Junho de 2017**

*“Em paz também me deitarei e dormirei, porque só tu, Senhor, me fazes habitar em
segurança”.*

Salmos 4:8

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas
do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.*

Charles Chaplin

A Deus.

A minha mãe Ivonete Duarte, minha fonte de inspiração.

Ao meu tio Francisco Garcia de Araújo (in memoriam).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar sempre, me guiar, por todas as oportunidades concedidas, me permitir até aqui chegar e pela minha família.

Aos meus pais – minha mãe Ivonete Duarte Braz, por todo amor, cuidado, amizade, carinho, ensinamentos, incentivo, e todos os momentos felizes e de dificuldades no decorrer da vida, e ao meu pai Jorge Carlos.

À Professora e orientadora Dr^a Maria Lucrécia Gerosa Ramos, pelos ensinamentos, dedicação, confiança, pela valiosíssima orientação, amizade e principalmente pela oportunidade da realização desse trabalho.

Ao Daniel Salas, pelo companheirismo, parceria, amizade, por todos os momentos felizes e pelo amor.

À toda minha família – irmãos Ana Cristina e João Carlos, primos (as) queridas, tia Maria José (minha segunda mãe), pelo apoio, alegria e pela torcida.

Ao meu tio Francisco Garcia de Araújo (*in memoriam*) pelo apoio, pela amizade, pelos momentos de descontração, pela harmonia, pelo cuidado e por sempre ter acreditado e torcido pelo meu sucesso (que eu sei que de onde ele estiver ainda torce e está feliz por essa etapa que está para se cumprir). E à minha madrinha Maria Aparecida, pelo apoio.

Aos amigos e colegas de trabalho Dr^a Robervone Nascimento e Antonio Marcos pelo companheirismo, ensinamentos, alegria e pelos trabalhos realizados juntos. Vocês são brilhantes!

Aos colegas do Laboratório de Bioquímica e Microbiologia do Solo, Natália, Sávio, Mariana, Matheus, Welton, Divina e Alberto. E aos colegas de curso e amigos, em especial Nathalia Henriques, Lemerson Brasileiro, Marina Silveira e Jessica Carrijo.

À Universidade de Brasília-UnB, pelo apoio, aprendizado, oportunidades e ensinamentos. E aos professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, pelos ensinamentos, inspiração e incentivo, em especial ao Dr^o Cícero Célio, Dr^o Cícero Lopes, Dr^o José Ricardo Peixoto, Dr^a Alessandra de Paula, Dr^a Cristina Bastos, Dr^o Marcelo Fagioli, Dr^o Tairone Leão, Dr^a Selma Maggiotto e Dr^o Carlos Roberto Spehar.

À Embrapa Cerrados, em especial ao Dr^o Walter Quadros Ribeiro Júnior e Dr^a Cristiane Andrea de Lima, pela disponibilização do experimento.

À todos que contribuíram pelo meu crescimento pessoal e profissional!

MUITO OBRIGADA!

SILVA, STEFANY BRAZ. **Alterações dos atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob regimes hídricos variáveis**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

A cultura de cana-de-açúcar está em constante expansão no Cerrado brasileiro, porém os períodos de estiagem característicos desse bioma representam um desafio para a exploração canavieira nessa região. Sendo assim, o uso da irrigação é uma alternativa para a manutenção e aumento da produtividade dessa cultura. Porém, a irrigação aliada a maior utilização do solo nessas áreas podem alterar os atributos do solo. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as alterações de atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. O experimento vem sendo conduzido desde 2010 no campo experimental da Embrapa Cerrados. A irrigação foi realizada conforme o sistema *Line Source Sprinkler System*, que gera gradientes de aplicação de água. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas. As parcelas foram as variedades de cana-de-açúcar (RB92579 e RB928064) e as subparcelas, os regimes hídricos (lâminas de 100%, 75%, 33% e 7%, da reposição da evapotranspiração da cultura). As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm. Foram avaliados o carbono orgânico total (COT), carbono das frações granulométricas (COP e COAM), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente microbiano (qMIC), taxa de colonização micorrízica, densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e produção de palhada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. A cultivar RB92579 apresentou maior produção de palhada em relação à RB928064. O solo cultivado com a cultivar RB92579 apresentou maiores teores de COT e COP em relação à RB928064; o COT e COAM foram maiores na L100%. Na cultivar RB92579, o maior teor de CBM foi encontrado na L100%, onde há maior teor de umidade no solo; e o menor teor na L7%. Já a cultivar RB928064 apresentou os maiores valores de CBM e qMIC na L7% e L33%. Na L75%, a densidade de esporos de fungos micorrízicos foi maior em relação aos demais regimes hídricos. As variedades e regimes hídricos aplicados não influenciaram a taxa de colonização micorrízica.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Cerrado, regimes hídricos, atributos do solo.

ABSTRACT

The sugarcane is constantly expanding in the Brazilian Cerrado, but the drought periods characteristic of this biome represent a challenge for sugarcane exploitation in this region. Therefore, the use of irrigation is an alternative for maintaining and increasing productivity. However, because of the greater use of soil in these areas, irrigation can alter soil attributes. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the alterations of soil attributes cultivated with two sugarcane varieties under different water regimes. The experiment has been conducted since 2010 in the experimental field of Embrapa Cerrados. Irrigation was performed according to the *Line Source Sprinkler System*, which generates water application gradients. The experimental design was in randomized blocks, with subplots. The plots were sugarcane varieties (RB92579 and RB928064) and the subplots were water regimes (100%, 75%, 33% and 7% of replacement of crop evapotranspiration). Soil samples were collected at 0-10 cm depth. The total organic carbon (TOC), carbon of the granulometric fractions (COP and COAM), microbial biomass carbon (MBC), microbial quotient (qMIC), mycorrhizal colonization rate, spore density of arbuscular mycorrhizal fungi and straw production were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Tukey test at $p < 0.05$. The cultivar RB92579 showed higher straw production in relation to RB928064. The cultivar RB92579 had higher TOC and COP contents than RB928064; The TOC and COAM were higher in L100%. For cultivar RB92579, the highest MBC content was found in L100%, where there is higher soil moisture content, and the lowest content in L7%. The cultivar RB928064 presented the highest values of MBC and qMIC in L7% and L33%. In L75%, the spore density of mycorrhizal fungi was higher in relation to the other water regimes. There was no significant difference in the rate of mycorrhizal colonization between water regimes and sugarcane cultivars.

Key words: sugar cane, Cerrado, water regimes, soil attributes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO GERAL	15
2.1 Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 O Cerrado	16
3.2 Cana-de-açúcar no Brasil	17
3.3 Irrigação na cana-de-açúcar	20
3.4 O cultivo irrigado e as alterações nos atributos do solo	22
3.5 Matéria orgânica do Solo (MOS)	24
3.6 Matéria Orgânica Particulada.....	26
3.7 Carbono da Biomassa Microbiana	27
3.8 Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Descrição da área experimental.....	32
4.2 Variáveis analisadas	35
4.2.1 Produção de palhada.....	35
4.2.2 Carbono orgânico total	35
4.2.3 Carbono da biomassa microbiana.....	35
4.2.4 Quociente Microbiano.....	36
4.2.5 Carbono das frações granulométricas.....	36
4.2.6 Taxa de colonização micorrízica.....	37
4.2.7 Densidade de esporos	38
4.3 Análise estatística.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 Produção de palhada pela Cana-de-açúcar	39
5.2 Carbono orgânico total	40
5.3 Carbono das frações granulométricas da MOS	42
5.4 Carbono da Biomassa Microbiana e Quociente microbiano	45
5.5 Colonização micorrízica e densidade de esporos	48
6. CONCLUSÕES.....	51
7. REFERÊNCIAS	52

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental da cana-de-açúcar na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, realizada em 2013..... 33
- Tabela 2. Carbono orgânico total (COT), em g kg^{-1} em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas cultivares de cana-de-açúcar..... 40
- Tabela 3. Carbono orgânico particulado (COP), em g kg^{-1} , em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas cultivares de cana-de-açúcar. 42
- Tabela 4. Carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano ($q_{\text{MIC}} = \text{CBM}/\text{COT}$) em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas cultivares de cana-de-açúcar..... 47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) da Área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF. Os dados são referentes ao período de 2010 a 2016. Dados coletados na Estação Meteorológica da Embrapa Cerrados (2016). 32
- Figura 2. Sistema *Line Source Sprinkler System* na área experimental cultivada com cana-de-açúcar na Embrapa Cerrados. 34
- Figura 3. Produção de palhada em ton ha⁻¹ de duas variedades de cana-de-açúcar em quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as cultivares de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. 39
- Figura 4. Carbono orgânico associado aos minerais (COAM), em g kg⁻¹, em Latossolo Vermelho distrófico típico, cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as cultivares de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. 44
- Figura 5. Colonização micorrízica das raízes de duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos em Latossolo Vermelho distrófico típico no Cerrado. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as variedades de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5%. 49
- Figura 6. Densidade de esporos de FMA recuperados em 50 mL de solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as variedades de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5%. 50

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma cultura de fundamental importância para o agronegócio brasileiro e é responsável pela produção de açúcar e etanol, geração de energia e matérias primas para diversos fins. O Brasil destaca-se no cenário mundial na produção de açúcar e biocombustíveis (etanol), a partir da cana-de-açúcar como matéria prima. Assim, no país existe uma constante expansão de área agrícola para esta cultura graças ao crescimento da demanda interna e externa por etanol (WALTER et al., 2008; ALMEIDA et al., 2016).

Segundo a Conab (2016), a produção cana-de-açúcar para a safra de 2016/2017 terá um aumento de 4,4% em relação à safra anterior, sendo um valor de 694,54 milhões de toneladas em uma área de 9,1 milhões de hectares, o que representa 5,3% a mais se comparada com a área da safra 2015/16, indicando que a expansão da cultura continua em crescimento no país.

Na região Centro Oeste, o Cerrado é o bioma predominante e essa cultura também está em constante expansão. De acordo com a Conab (2016), essa região deverá apresentar aumento da área colhida em relação à safra passada, porém as chuvas foram reduzidas em relação à safra anterior, o que deve impactar numa redução de produtividade na ordem de 9,5% e redução da produção de 3,9%. Portanto, essa significativa redução da produtividade, representa um desafio para a exploração canavieira nessa região, pois o longo período de estiagem caracterizado por este bioma deve ser meticulosamente observado devido à irregularidade das chuvas e à indisponibilidade hídrica nesse período. Por esse motivo a irrigação atua para que o déficit hídrico não ocasiona a diminuição do rendimento da cultura (BRAIDO & TOMMASELLI, 2012). Além disso, esses dados enfatizam que o monitoramento efetivo da tecnologia de irrigação na cana-de-açúcar é essencial para sua produção (CARR & KNOX, 2011). Nesse contexto, a irrigação e o emprego de técnicas de manejo para aumentar a eficiência do uso da água e, conseqüentemente, minimizar as perdas hídricas pelas culturas devem ser adotados para se obter bons rendimentos (ORRILLO et al., 2016).

O preparo do solo para o cultivo provoca alterações nos atributos do solo; dessa forma é imprescindível que se faça monitoramentos rigorosos nas áreas cultivadas com a

cana-de-açúcar, adotando-se indicadores de sustentabilidade da produção e dos efeitos no ambiente ao longo dos anos de exploração dessa cultura, o que demanda uma maior cautela no processo de produção, visto que o cultivo dessa cultura provoca modificações na cobertura vegetal e o solo será usado de forma intensiva, alterando o ecossistema (JENDIROBA, 2006).

Dessa forma, em consequência da expansão agrícola da cultura de cana-de-açúcar no bioma Cerrado, a busca por práticas agrícolas sustentáveis, é imprescindível. Por esse motivo é indispensável que se façam estudos sobre os efeitos do cultivo de cana-de-açúcar no sistema edáfico e no ambiente de produção, de forma que com isso se possa contribuir para aprimorar as estratégias de uso e manejo dos solos no bioma Cerrado.

Nesse contexto, o estudo dos atributos (físicos, químicos e biológicos) do solo ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo. Por serem sensíveis, esses atributos são importantes para estabelecer se houve degradação, conservação ou melhoria da qualidade do solo em relação a um sistema de manejo (SILVEIRA et al., 2011). Sendo assim, a matéria orgânica do solo (MOS) afeta sua qualidade física, química e biológica e, por esse motivo é utilizada como indicador da qualidade de sistemas de manejo do solo (NASCIMENTO et al., 2009; VEZZANI, 2009). Dentre alguns atributos químicos e microbiológicos que estão relacionados com a MOS e alteram a qualidade do solo, o carbono orgânico total (COT), carbono das frações granulométricas da MOS (carbono orgânico particulado – COP e carbono associado aos minerais - COAM), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente microbiano (qMIC) e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) serão avaliados no presente trabalho.

Esses atributos influenciam na atividade biológica, disponibilidade de nutrientes e decomposição e mineralização da MOS (DEXTER, 2004; DANTAS et al., 2012). No entanto, estudos que identifiquem as alterações na qualidade do solo em sistemas de produção de cana-de-açúcar irrigada ainda são escassos, principalmente para solos do Cerrado. Em função disso, a avaliação desses atributos do solo através do comportamento da MOS em sistemas irrigados para essa cultura constitui a base para a identificação de alternativas sustentáveis para a cultura da cana-de-açúcar.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar as alterações de atributos químicos e microbiológicos do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a produção de palhada sobre o solo de duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.
- Avaliar o carbono orgânico total e das frações granulométricas do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.
- Avaliar o carbono da biomassa microbiana e quociente microbiano do solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.
- Avaliar a taxa de colonização micorrízica e densidade de esporos no solo cultivado com duas cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Cerrado

O Cerrado brasileiro, foco de expansão da cultura de cana de açúcar, é o segundo maior bioma do Brasil, apresentando uma área aproximada de 2.036.448 km² (23,9% do território nacional). É o bioma que possui a maior biodiversidade do mundo e sua área se encontra, em sua maioria, na região central do Brasil, ocupando grande parte dos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão, Bahia e Distrito Federal. Além de abranger áreas disjuntas no extremo norte do Pará, uma pequena porção do Amapá, Roraima e Rondônia, uma faixa central do estado de São Paulo e uma porção do Paraná (IBGE, 2016). Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um elevado potencial aquífero, favorecendo a sua biodiversidade (BRASIL, 2014), além de possuir uma vasta disponibilidade hídrica.

