

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

JULIANA MENEGASSI VALLE

**MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂ EM
SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO COM
SUCESSÃO DE CULTURAS**

São Mateus – ES

Fevereiro de 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂ EM
SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO COM
SUCESSÃO DE CULTURAS**

JULIANA MENEGASSI VALLE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de Mestre em Agricultura
Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Edney Leandro da Vitória

São Mateus – ES

Fevereiro de 2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

V181 m Valle, Juliana Menegassi, 1995-
Mitigação da emissão de CO2 em sistemas de preparo do solo com sucessão de culturas / Juliana Menegassi Valle. - 2020.
52 f. : il.

Orientador: Edney Leandro Vitória.
Coorientador: Elcio das Graça Lacerda.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo.

1. Gases do efeito estufa. 2. Dióxido de carbono. I. Vitória, Edney Leandro. II. Lacerda, Elcio das Graça. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63

MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂ EM SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO COM SUCESSÃO DE CULTURAS

JULIANA MENEGASSI VALLE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de Mestre em Agricultura
Tropical.

Aprovada: 28 de fevereiro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA

Edney Leandro da Vitória
Universidade Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