A grande maioria dos solos do Cerrado é classificada como Latossolos (45,7%), além de Neossolos Quartzarênicos (15,2%), Argissolos (15,1%) e Plintossolos (9,0%), Gleissolos (2,5%), Neossolos litólicos (7,3%), Cambissolos (3,1%) e Nitossolo vermelho (1,7%) (GOMES et al., 2004; CORREIA et al., 2004). Dessa forma, como a maioria desses solos são Latossolos, são caracterizados principalmente, pela baixa fertilidade e alta acidez. Ademais trata-se de solos com grau de intemperismo elevado e, portanto, bastante profundos, com ótima drenagem, bem estruturados, alta estabilidade de agregados, alta permeabilidade, boa aeração, baixa resistência à penetração e que se assentam em relevos planos ou levemente ondulados (EVANGELISTA, 2011; KLUTHCOUSKI et al., 2003).

O clima do Cerrado é classificado como sendo do tipo Tropical Estacional com períodos bem definidos de chuva e seca (SILVA et al., 2001), com considerável variação climática pela sua grande distribuição e extensão no território brasileiro. Com destaque para o período de seca que é bem definido, ocorrendo redução e/ou até eliminação total de chuvas, que podem durar meses seguidos sem registros de precipitação. Além disso, durante a estação chuvosa frequentemente ocorrem períodos de interrupção de chuvas, fenômeno este regionalmente chamado de veranico (VARGAS & HUNGRIA, 1997), provocando períodos de estresse hídrico intenso para os cultivos agrícolas (SANO et al., 2008).

Atualmente, o Cerrado brasileiro possui grande importância para o desenvolvimento e expansão do agronegócio brasileiro, sendo considerado como a última fronteira agrícola brasileira, como também a maior do mundo. Isso porque em decorrência das favoráveis características físicas desses solos, juntamente ao avanço tecnológico, a partir da década de 70, foram capazes de ocasionar a expansão agrícola na região abrangida por este bioma (MATOS & PESSÔA, 2014). Além disso, por serem bem drenados, resistentes à compactação e se assentarem em relevos planos, são solos fisicamente favoráveis à mecanização, quando bem manejados (SOUZA & LOBATO, 2004; EVANGELISTA, 2011). Desta forma, com a calagem e a adubação, o Cerrado tornou-se uma grande área de expansão agrícola no Brasil (SANO et al., 2008).

Com isso, nas últimas décadas, o Cerrado passou a ser o principal responsável no agronegócio brasileiro, sendo conhecido como a região mais promissora do país para a produção de gado e monoculturas (soja, milho, cana-de-açúcar, algodão), além da agroindústria e da indústria (MATOS & PESSÔA, 2014). Desse modo, a ocupação dos solos do Cerrado deverá ser feita, com ênfase na conservação da biodiversidade adotando práticas de conservação que incluem preservar amostras importantes desta biodiversidade para futuras gerações, de modo a promover o uso da terra e dos recursos naturais, de forma ambientalmente correta (GONÇALVES, 2006).

3.2 Cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pertence à família Poaceae (gramíneas), foi descrita taxonomicamente, pela primeira vez, por Linnaeus, em 1753, no livro “Species Plantarum” (HITCHCOCK, 1923). Segundo Aranha & Yahn (1987), nas Índias, a cana-de-açúcar já era utilizada desde 1500 a.C. A Nova Guiné é considerada o centro de origem da cultura, tendo em vista que foram encontrados registros com mais de 8000 anos. Além disso, há indícios de que, nesse período, a cana-de-açúcar era utilizada também na China (JAMES, 2004). No Brasil, a cana-de-açúcar foi trazida pelos portugueses, em meados do ano de 1532 (MIRANDA, 2008), e implantada inicialmente nos estados da Bahia, Pernambuco e, posteriormente em São Paulo, se tornando uma das culturas mais importantes economicamente para o Brasil (MOZANBANI et al., 2006; ALMEIDA et al., 2016).

O Brasil destaca-se no mercado mundial por ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia, China, Tailândia, México e Paquistão, além de ser também o maior produtor de açúcar e etanol (CONAB, 2016). Porém, o setor sucroenergético brasileiro vem crescendo de forma exponencial e parte das áreas de cultivo de cana-de-açúcar em expansão apresenta restrições ambientais limitantes ao desenvolvimento da cultura e está sofrendo impactos devido às constantes mudanças climáticas que têm gerado períodos intensos de seca, ou seja, de déficit hídrico (BRUNINI et al., 2016). Mesmo assim, o setor canavieiro continua a se expandir para a Região Centro-Oeste do Brasil, e essas tendências continuam sendo observadas nas safras atuais (CONAB, 2016).

A cana-de-açúcar é uma planta que possui o metabolismo fotossintético tipo C4, caracterizado pelo alto potencial em transformar energia luminosa em energia química, e conseqüentemente acumular maiores teores de açúcares (BRUNINI et al., 2016). Além disso, a cana-de-açúcar também tem conquistado seu espaço na função ambiental, por ser conhecida pela sua eficiência na fixação do CO₂ e no uso de água e de nutrientes, portanto, indicada para regiões tropicais e contribui significativamente para a fixação do CO₂ atmosférico e à redução na taxa de aquecimento global (TEJERA et al., 2007).

Devido à sua eficiência fotossintética e acúmulo de sacarose faz com que a cana-de-açúcar seja uma cultura com uma relevante importância econômica, além de se adaptar a condições de alta intensidade luminosa e altas temperaturas, por isso pode ser cultivada em diversas regiões do Brasil (SEGATO et al., 2006; ALMEIDA et al., 2016). No entanto, como é uma cultura adaptada aos climas tropical e subtropical e necessita de um grande volume de água durante o seu ciclo produtivo, essa necessidade hídrica potencializa-se nas fases iniciais do cultivo, onde predominam o crescimento vegetativo da cultura (WIEDENFELD, 2004; TEJERA et al., 2007). Porém, as diferentes características agrícolas das áreas de cultivo no Brasil e as variações do material genético utilizado, juntamente com um sistema de produção eficiente, pode elevar a eficiência produtiva do setor sucroalcooleiro para as condições do Cerrado, ou seja, variedades mais tolerantes à seca, para que o período de estiagem longa não seja prejudicial ao desenvolvimento e produtividade canavieira (RODOLFO JUNIOR, 2015). Dessa forma, estudos do balanço hídrico da cultura são importantes para indicar a necessidade de possíveis projetos de irrigação ou definir a aptidão de determinada área para uma determinada variedade para cultivo.

No Brasil, o plantio da cana-de-açúcar é feito normalmente em três épocas, o que resulta na cana-de-açúcar conhecida como cana-planta de ano (12 meses), cana-planta de ano e meio (18 meses), e a cana de inverno (adotado em propriedades em que há disponibilidade de irrigação, pois o plantio é realizado na época seca do ano) o que depende principalmente da variedade escolhida (MIRANDA, 2008). Após o primeiro corte, o ciclo é considerado anual e ela recebe a denominação de cana-soca ou de segunda folha; e, ressoca ou folha de enésima ordem, e assim por diante nos demais cortes até a última colheita, completando, assim, o ciclo da cana plantada, quando é feita a renovação do canavial. Normalmente, a lavoura de cana-de-açúcar permite de três a seis colheitas consecutivas, dependendo de vários fatores como: variedades, manejo de solo, manejo da irrigação e o clima (BOLONHEZI & PEREIRA, 1999).

Segundo Casagrande (1991), cada variedade dessa cultura apresenta suas próprias características de eficiência fotossintética que são influenciados diretamente pelo clima, manejo e práticas culturais. Contudo, a maneira como essas características morfológicas se expressam, varia bastante e são dependentes das condições ambientais, sistema de manejo da cultura e das variedades plantadas (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005).

Hoje, o Brasil possui quatro programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, que disponibilizam aos produtores do setor sucroalcooleiro as variedades para cultivo, de acordo com as características desejadas para o cultivo. Algumas das variedades produzidas no país por programas de melhoramento são: CV (Canavialis); CTC (Centro de Tecnologia Canavieira, sucessor da Copersucar - variedades SP); IAC (Instituto Agrônomo de Campinas); e RB (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro – RIDESA) (RODOLFO JUNIOR, 2015).

A RIDESA é formada por dez Universidades Federais e é responsável pela obtenção de novas variedades de cana-de-açúcar, contribuindo para o avanço tecnológico e produtividade no setor sucroalcooleiro. Nesse sentido, a RIDESA trabalha em busca de variedades com diferentes características de manejo, adaptabilidade e ciclo (variedades precoces, médias e tardias), a fim de se obter variedades específicas para os ambientes agroecológicos do Brasil, e que as "variedades RB - República do Brasil" liberadas pela RIDESA atinjam produtividades satisfatórias nos canaviais brasileiros, como também a obtenção de genótipos menos susceptíveis ao ataque de doenças graves, como ferrugem marrom e o carvão (DAROS et al., 2010).

Sendo assim, essas são algumas características das variedades RB928064 e RB92579, que foram alvo das pesquisas do presente trabalho, descritas por Daros et al. (2010):

1) A variedade RB928064 foi liberada pela Universidade Federal de Viçosa-UFV em 2002, é uma importante cultivar que proporcionam aos produtores de cana-de-açúcar ótima opção de manejo para meio e final de safra. Essa cultivar apresenta melhor desempenho em solos com boa fertilidade e se caracteriza principalmente por apresentar melhor desempenho em solos com boa retenção de umidade. Sobre suas características gerais, apresenta desenvolvimento médio, hábito de crescimento ereto, de média despalha, diâmetro de colmo médio, de cor verde e verde amarelo quando exposta ao solo e sem presença de cera.

2) A variedade RB92579 apresenta desenvolvimento lento, colmo de aspecto manchado, pouca cera, cor roxa ao sol e amarelo verde sob a palha, entrenós de comprimento e diâmetro médios. É de difícil despalha, possui gemas pouco salientes e folhas largas, com pontas curvas. A característica mais marcante dessa cultivar para esse trabalho é que ela possui uma rápida recuperação ao estresse hídrico. Além disso, possui ótimo perfilhamento e brotação de socaria e pode obter alta produtividade agrícola.

Dessa forma, as variedades de cana-de-açúcar apresentam respostas diferentes ao déficit hídrico, nesse sentido, os programas de melhoramento vegetal procuram divulgar as informações das variedades de cana-de-açúcar disponíveis no mercado, assim como as suas características com relação à tolerância à restrição hídrica e a resposta à irrigação, o que facilita o planejamento inicial do cultivo já que o produtor canavieiro poderá ter acesso a informações mais precisas sobre a característica de cada variedade e sua resposta às condições climáticas de sua região, tendo maior segurança de eficiência no sistema produtivo a ser implantado (IANMAN-BAMBER; SMITH, 2005; SILVA et al., 2008).

3.3 Irrigação na cana-de-açúcar

A restrição hídrica é um estresse ambiental que tem influência expressiva na agricultura. A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial; por esse motivo muitos esforços tem sido realizados para melhorar a produtividade dos cultivos agrícolas sob condições de

seca (CATIVELLI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2012).

Um fator significativo que deve ser destacado visto que influencia na produtividade das culturas, é a disponibilidade de água e de nutrientes. A disponibilidade hídrica do solo é um dos fatores ambientais que mais influenciam a produção da cana-de-açúcar, pois determina o estabelecimento da cultura durante o estágio vegetativo (RAMESH, 2000; SILVA et al., 2014). Comprovadamente, durante o desenvolvimento da cultura a deficiência hídrica promove a restrição dos processos fisiológicos, como divisão e alongamento celular, os quais determinam a redução do acúmulo de massa seca, da taxa de crescimento da cultura e do índice de área foliar (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005; SILVA et al., 2014).

O rendimento médio da produção de cana-de-açúcar no Brasil é baixo quando comparado aos resultados obtidos em pesquisas de cana-de-açúcar irrigada (BARBOSA et al., 2013; PIRES et al., 2014). De acordo com Almeida et al. (2008), a necessidade hídrica da cana-de-açúcar altera-se com o período de sua fase vegetativa de desenvolvimento. O monitoramento efetivo no uso da tecnologia de irrigação para cultura é essencial, especialmente em decisões das quais maximizam a produtividade de açúcar e álcool, em áreas onde o suprimento de água torna-se limitado (ALMEIDA et al., 2008; BRUNINI et al., 2016), principalmente no Cerrado, que possui períodos de estiagem acentuados.

Segundo Sano (2008), o Cerrado brasileiro possui características climáticas peculiares, com um período chuvoso e um seco bem definidos, e isso faz com que as características climáticas sejam um fator determinante na escolha das variedades para o plantio, pois podem provocar efeitos danosos ao cultivo da cana-de-açúcar, caso os períodos de maior necessidade hídrica da cultura não coincidam com a estação chuvosa do Bioma (RODOLFO JUNIOR, 2015).

Desta forma, durante todo o seu crescimento, a cana-de-açúcar necessita de boas condições de umidade no solo para expressar todo o potencial produtivo; entretanto, o grau de resposta às condições ambientais diferencia-se conforme as variedades cultivadas (SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2014). Por isso, para atingir eficiência satisfatória no sistema produtivo, assim como a sustentabilidade econômica da atividade sucroalcooleira, o uso de lâminas de irrigação adequadas a cada fase fenológica passa a ser o ponto crucial a fim de evitar o estresse hídrico na cultura nos períodos considerados críticos de seu crescimento e desenvolvimento, viabilizando o aumento da produtividade e, ao mesmo

tempo potencializando o retorno econômico do setor e a longevidade do canavial (SILVA et al., 2012; GAVA et al., 2011). Além disso, o rendimento e a produção de açúcar e de etanol da cana-de-açúcar irrigada dependem da quantidade de água aplicada, do manejo de irrigação combinado com a quantidade certa de adubação, da variedade, da idade do corte, do tipo de solo e do clima (DANTAS NETO et al., 2006; SILVA et al., 2014).

3.4 O cultivo irrigado e as alterações nos atributos do solo

A exploração agrícola tem contribuído para a degradação dos recursos naturais por meio do desmatamento, erosão do solo e uso de agroquímicos (SIQUEIRA et al., 1994). A agricultura envolve grandes extensões territoriais, influenciando sobre complexos nichos ecológicos e na cadeia alimentar de diversos indivíduos, em função da retirada da vegetação natural e consequente quebra do equilíbrio para estabelecimento, principalmente, de monoculturas. O uso de práticas conservacionistas não é suficiente para saber se há ou não otimização na utilização do solo. É essencial que se disponha de parâmetros de sustentabilidade e que esses parâmetros funcionem paralelamente e sejam indicadores de avaliação, quantificando e indicando o grau de conservação de um dado sistema (DE-POLLI & PIMENTEL, 2005).

A sustentabilidade de uma área irrigada está condicionada, dentre outros aspectos, à manutenção da produtividade dos solos que, dentro dos sistemas de produção, sofre modificações nos atributos biológicos, físicos e químicos (CORRÊA, et al., 2010). Atualmente, muito se conhece sobre a resposta das culturas à suplementação hídrica via irrigação (SENTELHAS, 2001), porém, poucos estudos são desenvolvidos no sentido de avaliar a qualidade do solo diante das áreas manejadas com irrigação. Segundo Amaral et al. (2011) em áreas irrigadas, a exploração agrícola é feita de maneira mais intensa, resultando em maior mobilização do solo, contribuindo para um depauperamento acelerado do mesmo (SANTOS & RIBEIRO, 2002). Dependendo do tipo de manejo adotado, os solos podem manter, melhorar ou piorar as suas propriedades químicas, físicas e biológicas, as quais refletem sua capacidade produtiva (SILVA & ARAÚJO, 2005). Portanto, o acompanhamento das alterações nos atributos dos solos em áreas irrigadas, fornecerá informações importantes sobre a qualidade do solo e sua capacidade produtiva, sendo esta modificada pelo uso, subsidiando a implantação de novas áreas e o manejo do solo em campos em atividade agrícola.

O sistema de manejo adotado no cultivo da cana-de-açúcar pode influenciar a microbiota do solo, interferindo diretamente sobre os processos de mineralização e imobilização, principalmente no que tange à quantidade de carbono fixado no solo ou liberado para atmosfera por meio da respiração dos microrganismos. No entanto, informações referentes às implicações da irrigação sobre os processos biológicos que comandam a decomposição e acúmulo da matéria orgânica (MO) em solos de regiões de clima tropical são escassas (MIELNICZUK et al., 2003).

A irrigação normalmente resulta no aumento da adição de biomassa vegetal produzida pelas culturas. Entretanto, por aumentar o conteúdo de água no solo, a irrigação pode intensificar a decomposição microbiana da MOS (DE BONA et al., 2006), embora poucos estudos tenham avaliado esse processo. No entanto, pode-se afirmar que a água é um agente essencial no desempenho das funções metabólicas dos microrganismos do solo (ALEXANDER, 1961; CARDOSO & ANDREOTE, 2016). Logo, os solos irrigados apresentam as condições mais favoráveis para a atividade microbiana, pois estudos realizados por De Bona et al. (2006) afirmam que as taxas de decomposição da MOS são maiores onde há uma maior umidade no solo. Dessa forma, o balanço entre o efeito da irrigação sobre as taxas de adição e perda de carbono nesses solos podem determinar o aumento ou a diminuição da MOS.

Os estudos sobre usos e manejos que visam a manutenção ou recuperação dos estoques de C no solo são muito importantes na contribuição para sustentabilidade da produção e mitigação de problemas ambientais (PORTUGAL, et al 2008). Considerando que os teores de MOS estão correlacionados com a produtividade da cultura e aporte de resíduos, a irrigação pode aumentar os estoques de matéria orgânica no solo e pode, então, ser um eficiente indicador de qualidade do solo, aliada à avaliação de seus compartimentos ou substâncias relacionadas (BAYER et al., 2001).

Assim sendo, a avaliação da qualidade do solo através do comportamento dos atributos químicos e microbiológicos em função da prática de irrigação constitui a base para a identificação de alternativas sustentáveis ajustadas à condição dos solos do Cerrado.

3.5 Matéria orgânica do Solo (MOS)

A matéria orgânica do solo (MOS) está diretamente relacionada com a qualidade do solo (VILELA & MENDONÇA 2013). Segundo Khorramdel et al. (2013) e Costa et al. (2013) a MOS é resultado do processo de decomposição de resíduos vegetais e animais que sofreram decomposição biológica por meio da ação de microrganismos, encontrando-se em uma forma resistente a novos ataques microbianos e por isso acumula-se no solo. De acordo com Silva & Mendonça, (2007), a MOS é composta, principalmente, por carbono orgânico que compreende, em média, 58% da matéria orgânica total. O carbono orgânico é resultado, principalmente, do aporte de biomassa vegetal, constituintes solúveis das plantas, exsudados de raízes e da transformação desses pela ação dos microrganismos do solo. Assim, exerce papel fundamental na qualidade do solo, o que o torna de grande importância para a sustentabilidade de sistemas produtivos.

De forma geral, a MOS é um dos fatores responsáveis pela manutenção da produtividade do solo, sendo responsável por formar a bioestrutura do solo, além de liberar ácidos orgânicos e álcoois durante sua decomposição, que servem como fonte de carbono aos microrganismos e, substâncias intermediárias produzidas na decomposição que podem ser absorvidas pelas plantas (PRIMAVESI, 2002; BOULAL et al., 2011).

Além disso, a MOS pode contribuir para o sequestro de C e mitigação de mudanças climáticas (IZAURRALDE et al., 2006;). Por isso, nos últimos anos o ciclo do carbono tem sido observado em diversos estudos, uma vez que esse elemento desempenha papel chave nos processos que envolvem mudanças climáticas globais (CARVALHO et al., 2010). De acordo com Calonego et al. (2012), mudanças no manejo do solo podem levar à alterações nas emissões de gases para a atmosfera. Assim sendo, sistemas de manejo capazes de manter ou até mesmo incrementar as frações de C orgânico no solo contribuem para a manutenção da capacidade produtiva e para a mitigação do incremento do CO₂ atmosférico (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

A importância da MOS está relacionada à influência que suas frações exercem sobre as diversas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Um aspecto relevante nos estudos da qualidade do solo é a escolha de determinados atributos indicadores que se relacionam com propriedades importantes do solo e que, ainda, são sensíveis às alterações decorrentes das mudanças nos sistemas de manejo, sendo exemplos os teores de carbono orgânico total, de nitrogênio total do solo e outras frações associadas à matéria orgânica do

solo (ROCHA et al. 2016). A MOS consiste em um equilíbrio entre o ciclo do carbono e o ciclo do nitrogênio e é caracterizada como a principal responsável pela retenção de água e nutrientes, pela geração de cargas negativas, além de ser importante para a agregação do solo (ROSCOE & MACHADO, 2002). Entender melhor o que ocorre em ambientes agrícolas e naturais consiste em uma etapa imprescindível para se conhecer a relação que existe entre a matéria orgânica e os processos de erosão, ciclagem de nutrientes e emissão de dióxido de carbono para a atmosfera (CARDOSO et al., 2010; VICENTE et al., 2014).

A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo e o não revolvimento do mesmo proporcionam decomposição gradual e acúmulo do material orgânico no perfil do solo (FRANZLUEBBERS et al., 2007). A associação desse material com a fração mineral do solo favorece o aumento dos estoques de C no solo (SALTON et al., 2008). No entanto, outros fatores ambientais e antrópicos interferem na complexidade do aumento ou redução do estoque de C do solo após a conversão da vegetação nativa do Cerrado em cultivos comerciais (CARVALHO et al., 2014), como por exemplo as condições climáticas, o tipo e a mineralogia do solo, a quantidade e manejo dos resíduos culturais depositados, o manejo da fertilidade (adubação e calagem) e as culturas envolvidas (SANTOS et al., 2009).

A respeito da disponibilidade hídrica no solo, é importante ressaltar que o efeito das mudanças no teor de carbono orgânico na retenção de água do solo depende da proporção dos componentes texturais e da quantidade de carbono orgânico presente no solo. Em solos com baixos teores de carbono, o incremento deste, através dos restos culturais mantidos na superfície do solo, pode promover o aumento da retenção de água no solo, especialmente em solos arenosos. Dessa forma, qualquer aumento de carbono resulta em aumento na retenção de água no solo, independente da textura (RAWLS et al., 2003; KLEIN & KLEIN, 2015).

Portanto, as mudanças nos estoques de carbono pelas práticas de manejo do solo são observadas geralmente em curto prazo, onde são influenciadas pela composição química, pela contribuição de resíduos ao solo e por características de clima e solo, que quando relacionadas ao cultivo podem levar à perda acelerada dos estoques de carbono de origem orgânica (LOSS et al., 2014).

3.6 Matéria Orgânica Particulada

O teor de MOS, expresso pelo conteúdo de carbono orgânico total (COT) e suas frações granulométricas, expressas pelo carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM), são considerados indicadores úteis na avaliação da qualidade edáfica e detecção de impactos ambientais (LOSS et al., 2013; SANTOS et al., 2016). Dessa forma, podem fornecer informações importantes sobre a sustentabilidade ambiental e a qualidade do solo, e possibilitar correções das estratégias de uso e manejo do solo (GAZOLLA et al., 2015; KUNDE et al., 2016; BIELUCZYK, 2017).

O fracionamento granulométrico da MOS é baseado no grau de associação da mesma com a matriz do solo, ou seja, o carbono pode estar livre ou levemente associado às partículas do solo (COP) ou estar fortemente ligado às partículas minerais, formando complexos organominerais (COAM) (CONCEIÇÃO et al., 2005; ASSUNÇÃO, 2016).

O COP ($> 53\mu\text{m}$) é derivado de resíduos de plantas e hifas, que permanecem no solo devido à proteção física nos agregados, sendo por este motivo, uma fração lábil que apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos. Segundo Bayer et al. (2002), Loss et al. (2012) e Rossi et al. (2012), em sistemas onde ocorre o maior aporte de biomassa, ocorre maior acúmulo de carbono nesta fração, sendo assim um indicador mais sensível do que o COT às alterações impostas pelo manejo do solo. Já o COAM ($< 53\mu\text{m}$) está associado às frações silte (2-53 μm) e argila (0-2 μm) e interage com a superfície dos minerais, formando complexos organominerais protegidos pela fração coloidal (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992; LOSS et al., 2011). Esta fração depende da quantidade de material orgânico oriundo da fração particulada (COP) e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000) e, de acordo com Bayer et al. (2004), possui um avançado grau de humificação, no qual, ao contrário do COP, é menos sensível às alterações relacionadas ao manejo do solo, principalmente em curto prazo.

A principal função da MO particulada é ser fonte de energia e nutrientes aos organismos, o que desencadeia os processos de formação e estabilização dos agregados, transformações bioquímicas dos elementos e aumento de cargas no solo (BALDOCK & SKJEMSTAD, 2000; SIX et al., 2002). A entrada e a maior concentração de MO particulada ocorrem, principalmente, nos primeiros centímetros abaixo da superfície do solo, sendo diretamente influenciadas pela serapilheira e raízes (DUXBURY et al., 1989). Dessa forma, o preparo do solo, a quantidade e qualidade dos resíduos culturais, a relação

raiz/parte aérea e a frequência e duração dos cultivos interferem na dinâmica e no estoque de MO particulada (SANTOS et al., 2011), e, portanto, nas propriedades do solo que conferem qualidade.

A disposição temporal das espécies, a utilização de culturas para cobertura e com elevada produção de fitomassa, tanto pela parte aérea como pelo sistema radicular também podem interferir diretamente os estoques de C nas diferentes frações da MO (DIEKOW et al., 2005; WINCK et al., 2014), o que tem potencial para modificar significativamente a qualidade do solo.

Portanto, compreender como se dá a distribuição da MO nas frações do solo permite desenvolver práticas agrícolas menos impactantes (VIEIRA et al., 2015) e mais adequadas ao manejo da cultura de cana-de-açúcar, influenciando positivamente em seu crescimento, desenvolvimento e nutrição.

3.7 Carbono da Biomassa Microbiana

A microbiota do solo é uma parte importante dos ciclos biogeoquímicos e possui um papel-chave no desenvolvimento e manutenção da estrutura e qualidade do solo (ALLEN & SCHLESINGER, 2004; MAZZETO et al., 2016). A biomassa microbiana é a principal fração constituinte da matéria orgânica viva do solo e atua diretamente em processos biológicos, na mineralização e imobilização dos nutrientes (MENDONÇA, 2007; FREIBERGER, 2016). Além disso, representa reserva lábil de carbono, tornando os nutrientes disponíveis para as plantas por meio da decomposição da matéria orgânica (MOREIRA & MALAVOLTA, 2004; PEREZ et al., 2005; VICENTE, 2010). Dessa forma, demonstra grande importância nos ciclos do nitrogênio, fósforo, enxofre e, principalmente do carbono, pois se destaca como compartimento central do C no solo (MERCANTE et al., 2008), funcionando como reserva ou dreno, de acordo com a composição dos resíduos orgânicos e das condições edafoclimáticas do ecossistema (MERCANTE et al., 2008). Assim, os solos que mantêm alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes e C (GREGORICH et al., 1994).

A biomassa microbiana contém, em média, de 2 a 5% do carbono do solo (JENKINSON & LADD, 1981) e constitui a fração mais ativa na dinâmica da MOS.

Apesar de representar pequena fração do carbono orgânico do solo, é considerada um indicador mais sensível de mudanças nos teores de MOS do que o teor de carbono orgânico total (COT) (SPARLING, 1992), e é facilmente alterada por fatores bióticos e abióticos (POWLSON et al., 1987). Segundo Matsuoka et al. (2003), alterações na comunidade microbiana e na sua atividade interferem diretamente nos processos biológicos e bioquímicos do solo, na produtividade agrícola e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas, atuando como indicador de degradação dos solos. Devido a esse motivo, a demanda por indicadores rápidos e confiáveis para detectar alterações na qualidade do solo vem crescendo continuamente, principalmente por aqueles com base na dinâmica dos microrganismos (ANDERSON, 2003; ANANYEVA et al., 2008).

É relevante destacar que, a comunidade microbiana nos solos é influenciada pelo ambiente. Portanto, modificações ambientais como variações no regime hídrico, na temperatura, na estrutura e manejo do solo, bem como no teor e qualidade do resíduo vegetal aportado, ao longo das estações do ano podem influenciar as populações da comunidade microbiana (CASTRO et al., 2008). Assim, um solo com alto teor de matéria orgânica, tende a aumentar a população microbiana, devido à riqueza de nichos ecológicos e pela heterogeneidade das fontes de carbono (TOLEDO et al., 2009).

De acordo com Tavares et al. (2015), a manutenção de palhada sobre o solo estimula a atividade microbiana e aumenta o fluxo de CO₂ do solo, principalmente pela manutenção da sua umidade. Esses autores consideram que a umidade do solo entre 60 a 80% promove condições ideais para a atividade microbiana. A perturbação do solo provoca perturbação da comunidade microbiana não só pela quebra de agregados, mas também pela perda de água a partir do solo (LENKA & LAL, 2013). Isso ocorre porque todos os microrganismos vivos são dependentes da água, de modo que a maior parte da sua massa é constituída por água e todas as suas atividades são desenvolvidas em meio aquoso (TSAI, et al., 1992). Por isso, vários trabalhos já demonstraram maior emissão de CO₂ em período mais chuvoso do ano (KOSUGI et al., 2007; SONG et al., 2013), o que pode estar relacionado com a maior atividade dos microrganismos estimulada pela umidade do solo e/ou pela atividade das raízes que estão no período de crescimento.

Durante a decomposição dos resíduos vegetais, parte do C presente no substrato orgânico é liberada para a atmosfera, como o CO₂ no processo respiratório, para gerar energia para os microrganismos (TAVARES et al., 2015) e o restante passa a fazer parte da

MOS (BAYER et al., 1997). Devido a isso, o C da biomassa microbiana (CBM) e o fluxo de CO₂ do solo são os atributos mais utilizados em estudos sobre os indicadores biológicos (KASCHUK et al., 2009). A respiração do solo indica o grau de atividade da biomassa microbiana e das raízes. Altos valores de respiração podem representar, em curto prazo, liberação de nutrientes no solo, que, em longo prazo, podem representar perda de C orgânico para a atmosfera (TAVARES et al., 2015; VERONEZI, 2016). Dessa forma, é papel dos microrganismos equilibrar a transferência de carbono entre a atmosfera e o solo, pois se por um lado há o sequestro de carbono por meio da matéria orgânica que é decomposta, por outro há a liberação pela respiração (THAKUR et al., 2015).

Portanto, fatores que modifiquem a quantidade de biomassa microbiana podem interferir na dinâmica do carbono no solo. É essa biomassa que, associada aos processos ecológicos (ciclagem de nutrientes, simbiose com a rizosfera e decomposição), influencia diretamente em diversos processos ecossistêmicos inerentes aos ciclos biogeoquímicos e à fertilidade do solo (THAKUR et al., 2015; ZHOU & WANG, 2015).

3.8 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos eucarióticos pertencentes ao filo *Glomeromycota*, caracterizados como biotróficos obrigatórios por dependerem de um hospedeiro para obter carboidratos, sendo, portanto não cultiváveis na ausência da planta (JOHANSSON et al., 2004; ANDRADE, 2013).

Os FMA são extremamente importantes no sistema solo-planta, uma vez que esses fungos interagem intimamente com uma grande diversidade de plantas. Esses organismos formam simbiose mutualística a qual é considerada uma das associações mais remotas de microrganismos com plantas o que resulta em sua ampla ocorrência e diversidade, podendo ocorrer em mais de 80% das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SMITH & READ, 2010; MOREIRA, 2014).

A micorriza arbuscular é considerada como uma associação mutualística nutricional, onde ambos os organismos se beneficiam dessa associação, na qual a planta supre o fungo com energia suficiente para crescimento e reprodução via fotossíntese, e o fungo provê à planta com uma gama de funções, baseadas principalmente com o aumento da área radicular, auxiliando a planta na obtenção de água e nutrientes, principalmente o fósforo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Esta interação aumenta e otimiza a ciclagem de

nutrientes no solo, contribuindo assim para aumento dos estoques de carbono e biomassa microbiana nos solos (MASCHNER, et al., 2001), auxiliando na formação e estabilidade de agregados do solo pela ação física do micélio e pela ação de uma glicoproteína denominada glomalina (RILLIG & MUMMEY, 2006; ANDRADE, 2013) possibilitando maior retenção de água no solo e fornecimento para a planta.

Os FMA em associação com as raízes do hospedeiro proporcionam maior capacidade de exploração da água e nutrientes no solo, se comparados as plantas não micorrizadas; isso é atribuído ao desenvolvimento extra-radicular do micélio (COLOZZI-FILHO & NOGUEIRA, 2007), aumentando dessa forma, a extensão do solo explorado. Plantas micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, maior atividade enzimática e de produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos). No entanto, um dos efeitos mais importantes dos FMA para as plantas depois dos benefícios nutricionais é o favorecimento da relação água-planta, aumento da tolerância das plantas à seca, o que é geralmente atribuído à melhoria de seu estado nutricional e ao maior volume de solo explorado. (MIRANDA et al., 2008; SMITH & READ, 2010).

Alguns autores ainda sugerem que as micorrizas podem ser benéficas ao crescimento das plantas mesmo quando cultivadas sob déficit hídrico (ZHU et al., 2012). O incremento do crescimento e da produção pela associação entre FMA e as plantas sob déficit hídrico também relacionam-se com as modulações bioquímicas (MIRANSARI, 2010) e pela modificação nas relações hídricas nas plantas. A resistência a déficit hídrico em diversas culturas por associação micorrízica pode ocorrer por diversos mecanismos, como por exemplo: a absorção intensiva de água e nutrientes através de hifas externas (RUIZ-LOZANO, 2003; COSCOLIN, 2016).

Nas condições de Cerrado, devido à baixa fertilidade natural do solo e a presença de períodos de estiagem, a associação simbiótica pode aumentar a tolerância da planta a esses estresses. Os baixos teores de nutrientes nos solos de Cerrado também colaboram para o estímulo da colonização micorrízica (MOURA, 2015). Portanto, a habilidade de associações específicas entre fungos e plantas para tolerar a seca é de grande interesse em áreas afetadas pelo déficit de água. Há registros de que a infecção por fungos micorrízicos arbusculares aumenta a absorção de nutrientes em plantas sob estresse hídrico e permite

que elas utilizem a água de forma mais eficiente (NICHOLLS & ALTIERI, 2012; KLEIN & KLEIN 2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área experimental

O experimento foi implantado em abril de 2010 no campo experimental da EMBRAPA Cerrados, Planaltina-DF, cujas coordenadas são 15°39'84'' (latitude Sul) e 47°44'41'' (longitude Oeste). A altitude da área é de aproximadamente 1014 m com temperatura e pluviosidade média anual de 21,3 °C e 1.460 mm, respectivamente.

A região encontra-se no bioma Cerrado e o clima é classificado como tropical estacional (Aw), segundo a classificação de Köppen (BRASIL, 1972), com duas estações bem definidas: seca e chuvosa. No inverno ocorre déficit hídrico com baixas temperaturas e o verão é quente e úmido, podendo ocorrer períodos de estiagem (veranicos) durante a estação chuvosa (**Figura 1**).

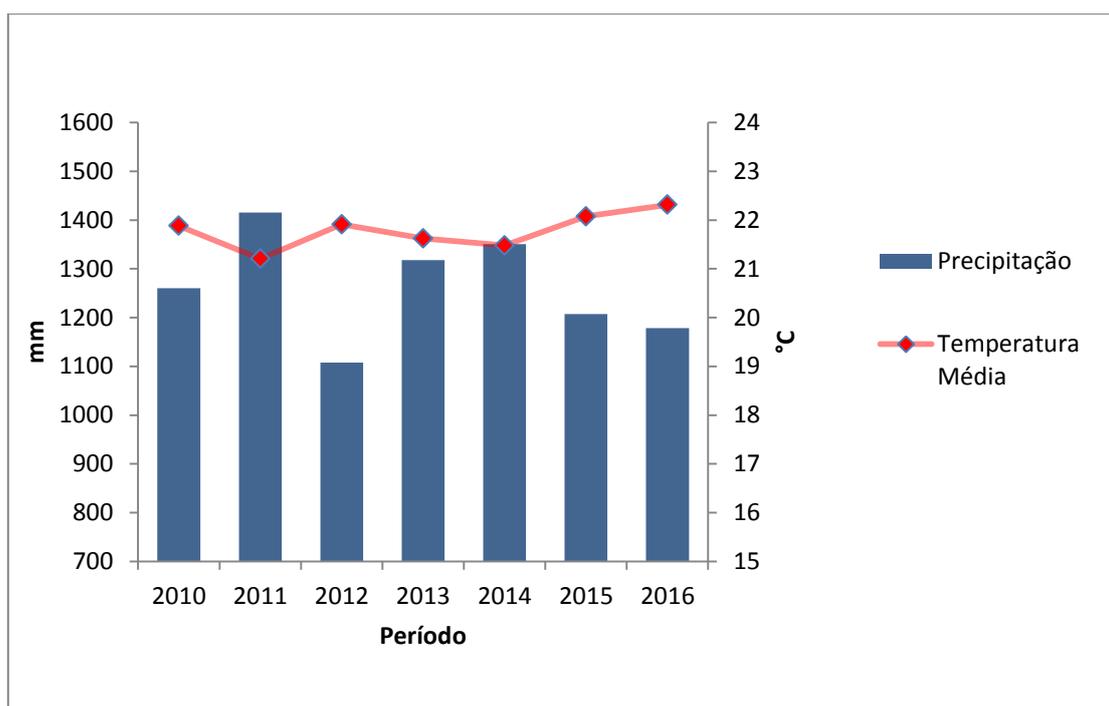


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média (°C) anual da Área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF. Os dados são referentes ao período de 2010 a 2016. Dados coletados na Estação Meteorológica da Embrapa Cerrados (2016).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, fase Cerrado, relevo plano (Santos et al., 2013) e sua caracterização química da área do experimento está apresentada na **Tabela 1**.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental da cana-de-açúcar na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, realizada em 2013.

Profundidade	pH	Al	P	K	Ca	Mg	H+Al	MO
cm	H ₂ O	cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%
0-20	5,08	0,39	0,22	8,00	0,56	0,26	3,70	0,87
20-40	5,20	0,04	0,50	16,00	1,19	0,68	3,46	1,15
40-60	5,16	0,13	0,76	32,00	0,96	0,52	3,30	1,30
60-80	5,13	0,19	0,83	22,00	1,08	0,44	3,18	1,30
80-100	5,10	0,24	0,81	30,00	0,99	0,53	3,60	1,30

Foi realizada na área uma adubação corretiva (a lançar e incorporada) de 500 Kg ha⁻¹ de gesso e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-10 (pó) como fonte de micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe, Mn e Mo com 7,0, 2,5, 1,0, 4,0, 4,0 e 0,1% respectivamente) e, em seguida, a adubação de plantio, na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 04-30-16. O plantio da cana-de-açúcar foi realizado de forma manual, em sistema de Plantio Direto, em 18 de junho de 2010, utilizando-se as duas variedades RB928064 e RB92579.

A adubação de cobertura foi aplicada de forma manual e após o primeiro corte das plantas, foi realizada em dois períodos, no início de maio na dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-20) e em novembro de 2011 na dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-24), repetindo-se esta mesma adubação nos anos posteriores. Esta adubação foi feita anualmente até o quinto corte (Abril/2014). No ano de 2015 foram feitas duas aplicações de 180 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de Cloreto de Potássio, 120 kg ha⁻¹ de N na fonte de Sulfato de Amônio e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na fonte Super Triplo. No ano de 2016, foi realizada uma aplicação de 75 kg Cloreto de Potássio; 150 kg ha⁻¹ de Sulfato de Amônio; 36,5 kg ha⁻¹ de Super Triplo; 12,5 kg ha⁻¹ de F.T. E. BR 10 e 1 ton ha⁻¹ de gesso.

Em maio de 2011 foi realizado o primeiro corte da cana-planta e após a nova brotação do canavial foi feito o segundo corte da cana-soca em abril de 2012; o terceiro corte foi realizado em maio de 2013, o quarto corte em abril de 2014, o quinto corte em abril de 2015 e o sexto corte em abril de 2016.

O manejo da irrigação foi realizado com base na metodologia Penman-Monteith (MONTEITH, 1965), recomendado pela FAO (SMITH, 1991) para o cálculo da evapotranspiração da cultura. Na área experimental, a irrigação foi realizada conforme o

sistema adaptado do *Line Source Sprinkler System*, descrito por Hanks et al. (1976) (**Figura 2**), em que a lâmina de água aplicada na cultura descrese do centro para as extremidades da área constituindo quatro regimes hídricos. Para cada lateral da barra irrigadora foram delimitadas 4 parcelas com 3,2 metros de largura e 1 metro de distância entre parcelas, representando os regimes hídricos. As lâminas acumuladas das irrigações uniformes e variáveis foram de 100%, 75%, 33% e 7%, da reposição da evapotranspiração da cultura, para os quatro regimes em estudo.



Figura 2. Sistema adaptado do *Line Source Sprinkler System* na área experimental cultivada com cana-de-açúcar na Embrapa Cerrados.

Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas e três repetições. As parcelas foram compostas pelas variedades RB928064 e RB92579, e as subparcelas foram compostas por quatro regimes hídricos (lâminas de 100%, 75%, 33% e 7%, da reposição da evapotranspiração da cultura).

Após cada coleta dos colmos da cana-de-açúcar, os resíduos vegetais foram mantidos na superfície do solo e triturados com triton. Esse procedimento foi realizado em todos os anos de coleta da cana-de-açúcar.

Em setembro de 2016 realizou-se a coleta de solo na camada de 0-10 cm, para a determinação do carbono orgânico total (COT), carbono das frações granulométricas (carbono particulado (COP) e carbono associado aos minerais (COAM)), carbono da biomassa microbiana (CBM), quociente microbiano (qMIC) e densidade de esporos. Nessa mesma camada do solo, foram coletadas raízes para a avaliação da taxa de colonização micorrízica. Para as amostras de solo e raízes, foram coletadas três subamostras por parcela. As amostras destinadas à análise de CBM foram acondicionadas em sacos

plásticos e acomodadas em caixa de isopor durante o transporte até o laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade de Brasília, onde foram preservadas em câmara fria a 4°C. As amostras destinadas às análises de COT, COP e COAM também foram acomodadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório e em seguida foram secas ao ar para a realização das análises. As raízes das plantas foram coletadas no mesmo ponto das análises de solo e levadas ao laboratório para lavagem e condicionamento em álcool 50% até o momento das análises.

4.2 Variáveis analisadas

4.2.1 Produção de palhada

Em cada parcela experimental, foram coletados os resíduos vegetais produzidos pelas cultivares de cana-de-açúcar. Nas entrelinhas das parcelas, foram colocados retângulos com as dimensões de 38cm x 58cm. Os resíduos vegetais foram secos a 65°C até os pesos constantes e calculados para ton matéria seca ha⁻¹.

4.2.2 Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado conforme Walkley & Black (1934), cujo princípio é a oxidação a quente com dicromato de potássio e titulação do dicromato remanescente com sulfato ferroso amoniacal.

4.2.3 Carbono da biomassa microbiana

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi avaliado pelo método da fumigação-extração (VANCE et al., 1987), que consiste na extração do CBM, após a aplicação de clorofórmio às amostras, o que provoca morte dos microrganismos e liberação dos componentes celulares.

Cada amostra composta de solo originou 6 subamostras de 20 g que tiveram sua umidade ajustada para 80 % da capacidade de campo e foram incubadas à temperatura ambiente, por sete dias, sendo metade das subamostras acondicionada em frascos fechados de 500 mL e a outra metade em frascos de 100 ml . Estas últimas foram submetidas a um

processo de fumigação com clorofórmio (CHCl_3) no sexto dia de incubação, utilizando-se um dessecador em que se colocou uma placa de Petri contendo 30 mL de clorofórmio e após ser fechado, foi mantido sob vácuo. No sétimo dia todas as amostras, fumigadas e não fumigadas, foram transferidas para frascos de vidro de 500 ml; acrescentaram-se 70 ml de uma solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ com o pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8. As amostras foram agitadas a 150 rpm por 40 minutos e após a decantação do material filtrou-se o sobrenadante e obteve-se o extrato de cada um dos tratamentos, em triplicata. Com o extrato filtrado adicionaram-se 2 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ e 15 mL de uma mistura 2:1 (v/v) de H_2SO_4 / H_3PO_4 em erlenmeyers de 150mL. Esta solução foi colocada em um bloco digestor por 30 minutos a 100°C , resfriada e diluída com 25mL de água destilada. O dicromato residual foi medido por titulação com uma solução de sulfato ferroso amoniacal [$(\text{NH}_4)_2 \text{Fe}(\text{SO}_4) 6\text{H}_2\text{O}$] em H_2SO_4 concentrado na presença de um indicador de ferroína. Determinou-se o carbono pela redução do dicromato de potássio dos extratos filtrados. O carbono extraído pelas amostras fumigadas e não fumigadas foi calculado pela sua diferença com o branco, assumindo-se que 1 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a 0,4N, equivalente a $1200 \mu\text{g}$ de carbono. O carbono da biomassa microbiana foi determinado através da diferença entre carbono extraído das amostras fumigadas e das amostras não fumigadas. A fórmula para o cálculo do carbono da biomassa microbiana foi: $B = (\text{CF} - \text{CNF})/\text{KEC}$, onde CF e CNF, representam o carbono extraído das subamostras fumigadas e não fumigadas respectivamente e KEC (0,38) representa a proporção total do carbono microbiano extraído após fumigação (WARDLE, 1994).

4.2.4 Quociente Microbiano

O quociente microbiano (qMIC), que representa a qualidade da matéria orgânica do solo foi obtido pela relação entre CBM e COT (ANDERSON & DOMSCH, 1993).

4.2.5 Carbono das frações granulométricas

O fracionamento físico granulométrico do carbono orgânico foi realizado conforme os procedimentos descritos por Cambardella e Elliott (1992). Para isto, as amostras secas foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm. Conforme a metodologia descrita por esses autores, foram usados 50 g de solo seco e 175 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}

¹), com agitação da suspensão por 15 horas em agitador horizontal (130 rotações por minuto). Após esse processo, a suspensão foi lavada com jato de água em peneira de 53 µm. O material retido na peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COP) associado à fração areia, foi seco em estufa a 45°C e, posteriormente, moído para ser quantificado conforme descrito para o COT. O material que passou pela peneira de 53 µm, que consiste no carbono associado aos minerais (COAM) das frações silte e argila, foi obtido pela diferença entre o COT e COP.

4.2.6 Taxa de colonização micorrízica

Para a avaliação da taxa de colonização micorrízica, foram coletadas amostras de um grama de raízes finas e armazenadas em álcool 50%, para cada tratamento utilizou-se três repetições. Antes do processo de avaliação da colonização micorrízica foi realizado o clareamento das raízes e coloração de estruturas fúngicas, conforme Phillips & Hayman (1970). O clareamento foi feito pelo aquecimento das raízes em solução de KOH a 10% à temperatura de 60° C em banho maria durante 30 minutos. Após serem clareadas, foram lavadas com água até eliminar os resíduos da solução para seguir a etapa de coloração. O processo de coloração foi realizado mediante a imersão das raízes em uma solução de azul de tripan a 0,05% em lacto-glicerol (1:1:1 ácido láctico glacial, glicerol e água) e aquecida à temperatura de 60° C em banho-maria durante 20 minutos. Posteriormente, as amostras foram lavadas com água destilada para retirar o excesso da solução e armazenadas em frascos contendo glicerol a 50% para posterior avaliação da taxa de colonização micorrízica.

A taxa de colonização micorrízica das raízes foi avaliada pelo método da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE, 1980), por meio da avaliação de segmentos de raízes contendo estruturas fúngicas, com o auxílio de microscópio estereoscópico (Lupa). Os segmentos das raízes foram espalhados na placa de Petri que possui no fundo linhas quadriculadas de 1 cm fazendo-se a observação da presença e ausência de colonização nas linhas verticais e horizontais, exatamente no ponto onde as raízes cruzam as linhas.

O cálculo da taxa de colonização foi feito pela relação entre o número de pontos de raízes colonizadas e o total de pontos observados.

4.2.7 Densidade de esporos

A avaliação da densidade de esporos dos FMA foi realizada pelo método do peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON 1963), onde 50 mL de solo diluídos em água foram submetidas a uma quebra física dos agregados do solo em liquidificador e em seguida decantação das partículas sólidas. Posteriormente foram submetidas em duas peneiras de 1 e 0,045 mm. O material retido na peneira de menor tamanho foi transferido para tubos falcom com adição de água e centrifugados por 3000 rpm por 3 minutos. O sobrenadante foi descartado e acrescentada uma solução de sacarose (60%) com posterior centrifugação a 2000 rpm por 2 minutos. Após este procedimento, o sobrenadante obtido foi lavado com água destilada para a retirada do excesso de sacarose, dando origem a suspensões contendo os esporos dos FMA. Tais suspensões foram colocadas em placas caneladas, a fim realizar a contagem dos esporos com o auxílio de um microscópio estereoscópio.

4.3 Análise estatística

A avaliação do efeito dos regimes hídricos nas variedades de cana-de-açúcar sobre os atributos químicos e biológicos e produção de palhada foi submetida a uma análise de variância (ANOVA) utilizando-se o software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2010). Para as variáveis em que foi observado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de 5% de probabilidade. Os dados dos esporos recuperados foram transformados em $\log(x + 0,5)^{0,5}$ e de colonização radicular em $\arcsen(x / 100)^{0,5}$ para estas análises.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produção de palhada pela Cana-de-açúcar

Houve efeito significativo (Tukey, $p \leq 0,05$) das variedades de cana-de-açúcar na produção de palhada, a RB92579, que é adaptada ao estresse hídrico, produziu 11,65 ton ha⁻¹ (**Figura 3**) de resíduos vegetais na superfície do solo e a RB928064 produziu 9,58 ton ha⁻¹. Entre as lâminas de água não houve diferença significativa (Tukey, $p \leq 0,05$) e os valores estiveram entre 9,37 e 11,39 ton ha⁻¹. O fato de não haver diferença significativa entre as lâminas de água pode estar relacionado à maior mineralização dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar nos regimes hídricos com maior disponibilidade de água. Deve-se levar em consideração que a coleta foi realizada durante o período seco do sexto corte da cultura.

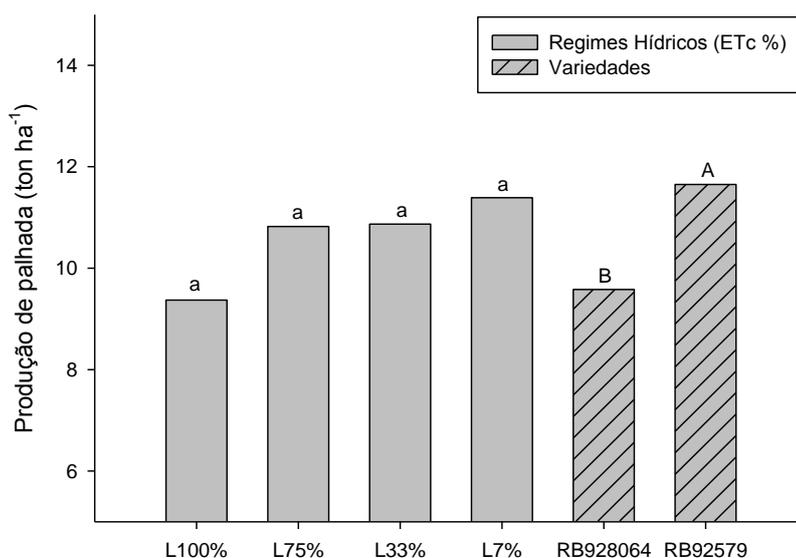


Figura 3. Produção de palhada em ton ha⁻¹ de duas variedades de cana-de-açúcar em quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as cultivares de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

5.2 Carbono orgânico total

O COT apresentou diferenças significativas (Tukey, $p \leq 0,05$) entre as lâminas de irrigação e entre as duas variedades analisadas de cana-de-açúcar e os valores foram entre 19,78 g kg⁻¹ e 27,70 g kg⁻¹ (Tabela 2). Em relação às lâminas de irrigação, houve uma diminuição do COT à medida que diminuiu a disponibilidade hídrica. No solo sob a variedade RB92579, os valores de COT obtidos para as lâminas L100%, L75%, L33%, e L7% foram 27,70 g kg⁻¹, 23,23 g kg⁻¹, 24,12 g kg⁻¹ e 20,80 g kg⁻¹, respectivamente. Na variedade RB928064 os teores de COT não apresentaram diferença estatística. A comparação entre as variedades de cana-de-açúcar em cada lâmina, mostrou diferenças significativas somente nos regimes hídricos L100% e L33%, onde os maiores valores foram obtidos na variedade RB92579.

Tabela 2. Carbono orgânico total (COT), em g kg⁻¹ em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas variedades de cana-de-açúcar.

Regime hídrico (% da Etc)	Cultivares	
	RB92579	RB928064
L100%	27.70 aA	23.03 bA
L75%	23.23 aB	23.03 aA
L33%	24.12 aAB	19.78 bA
L7%	20.80 aB	20.29 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas que comparam os regimes hídricos e minúsculas que comparam as variedades, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% (CV variedade=9,97% e CV lâmina=6,86%). ETc: Evapotranspiração da cultura.

A cultivar RB92579 apresentou maior valor de COT na L100% (27,70 g kg⁻¹) que a RB928064 (23,03 g kg⁻¹) e na L33%, apresentando valores de 24,12 g kg⁻¹ e 19,78g kg⁻¹ respectivamente, indicando que a maior produção de massa verde, decorrente da lâmina de irrigação aplicada e da tolerância da cultivar ao estresse hídrico, tende a aumentar o conteúdo de COT. Com um maior fornecimento de água, a absorção de nutrientes é favorecida e, dessa forma ocorre maior produção de massa verde, tanto da parte aérea, quanto no sistema radicular (LOSS et al, 2013). Conseqüentemente, por meio da rizo-deposição e morte das raízes, podem ocorrer aumento dos teores de COT, além da decomposição dos resíduos vegetais mantidos na superfície do solo.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com Deneff et al. (2008) onde os autores avaliaram diferentes sistemas de manejo com e sem irrigação e constataram aumentos do COT, oriundo da maior deposição de resíduos vegetais nas áreas manejadas com irrigação. Resultados semelhantes também foram obtidos por Rocha et al. (2016) que avaliaram os teores de COT em cafeeiros irrigados e em sequeiro em um Latossolo no Cerrado; os autores obtiveram valores de 25,58 g kg⁻¹ de COT no solo cultivado com café sob sequeiro e 29,32 g kg⁻¹ irrigado, correspondendo a um aumento de 15% ocorrido em função da ação da irrigação.

A intensidade do déficit hídrico e os sistemas de manejo adotados podem alterar as quantidades totais e as localizações dos estoques de COT do solo (DE BONA et al., 2006). Como os sistemas de produção determinam o potencial de aporte anual de biomassa ao solo (BAYER et al., 2000), é possível que a utilização de diferentes cultivares da mesma cultura promovam a ocorrência de diferentes aportes de matéria orgânica ao solo, bem como também diferentes taxas de decomposição. Dessa forma, em lavouras de cana-de-açúcar em que o solo permanece sem revolvimento, a matéria orgânica tende a ser mais preservada, fato que, associado às diferentes disponibilidades hídricas, pode justificar os diferentes teores de COT encontrados. Embora não se tenha diversidade de composição química dos resíduos vegetais a serem decompostos, a cana-de-açúcar, por ser uma gramínea, é capaz de manter ou aumentar os teores de carbono. Isso porque possuem crescimento rápido, que agrega as partículas do solo, mantendo a porosidade e, conseqüentemente, a qualidade física do solo, além de dispor da capacidade em sequestrar maior quantidade de C atmosférico (VIEIRA et al., 2015).

Ademais, os resultados mostram que no manejo da irrigação onde há 100% da reposição da evapotranspiração da cultura (L100%), indicando que práticas que favorecem a cobertura do solo e incorporação de resíduos orgânicos podem garantir a produção agrícola com reduzido impacto no balanço de carbono do solo (KHORRAMDEL et al., 2013). Em contrapartida pode-se verificar uma distribuição do COT inversamente proporcional em relação às lâminas de irrigação L75% e L33% na cultivar RB92579, em que a L75% apresentou um valor de COT menor (23,23 g kg⁻¹) em relação a L33% (24,12 g kg⁻¹) em valor absoluto, porém iguais estatisticamente. Tal fato pode ser atribuído a um provável aumento nas taxas de decomposição da MOS, como consequência de um aumento da atividade microbiana, em resposta a uma maior quantidade de água disponível no solo na L75% em relação a L33% , corroborando com os resultados encontrados por De

Bona et al. (2006), em cultivos de milho e soja irrigados e não irrigados, no qual o tratamento não irrigado apresentou um teor de COT maior do que o irrigado, apesar do maior aporte de resíduos vegetais.

5.3 Carbono das frações granulométricas da MOS

Com relação ao COP, os teores diferiram (Tukey, $p \leq 0,05$) entre as variedades, porém na variedade RB92579 os regimes hídricos não diferiram estatisticamente, apesar de se perceber um decréscimo de acordo com a disponibilidade de água, sendo, portanto de 2,67 g kg⁻¹, 1,87 g kg⁻¹, 2,11 g kg⁻¹, 1,93 g kg⁻¹ na L100%, L75%, L33% e L7% respectivamente. Já na variedade RB928064 os teores para as lâminas de irrigação L100%, L75%, L33% e L7% foram de 2,33 g kg⁻¹, 3,10 g kg⁻¹, 1,62 g kg⁻¹, 2,60 g kg⁻¹ respectivamente (**Tabela 3**).

Tabela 3. Carbono orgânico particulado (COP), em g kg⁻¹, em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas variedades de cana-de-açúcar.

Regime hídrico (% da Etc)	Cultivares	
	RB92579	RB928064
L100%	2.67 aA	2.33 aAB
L75%	1.87 bA	3.10 aA
L33%	2.11 aA	1.62 aB
L7%	1.93 bA	2.60 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas que comparam os regimes hídricos e minúsculas que comparam as variedades, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% (CV variedade = 17,70% e CV lâmina = 15,67%). ETC: Evapotranspiração da cultura.

Entre as variedades, a RB928064 apresentou maiores valores de COP nas lâminas L75% (3,10 g kg⁻¹) e L7% (2,60 g kg⁻¹) em relação à RB92579, com valores de 1,87 g kg⁻¹ e 1,93 g kg⁻¹ respectivamente na L75% e L7%, mostrando que, apesar dessa cultura ter produzido maior quantidade de resíduos vegetais, estes não promoveram maior fração do COP. Talvez, essas variedades possuam diferentes arquiteturas radiculares, o que exsudem quantidades diferentes de compostos que podem ter afetado a fração particulada. O comportamento do COP nessas variedades também indica que pode ter ocorrido uma queda nas taxas de decomposição da matéria orgânica, devido à qualidade dos resíduos

vegetais inerentes à variedade RB928064, o que poderia justificar os maiores valores de COP nessa variedade. Porém, esses teores apresentaram uma controvérsia em relação aos resultados encontrados por Kunde et al. (2016) que verificaram que os menores teores de COP, em área cultivada com cana-de-açúcar, foram encontrados onde havia menor aporte de biomassa vegetal. Para Rosseti et al. (2014), o aporte constante de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, aliado à não perturbação do sistema, contribui para os maiores valores de COP.

Na variedade RB928064, a lâmina que apresentou o maior teor de COP foi a L75% (3,10 g kg⁻¹), indicando que a umidade favoreceu a concentração de carbono nas frações de partículas de areia do solo. Esse resultado se deve provavelmente à maior densidade longitudinal das raízes, por consequência de uma maior disponibilidade hídrica, resultando em um melhor desenvolvimento da planta, evidenciando que a variação dos teores de COP depende da adição de resíduos vegetais, ou seja, sistemas de uso do solo que propiciem a adição desses resíduos na superfície do solo influenciam a manutenção dos valores de COP (LOSS et al., 2012; BEZERRA et al., 2013).

Os teores de COP nessa variedade, indicam que esse atributo teve um comportamento sensível para as diferentes lâminas, corroborando com resultados encontrados por Fernández et al. (2016) onde o COP foi significativamente maior em cultivo de cana irrigada em relação à não irrigada. Essas diferenças também foram observadas em outros estudos que avaliaram as frações granulométricas da MOS em cultivos irrigados e não irrigados (TROST et al., 2014). No entanto, de forma geral, a sensibilidade apresentada pela fração particulada da MOS, nesses resultados, demonstra que esse compartimento pode ser usado como um indicador da qualidade do solo para a avaliação de sistemas de manejo recentes, nos quais as alterações no conteúdo de COP do solo ainda não tenham sido de grande magnitude.

Quanto aos teores de COAM, houve efeito (Tukey, $p \leq 0,05$) somente das lâminas de irrigação, nas quais pôde-se observar um decréscimo à medida que diminuiu a quantidade de água aplicada (**Figura 4**). Entre as cultivares estudadas não houve diferença significativa, pois o COAM é, normalmente, pouco alterado pelas diferentes formas de manejo estudadas, principalmente em curto prazo (BAYER et al., 2004). Dessa forma a lâmina que apresentou o maior teor de COAM foi a L100% com 22,86 g kg⁻¹ e esta diferiu das outras lâminas. Em geral, os valores de COAM foram maiores que os COP, como

observado em outros trabalhos (KUNDE et al., 2016; FACCIN et al., 2017).

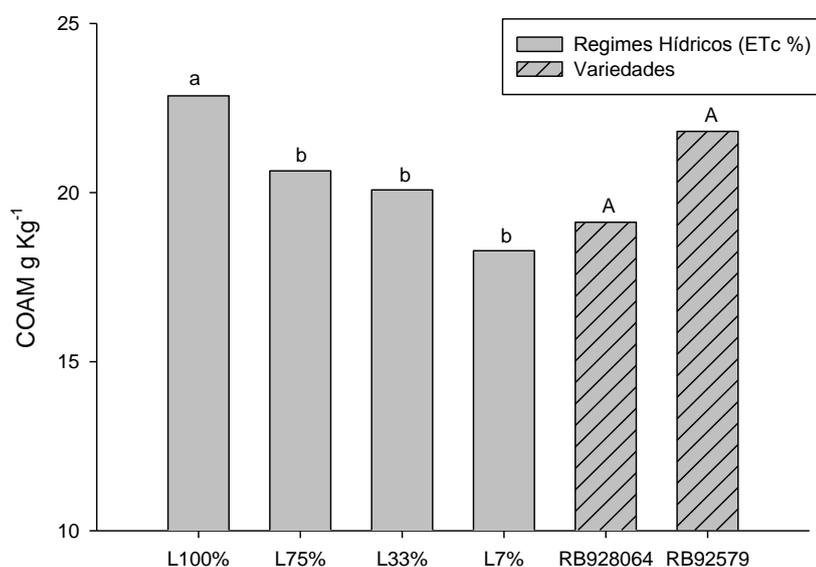


Figura 4. Carbono orgânico associado aos minerais (COAM), em g kg⁻¹, em Latossolo Vermelho distrófico típico, cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as cultivares de cana-de-açúcar, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

No entanto, os estoques desta fração podem aumentar em condições climáticas mais favoráveis à decomposição da MOS (SILVA & MENDONÇA, 2007), como observado na L100%, onde há uma maior disponibilidade hídrica. Segundo Figueiredo et al. (2013), há uma correlação negativa entre COP e COAM, indicando que os processos de formação dessas frações são opostos, ou seja, para que se tenham maiores teores de COAM no solo é necessário que ocorra maior decomposição dos teores de COP para posterior associação com os minerais do solo nos tamanhos de silte e argila.

Além disso, esses resultados indicam que em ambientes mais secos há menor acúmulo de C no solo, uma vez que isso depende também da decomposição dos resíduos vegetais provenientes das culturas. Dessa forma, a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais, associada à deposição da palhada da cana-de-açúcar e a manutenção da umidade e temperatura do solo, favoreceu a interação do material particulado com os argilominerais.

5.4 Carbono da Biomassa Microbiana e Quociente microbiano

Houve diferença significativa (Tukey, $p \leq 0,05$) no CBM para as diferentes lâminas de irrigação e as variedades. Na variedade RB92579, os teores de CBM seguiram a seguinte ordem: 260,99 mg kg⁻¹, 285,31 mg kg⁻¹, 153,83 mg kg⁻¹ e 180,88 mg kg⁻¹, para as lâminas L100%, L75%, L33% e L7% respectivamente, apresentando os maiores valores nas duas primeiras lâminas com maior disponibilidade hídrica (L100% e L75%), e os menores teores nas duas últimas lâminas (L33% e L7%) (**Tabela 4**), indicando que solos com maior teor de umidade favoreceram a reserva de carbono na biomassa microbiana. Esses resultados corroboram com Rocha et al. (2015), em que a irrigação possibilitou maior teor de CBM em um Latossolo de Cerrado cultivado com café comparado ao regime de sequeiro. Esses dados indicam que os microrganismos do solo sob condições de estresse, provocam uma redução nos teores de CBM, conseqüentemente acompanhada de maior atividade daqueles que sobreviveram à condição adversa, já que a competição por recursos hídricos é atenuada (RAMOS et al., 2010).

Os resíduos vegetais acumulados no solo advindos das plantas servem de substrato para a microbiota do solo (ENSINAS et al., 2016). Segundo Almeida et al. (2011), a proteção do solo por meio de resíduos vegetais reduz a evaporação, aumenta a infiltração da água no solo, diminui a amplitude térmica da superfície do solo e, conseqüentemente conserva a umidade. Dessa forma, o solo permanece protegido pela palha e pelas plantas, o que diminui as alterações de umidade e temperatura do solo, mantendo o ambiente mais equilibrado, o que provavelmente influenciou nos valores observados para a variedade RB92579. Resultados similares foram encontrados por Evangelista et al. (2013), que compararam o CBM do solo cultivado com cana-de-açúcar no período chuvoso e de estiagem, em que os maiores valores desse atributo foram observados no período de chuvas. Sendo assim, a maior disponibilidade hídrica aumenta a biomassa microbiana (FRAZÃO et al., 2010), que responde intensamente às flutuações sazonais de umidade (GAMA-RODRIGUES et al., 2005), além de influenciar na ciclagem de C e nutrientes.

No entanto, um comportamento contrário foi observado na variedade RB928064, que apresentou os maiores teores de CBM na L7% (228,96 mg kg⁻¹) e L33% (225,18 mg kg⁻¹), em que a disponibilidade hídrica é comparativamente menor do que na L100% e L75%, que apresentou os menores teores desse atributo com 185,70 mg kg⁻¹ e 138,44 mg kg⁻¹, respectivamente (**Tabela 4**), provavelmente influenciados pelo tipo de resíduos

provenientes dessa variedade. Fato encontrado também por Silva (2017) avaliando diferentes plantas de cobertura em um Latossolo no Cerrado, em que o regime hídrico com menor quantidade de água aplicada aumentou os teores de CBM. A água é essencial para a atividade dos microrganismos, porém o excesso no solo interfere em fatores como aeração, pH da solução e pressão osmótica que pode reduzir a ação da microbiota (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), comprovado também por Oliveira et al. (2016) que encontraram maiores valores de CBM em um solo com menor umidade. Segundo os autores, condições desfavoráveis de umidade do solo conduzem a uma concorrência mínima entre a microbiota e as plantas, e conseqüentemente a um aumento na população de microrganismos.

Portanto, ficou evidente que as duas cultivares submetidas aos mesmos regimes hídricos, promoveram efeitos opostos no carbono da biomassa microbiana. Esse fato pode ainda estar relacionado ao sistema radicular das duas cultivares ou à exsudação de compostos orgânicos que podem ter estimulado a biomassa microbiana do solo de maneiras diferentes para as duas cultivares de cana-de-açúcar.

Dessa forma, é importante destacar que a biomassa microbiana e sua atividade no solo são indicadores sensíveis às mudanças de uso do solo, uma vez que representa a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, ou seja, alterações significativas da biomassa podem ser percebidas antes das alterações dos teores de matéria orgânica do solo, o que possibilita a adoção de estratégias de manejo para garantir a qualidade do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 4. Carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente microbiano (qMIC = CBM/COT) em Latossolo Vermelho distrófico típico, em razão das diferentes lâminas de irrigação em duas cultivares de cana-de-açúcar.

Regime hídrico (% da Etc)	Cultivares	
	RB92579	RB928064
CBM (mg kg⁻¹ de solo) – CV variedade= 7,34% CV lâmina= 6,67%		
L100%	260.99 aA	185.70 bB
L75%	285.31 aA	138.44 bC
L33%	153.83 bB	225.18 aA
L7%	180.88 bB	228.96 aA
Qmic (%) – CV variedade= 7,45% CV lâmina= 7,28%		
L100%	0.94 aB	0.81 bB
L75%	1.24 aA	0.60 bC
L33%	0.64 bC	1.14 aA
L7%	0.87 bB	1.13 aA

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas que comparam os regimes hídricos e minúsculas que comparam as variedades, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. ETC: Evapotranspiração da cultura.

Com relação ao quociente microbiano (qMIC), que representa a qualidade da matéria orgânica do solo, observa-se que houve interação significativa para as diferentes lâminas de irrigação e as variedades (Tukey, $p \leq 0,05$), variando de 1,24% na L75% a 0,64% na L33% na variedade RB92579, e de 1,14% na L33% a 0,60% na L75% na variedade RB928064 (**Tabela 4**). Maiores valores de quociente microbiano significam que o C orgânico encontra-se mais facilmente acessível para a microbiota do solo. Portanto, o qMIC é um indicador de qualidade e da disponibilidade da matéria orgânica do solo para os microrganismos que se encontram muito ativos e sujeitos a transformações no solo. Pode-se, assim, inferir que solos que exibem valores menores de qMIC podem expressar ocorrência de perda de C e redução de sua dinâmica no solo (SAMPALHO et al., 2008; MATIAS et al., 2009).

Segundo Silva et al. (2012), valores de qMIC inferiores a 1% podem estar relacionados a algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana, como observado nesses resultados, corroborando com os valores encontrados por Almeida et al. (2016), que encontraram um percentual de 0,50% de CBM em relação ao COT em solo cultivado com cana-de-açúcar por 7 anos. Embora a maioria dos regimes hídricos nas cultivares de cana-de-açúcar apresentem valores baixos, a L75% da variedade RB92579 e as L33% e L7% da variedade RB928064 apresentaram valores superiores a 1% de qMIC, o que indica possível acréscimo de C no solo em função da menor umidade do solo. Os baixos valores

da relação qMIC podem ser ocasionados por circunstâncias em que a microbiota se encontra sob algum fator de estresse ou devido à baixa qualidade nutricional da matéria orgânica, fazendo com que a biomassa microbiana torne-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

5.5 Colonização micorrízica e densidade de esporos

Nesse estudo, a taxa de colonização micorrízica nas raízes não apresentou diferença significativa (Tukey, $p \leq 0,05$) entre as cultivares de cana-de-açúcar estudadas e os regimes hídricos. Porém, as maiores taxas observadas foram encontradas nas lâminas L100%, L75% seguida da L7%, com valores de 53,43%, 53,97% e 51,23%, respectivamente (**Figura 5**). O resultado encontrado na L7%, de uma alta taxa de colonização micorrízica na lâmina menos irrigada, corrobora com Moreira (2014). Segundo esse autor, solos com elevado teor de umidade estão sujeitos à falta de oxigênio, portanto, a diminuição da atividade dos FMA, pois estes microrganismos são aeróbicos.

No entanto, esse argumento contraria os resultados encontrados na L100% e L75%, que apresentaram alta taxa de colonização por FMA, o que pode ser explicado pelo fato de nessas lâminas apresentarem maior quantidade de raízes favorecidas pela maior umidade do solo e conseqüentemente maior acúmulo de matéria orgânica. Resultados similares a esses foram encontrados por Durazzini et al. (2016) em sistema de Agrofloresta, confirmando que a maior deposição de matéria orgânica no solo aumenta a diversidade de FMA presentes no solo (REIS et al., 1999), porém há maior competição entre as espécies desses fungos, o que poderia refletir numa maior taxa de colonização.

Fatores climáticos e antrópicos como a perturbação de uma área, manejo do solo e tipos de culturas influenciam na comunidade dos fungos micorrízicos arbusculares. O manejo adequado de uma área pode favorecer qualitativa e quantitativamente (riqueza de espécies, colonização micorrízica, abundância de esporos) a comunidade micorrízica (MIRANDA, 2012).

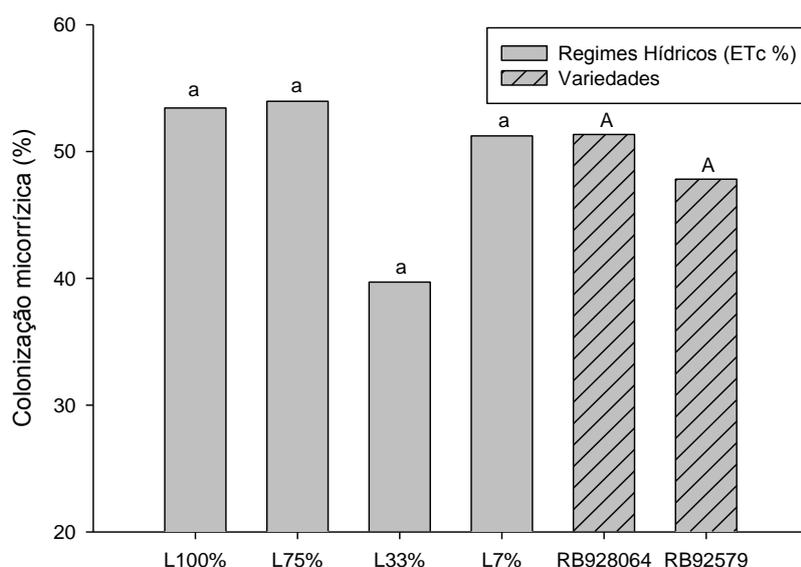


Figura 5. Colonização micorrízica das raízes de duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos em Latossolo Vermelho distrófico típico no Cerrado. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as variedades de cana-de-açúcar, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

A densidade de esporos pelos FMA foi semelhante entre as variedades de cana-de-açúcar estudadas, mas entre os regimes hídricos houve diferença significativa (Tukey, $p \leq 0,05$), onde na L75% foi encontrada a maior densidade desses esporos, com 675 esporos/50 mL de solo (**Figura 6**). As outras lâminas de irrigação apresentaram resultados significativamente menores em relação à L75%, sendo encontrados 315, 265 e 208 esporos/50mL de solo, na L100%, L33% e L7% respectivamente (**Figura 6**). Vários autores têm encontrado maior número de esporos em ambientes mais secos comparados com solos de maior umidade. Bonfim (2010), por exemplo, verificou que a maior esporulação ocorreu na estação mais seca em relação à época chuvosa e, segundo esses autores, a restrição hídrica nessa estação induziu os microrganismos associados à planta e a manifestação de mecanismos de adaptação, como a elevação da esporulação. Possivelmente, a alta umidade presente na L100% favoreceu o desenvolvimento de fungos parasitas de esporos dos FMA, pois Moreira e Siqueira (2006) explicam que os microrganismos presentes no solo podem exercer efeitos inibitórios na germinação dos esporos e no crescimento micelial do fungo, atuando como predadores, parasitas ou na produção de substâncias fungistáticas.

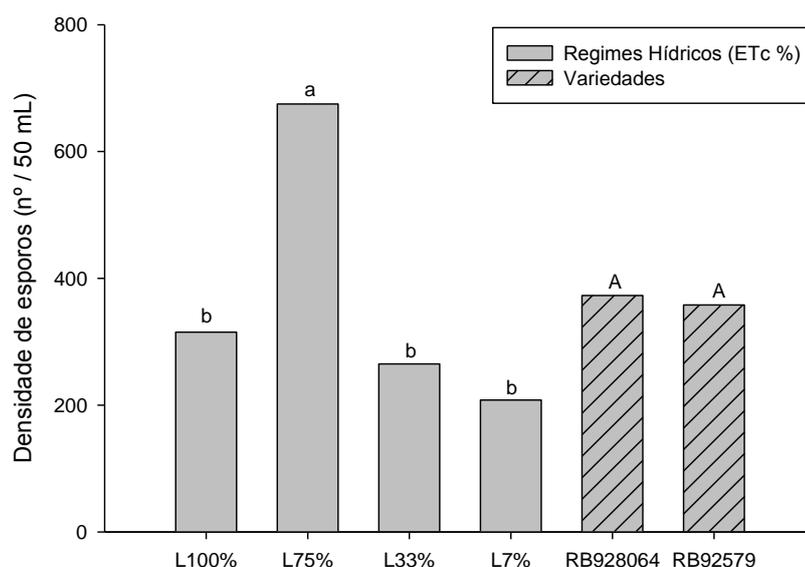


Figura 6. Densidade de esporos de FMA recuperados em 50 mL de solo cultivado com duas variedades de cana-de-açúcar e quatro regimes hídricos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os regimes hídricos e maiúsculas entre as variedades de cana-de-açúcar, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

As gramíneas podem estimular os FMA a explorarem, junto com as raízes, maior área no solo, visto que são biotróficos obrigatórios (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006) e precisam de um hospedeiro para completar o seu ciclo. Uma vez que, quanto maior a quantidade de raízes no solo, maior poderia ser a quantidade de raízes colonizadas e, conseqüentemente há uma maior quantidade de estruturas fúngicas no solo (MÉNDEZ, 2016), fato que não foi observado na L33% e L7%, pois devido à menor quantidade de água aplicada, o sistema radicular das plantas nessas lâminas são consideravelmente menores.

6. CONCLUSÕES

- A variedade RB92579 apresentou maior produção de palhada em relação à RB928064.
- A variedade RB92579 apresentou maiores teores de COT e COP em relação à RB928064; o COT e COAM foram maiores na L100%, apresentando um decréscimo à medida que diminuiu a disponibilidade hídrica.
- O CBM foi influenciado tanto pelas variedades como pelos regimes hídricos. A maior disponibilidade hídrica proporcionou maiores teores para a variedade RB92579 e menores para a variedade RB928064.
- O qMIC foi influenciado pela deposição de resíduos e regimes hídricos, relacionado aos valores de CBM.
- As variedades de cana-de-açúcar e os regimes hídricos não influenciaram a taxa de colonização micorrízica.
- 75% da reposição da evapotranspiração da cultura promoveu maior esporulação de FMA no solo cultivado com as variedades avaliadas.

7. REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: J. Wiley, 472 p, 1961.
- ALLEN, A. S. E SCHLESINGER, W. H. Nutrient limitations to soil microbial biomass and activity in loblolly pine forests. **Soil Biology and Biochemistry**, 36, 581-589, 2004.
- ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1441-1448, 2008.
- ALMEIDA, D. O.; KLAUBERG FILHO, O.; ALMEIDA, H. C.; GEBLER, L.; FELIPE, A. F. Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 217-222, 2011.
- ALMEIDA, L. S. De; FERREIRA, V. A. S.; FERNANDES, L. A.; FRAZÃO, L. A.; OLIVEIRA, A. L. G. Indicadores de qualidade do solo em cultivos irrigados de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.51, n.9, p.1539-1547, 2016.
- AMARAL, F. H. C.; JÚNIOR, G. B. da S.; NÓBREGA, J. C. A.; COSTA, E. M. da; SILVA, A. F. T. da; NÓBREGA, R. S. A. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo cultivado com feijão-caupi sob diferentes sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.467-473, 2011.
- ANANYEVA, N. D.; SUSYAN, E. A.; CHERNOVA, O. V.; WIRTH, S. Microbial respiration activities of soil from different climatic regions of European Russia. **European Journal of Soil Biology**, 44, p.147-157, 2008.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 98, 285-293, 2003.
- ANDRADE, P. A. M. A composição da comunidade bacteriana do solo como fator determinante na micorrização de cana-de-açúcar por *Glomus clarum*. **Dissertação de Mestrado**- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba-SP, 2013.
- ANDRÉN, O.; STEEN, E.; RAJKAI, I. Modelling the effects of moisture on barley straw and root decomposition in the field. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 24, n. 8, p. 727-736, 1992.
- ARANHA, C.; YAHN, C. A. **Botânica da cana-de-açúcar**. In: Paranhos, S. B. Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, p.3-13, 1987.
- ASSUNÇÃO, S. A. Efeitos nas frações da matéria orgânica do solo pela aplicação de N-fertilizante em cana crua com deposição da palhada. 58 f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.
- BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v. 31, n. 07/08, p. 697-710, 2000.

BARBOSA, E.A.A.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M.; SILVA, T.J.A., SAKAI, E. Canade-açúcar fertirrigada com vinhaça via irrigação por gotejamento subsuperficial em três ciclos de cana-soca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.17, n.6, p.588-594, 2013.

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

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. A. Organic matter storage in a sandy loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 101-109, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238, n. 01, p. 133-140, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; PILLON, C. N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.65 p.1473-1478, 2001.

BEZERRA, R. P.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G. & PERIN, A. Formas de Carbono em Latossolo sob Sistemas de Plantio Direto e Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, Goiás. **Ciências Agrárias**, v. 34, p. 2637-2654, 2013.

BIELUCZYK, W.; PEREIRA, M. G.; GUARESCHI, R. F.; BONETTI, J. A.; FREÓ, V. A.; SILVA NETO, E. C. Granulometric and oxidizable carbon fractions of soil organic matter in crop-livestock integration systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, n.2, p.607-622, 2017.

BOLONHEZI, D.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Plantio direto na Alta Mogiana. **O Agrônomo**, Campinas, v. 51, p. 12-15, 1999.

BONFIM, J. A.; MATSUMOTO, S. N.; LIMA, J. M.; CÉSAR, F. R. C. F.; SANTOS, M. A. F. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. **Bragantia**, v. 69, n.1, p. 206-206, 2010.

BOULAL, HAKIM.; GÓMEZ-MACPHERSON, HELENA.; GÓMEZ, J. A.; MATEOS, L. Effect of soil management and traffic on soil erosion in irrigated annual crops. **Soil & Tillage Research**, v.115, p.62–70, 2011.

BRAIDO, L. M.H.; TOMMASELLI, J.T.G. Excedentes e deficiências hídricas no solo através de parâmetros edafoclimáticos para produção de cana-de-açúcar no município de Teodoro Sampaio – SP – Brasil. **Revista Geonorte**, v.3, n.4 p. 970–983, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário estatístico de**

agroenergia 2012: statistical yearbook of agrienergy. Secretaria de Produção e Agroenergia. Bilíngüe. – Brasília: MAPA/ACS, 284 p, 2013.

BRUNINI, R. G.; MAGNABOSCO, W. D. M.; TURCO, J. E. P. Irrigação vs. estresse hídrico em cana-de- açúcar: uma ferramenta de análise na tomada de decisão. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, v. 8, n. 16, p. 6–11, 2016.

CALONEGO, J. C. et al. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.

CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F.D. **Microbiologia do solo**. 2.ed, ESALQ, Piracicaba-SP, 221p, 2016.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURTI, N.; FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e Nitrogenio em Solo sob Florestas Nativas e Pastagens no Bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.45, p.1028-1035, 2010.

CARR, M. K. V.; KNOX. J.W. The water relations and irrigation requirements of sugar cane (*saccharum officinarum*): a review. **Experimental Agriculture**, v.47, p.1-25, 2011.

CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; MELO, C.R. de; CERRI, C.E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.34, p.277-290, 2010.

CARVALHO, J.L.N.; RAUCCI, G.S.; FRAZÃO, L.A.; CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M.; CERRI, C.C. Crop pasture rotation: A strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.183, p.167–175, 2014.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 157p, 1991.

CASTRO, A. P.; QUIRINO, B. F.; KUROKAWA, S.A.; LEONARDECZ-NETO, E.; KRUGER, R. H. Diversity of soil fungal communities of Cerrado and its closely surrounding agricultural fields. **Archives of Microbiology**, Berlin, v. 190, p. 129-139, 2008.

COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M. A. **Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar**. Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental, p. 39, 2007.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira Cana de açúcar**. Safra 2016/2017. Terceiro levantamento, Brasília, v.3. p. 1–74, 2016.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. De. Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira De**

Engenharia Agrícola E Ambiental, v.14, n.4, p.358–365, 2010.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 416p, 2004.

COSCOLIN, R. B. S. Plantas de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica e a influência da associação com fungos micorrízicos arbusculares e extratos de algas marinhas. **Tese de Doutorado** – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP, 2016.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. D. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V. Response of sugarcane , second leaf , to irrigation levels and topdressing manuring. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.2, p.283–288, 2006.

DANTAS NETO, J.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Soil quality under different land use and management in the Irrigated Perimeter of Jaguaribe / Apodi, Brazil. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 16, p. 18–26, 2012.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; ZAMBON, J. L. C.; FILHO, J. C. B. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA, 136 p, 2010.

DE BONA, F. D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados for aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 30, n. 5, p. 911–920, 2006.

DENEF, K.; STEWART, C. E.; BRENNER, J.; PAUSTIAN, K. Does long-term center-pivot irrigation increase soil carbon stocks in semi-arid agro-ecosystems. **Geoderma**, v.145, p.121-129, 2008.

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

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGEL-KNABNER, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. **Plant Soil**, 268:319-328, 2005.

DURAZZINI, A. M. S.; TEIXEIRA, M. A.; ADAMI, A. A. V. Quantifi cação de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em solo sob diferentes cultivos de cafeeiros. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 4, p. 83-91, 2016.

DUXBURY, J.J.; SMITH, M.S.; DORAN, J.W. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu, University of Hawaii, p.33-67, 1989.

EISENHAUER, N.; DOBIES, T.; CESARZ, S.; HOBBIE, S. E.; MEYER, R. J.; WORM, K.; REICH, P., B. Plant diversity effects on soil food webs are stronger than those of elevated CO₂ and N deposition in a long-term grassland experiment. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS**, v.110, n.17, p. 6889-6894, 2013.

ENGELS, C.; OELMANN, Y.; SCHEU, S.; WOLFGANG, W.; SCHULZER, E., D.; ENSINAS, S. C.; SERRA, A. P.; SILVA, E. F.; PRADO, E. A. F.; LOURENTE, E. R. P.; ALTOMAR, P. H.; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M. A.; CONRAD, V. A.; JESUS, M. V. Cover crops effect on soil organic matter fractions under no till system. **Australian Journal of Crop Science**. V. 10; p503-512, 2016.

EVANGELISTA, B. A. Projeção de cenários atuais e futuros de produtividade de cana-de-açúcar em ambiente de Cerrado. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2011.

EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. B.; PIRES, F. R. Microbiological attributes of soil in the culture of cane sugar in organic and conventional management. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.4, p.1549-1562, 2013.

FACCIN, F. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; ENSINAS, S. C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.15, n.12, 2017.

FERNANDÉZ, P.; SOSA, F.; CORREA, R.; FIGUEROA, S.; PLASENCIA, A.; CERVERA, B. Efecto del Riego por goteo sobre las fracciones de la materia orgánica de un suelo de Tucumán cultivado con caña de azúcar. **Conference IV Jornada de las ciencias del suelo del NOA**, 2016.

FIGUEIREDO, C.C.; RESCK, D.V.S.; CARNEIRO, M.A.C.; RAMOS, M.L.G. & SÁ, J.C.M. Stratification ratio of organic matter pools influenced by management systems in a weathered Oxisol from a tropical agro-ecoregion in Brazil. **Soil Research**, v.51, p.133-141, 2013.

FRANZLUEBBERS, A.J.; SCHOMBERG, H.H.; ENDALE, D.M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, v.96, p.303-315, 2007.

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

FREIBERGER, M. B. Ciclagem de carbono em área sob semeadura direta e aplicação de lodo de esgoto. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, p.142, 2016.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:893-901, 2005.

GAVA, G. J. D. C.; SILVA, M. D. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Productivity of three sugarcane cultivars under dry and drip irrigated management. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p. 250–255, 2011.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological society London**, v. 46, p. 234–244, 1963.

GIONVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infections in roots. **New Phytologist**, v. 84, p. 489–500, 1980.

GLEIXNER, G. Biotic and Abiotic properties mediating plant diversity effects on soil determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration microbial communities in an experimental grassland. **Plosone**, v. 9, 2014.

GOMES, B. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p. 137-153, 2004.

GOU, X.; TAN, B.; WU, F.; YANG, W.; XU, Z.; LI, Z.; ZHANG, X. Seasonal Dynamics of Soil Microbial Biomass C and N along an Elevational Gradient on the Eastern Tibetan Plateau, China. **Plos one**, v.10, 2015.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 74, p. 367-385, 1994.

HITCHCOCK, A. S. Type species of the first 100 genera of Linnaeus' Species plantarum. **American Journal of Botany**, v.10, n.9, p.510-514, 1923.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

IZAURREALDE, R. C. et al. Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against longterm data. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 192, p. 362-384, 2006.

JAMES, G. **Sugarcane**. 2.ed. Oxford: Blackwell, 216p, 2004.

JENDIROBA, E. **Questões ambientais no manejo da agroindústria canavieira**. Piracicaba, 2006.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. M. Microbial biomass in soil: Movement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. M. **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, p. 368-386, 1981.

JOHANSSON, J. F.; PAUL, L. R.; FINLAY, R. D. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. **FEMS Microbiology Ecology**, Amsterdam, v.48, p.1-13, 2004.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, p 467-481, 2011.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 42, p.1-13, 2009.

KHORRAMDEL, S.; KOOCHEKI, A.; MAHALLATI, M.N.; KHORASANI, R.; GHORBANI, R. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems. **Soil & Tillage Research**, v.133, p.25-31, 2013.

KLEIN, C. KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – ReGet**. v. 19, n. 1, p.21-29, 2015.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; ADAIR, H. **Integração lavoura - pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 570 p., 2003.

KOSUGI Y.; MITANI, T.; ITOH, M; NOGUCHI, S.; TANI, M.; MATSUO, N.; TAKANASHI, S.; OHKUBO, S.; NIK, A. R. Spatial and temporal variation in soil respiration in a Southeast Asian tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 147, p. 35-47, 2007.

KUNDE, R. J.; LIMA, C. L. R.; SILVA, S. D. A.; PILLON, C. N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.9, p.1520-1528, 2016.

LANGE, M.; HABEKOST, M.; EISENHAUER, N.; ROSCHER, C.; BESSLER, H.; LENKA, N. K.; LAL, R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, p. 78-89, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. C. dos . Oxidizable carbon and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no livestock in the Brazilian Cerrado. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.11, p. 217-231, 2013.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; COUTINHO, F. S.; ANJOS, L. H. C. Particulate organic matter in soil under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v.50, p.685-693, 2012.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **Idesia**, v. 29, p. 11-19, 2011.

LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em santa teresa, ES. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.

MARSCHNER, P.; CROWLEY, D.E.; LIEBEREI, R. Arbuscular mycorrhizal infection changes the bacterial 16s rDNA community composition in the rizhosphere of maize. **Mycorrhiza**, Oregon, v.11, p.297-302, 2001.

MATIAS, M. da C.B.S.; SALVIANO, A.A.C.; LEITE, L.F. de C.; ARAÚJO, A.S.F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, p.517-521, 2009.

MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. A apropriação do cerrado pelo agronegócio e os novos usos do território. **Revista de Geografia Agrária**, v. 9, n. 17, p. 6-26, 2014.

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

MAZZETO, A. M.; CERRI, C. E. P.; FELGI, B. J.; CERRI, C. C. Activity of soil microbial biomass altered by land use in the southwestern Amazon. **Bragantia**, v.75, n.1, p.79-86, 2016.

MÉNDEZ, D. F. S. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares e sua relação com atributos do solo em área de milho sob monocultivo e em consórcio com forrageiras no Cerrado. **Dissertação de mestrado**. Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2016.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. 1. Ed. Viçosa: UFV, p. 107, 2005.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F. CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, p. 479-485, 2008.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. Tópicos em ciência do solo., eds. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.3. p.209-248, 2003.

MIRANDA, E. M.; JÚNIOR, O. J. S.; DA SILVA, E. M. R. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1185–1191, 2008.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. Campinas: Komedi, 167p, 2008.

MIRANSARI, M. Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. **Plant Biology**, v. 12, n. 4, p. 563–569, 2010.

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

MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2a edição ed. Lavras, MG: UFLA, p.729, 2006.

MOREIRA, S. D. Colonização e crescimento de mudas de café inoculadas com fungo micorrízico arbuscular em solos com doses de P e umidades controladas. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

MOURA, J. B. Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no Cerrado. **Tese de Doutorado** – Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2015.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. S.; SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; **História e morfologia da cana-de-açúcar**. In: SEGATO et al. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba-SP: Editora Prol, p.11-18, 2006.

NASCIMENTO, P. C.; BAYER, C.; SILVA NETTO, L. F.; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, p.1821–1827, 2009.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Estratégias agroecológicas para aumentar a resiliência no contexto de mudanças climáticas. **Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 28, n.2, 2012.

OLIVEIRA, R. C.; ROSA, M.; COSTA, A. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; GAVA, G. J. de C. Efeitos da restrição hídrica e de nitrogênio no crescimento e na fisiologia da cana-de-açúcar. **Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, IV Winotec**, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, W.R.D; RAMOS, M.L.G; CARVALHO, A.M; COSER, T.R; SILVA, A.M.M; LACERDA, M.M; SOUZA, K.W; MARCHAO, R.L; VILELA, L; PULRONIK, K. Dynamics of soil microbiological attributes under integrated production systems, continuous pasture, and native cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1501-1510, 2016.

ORRILLO, H. M; ARAÚJO, W. F.; RODRIGUEZ, C. A.; SAKAZAKI, R. T.; VARGAS, A. R. P. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 352–364, 2016.

PEREIRA, A. L.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M.; CAVALCANTE, I. H.L.; SILVA, V. A. Atributos do solo sob pastagens em sistema de sequeiro e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 377–384, 2009.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 137-144, 2005.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological society London**, v. 55, p. 458–161, 1970.

PIRES, R.C.M.; BARBOSA, E.A.A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; SILVA, T.J.A. Effects of subsurface drip irrigation and different planting arrangements on the yields and technological quality of sugarcane. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, 2014.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. V. D.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.249-258, 2008.

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

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 549 p, 2002.

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, p.249-258, 2000.

RAMOS, M. L. G.; CARVALHO, J. G.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M.; AMÁBILIE, R. F. Effect of nitrogen doses by fertirrigation in the microbial dynamic under culture of wheat. **Bioscience Journal**. v. 26, n.3, p.376-383, 2010.

REIS, V. M., DE PAULA, M. A., DÖBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 10, p. 1933-1941, 1999.

RIBEIRO, L. R. P. Efeitos de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada nas frações da matéria orgânica do solo e na produtividade do milho. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília, 53 p., 2016.

RILLIG, M.C.; MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soilstructure. **New Phytologist**, Oxford, v.171, p.41-53, 2006.

ROCHA, O. C.; COSTA, A. R. C.; SATO, J. H.; RAMOS, M. L.G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUZA, G. P.; GUERRA, A. F. Atributos microbiológicos e frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com cafeeiro sob parcelamentos de fósforo e regimes hídricos. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Curitiba-PR, 2015.

ROCHA, O. C.; RAMOS, M.L.G.; VEIGA, A. D.; GUERRA, A. F.; BARTHOLO, G. F.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, J. E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.9, p.1476-1483, 2016.

RODOLFO JUNIOR, F. Caracterização de variedades de cana-soca sob diferentes regimes

hídricos no cerrado. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ROSSETI, K. de V.; TEIXEIRA, D.D.B.; REIS, I.M.S.; CENTURION, J.F. Agregação de um Latossolo em função de diferentes ciclos de cultivo de cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. **Revista Agroambiente**, v.8, p.10-17, 2014.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiária e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.38-46, 2012.

RUIZ-LOZANO, J. M. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. **Mycorrhiza**, v. 13, n. 6, p. 309–317, 2003.

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

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1279 p, 2008.

SANTOS, E.E.F; RIBEIRO, M.R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades químicas de solos da região do Submédio São Francisco. **Acta Scientiarum**, v.24, n.único, p.1507-1516, 2002.

SANTOS, H.P. dos; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.719-727, 2009.

SANTOS, L, H. Frações orgânicas e atributos químicos em agregados do solo sob sistemas de plantio direto e convencional de cebola. **Dissertação de mestrado** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, p.87, 2016.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO *et al.* **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP: Editora Prol, p.19-36, 2006.

SENTELHAS, P. C.; FARIA, R. T.; CHAVES, M. O.; HOOGENBOOM, G. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.357-376, 2001.

SILVA, A. N. Desempenho agrônomico de plantas com duplo propósito (cobertura e grãos) submetidas a regimes hídricos variáveis e sua influência nos atributos do solo e no milho em sucessão. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília, p.103, 2017.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Revista Agropecuária Técnica**, v.37, n.1, p. 96-104, 2016.

SILVA, C.F. da; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FEITORA, J.C.F.; LOSS, A.; MENEZES, C.E.G.; SILVA, E.M.R. Da. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1680-1689, 2012.

SILVA, D. B.; SILVA, J. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. **Frutas do cerrado**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 179p, 2001.

SILVA, D.J.; ARAÚJO, C.A. DE S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Recife. Anais. Recife, PE: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p.275-374, 2007.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p. 241–249, 2014.

SILVA, M. A.; SOARES, R. A. B.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. **Bragantia**, v.67, n.3, p. 655-661, 2008.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; GOMES JÚNIOR, W. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H.; LOBO JUNIOR, M.; CUNHA, P. C. R. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p. 1170–1175, 2011.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; FEIGEL, B.J.; VENZKE FILHO, S. de P.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). II - Emissões de CO₂ e N₂O. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1023-1029, 2009.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SA, M.J.C. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage. **Agronomie**, v.22, p.755-775, 2002.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed., Repr ed. Amsterdam: Elsevier/Acad. Press, 2010.

SONG, Z.; YUAN, H.; KIMBERLEY, M. O.; JIANG, H.; ZHOU, G.; WANG, H. Soil CO₂ flux dynamics in the two main plantation forest types in subtropical China. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 444, p. 363-368, 2013.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa Informação Tecnológica, 2.ed, Brasília-DF, 416p, 2004.

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

TAVARES, R. L. M.; FARHATE, C .V. V.; SOUZA, Z. M.; LA SCALA JÚNIOR, N.; TORRES, J. L. R.; CAMPOS, M. C. C. Emission of CO₂ and soil microbial activity in sugarcane management systems. **African Journal of Agricultural Research**, Olabisi, v. 10, p. 975-982, 2015.

TEJERA, N. A.; RODÉS, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.102, p.64 - 72, 2007.

THAKUR, M. P.; MILCU, A.; MANNING, P.; NIKLAUS, P. A.; ROSCHER, C.; POWER, S.; REICH, P. B.; SCHEU, S.; TILMAN, D.; AI, F.; GUO, H.; JI, R.; PIERCE, S.; RAMIREZ, M. G.; RICHTER, A. N.; STEINAUER, K.; STRECKER, T.; VOGEL, A.; EISENHAUER, N. Plant diversity drives soil microbial biomass carbon in grasslands irrespective of global environmental change factors. **Global Change Biology**, v. 21, p.4076-4085, 2015.

TOLEDO, L. de O; ANJOS, L. H. C.; COUTO, W. H.; CORREIA, J. R.; PEREIRA, M. G. Análise multivariada de atributos pedológicos e fitossociológicos aplicada na caracterização de ambientes de Cerrado no norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.5., p.957-968, 2009.

TROST, B.; ELLMER F.; BAUMECKER, M.; MEYER-AURICH, A.; PROCHNOW, A.; DRASTIG, K. Effects of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, carbon inputs from above ground harvest residues and soil organic carbon contents of a sandy soil in Germany. **Soil Use and Management**, v.30, p.209–218, 2014.

TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeito de fatores do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 59-72, 1992.

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

VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. **Biologia dos solos do cerrado**. EMBRAPA, Planaltina, 524p, 1997.

VERONEZI, L. F. Alterações dos atributos microbiológicos do solo sob três diferentes usos da terra no Paraná. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR – Irati-PR, 2016.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. UMA VISÃO SOBRE QUALIDADE DO SOLO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:743-755, 2009.

VICENTE, G. C. M. P. Atributos microbiológicos, físicos e químicos de solos na região oeste paulista. **Dissertação de Mestrado**. Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente-SP, 2010.

VICENTE, L. C.; MONROE, P. H. M.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Estoques de Carbono Orgânico em solos sob plantações de Seringueira e Eucalipto. **Anais XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo**, 2014.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; JARDINI, D. C. Distribuição do carbono orgânico e do nitrogênio total nas frações granulométricas de um latossolo sob diferentes tipos de vegetações. **Revista de estudos ambientais**, v.17, n.1, p.43-53, 2015.

VILELA, E. F.; MENDONÇA, E. S.; Impactos de sistemas agroflorestais sobre a matéria orgânica do solo: Modelagem de carbono e nitrogênio. **Coffee Science**, v.8, n.3, p.354-363, 2013.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for method. **Soil Science**, v.37, p.29- 38, 1934.

WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; GARCIA, J.; SILVA, C.; PIACENTE, F.; SEGERSTEDT, A. **A Sustainability Analysis of the Brazilian Ethanol**. Unicamp, 2008.

WARDLE, D.A. **Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo**. In: HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.S., eds. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, Embrapa-SPI, 542p, 1994.

ZHOU, Z. H.; WANG, C. K. Soil resources and climate jointly drive variations in microbial biomass carbon and nitrogen in China's forest ecosystems. **Biogeosciences Discussions**. v. 12, p. 11191-11216, 2015.

ZHU, X. C. et al. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. **Plant Soil Environ**, v. 58, n. 4, p. 186–191, 2012.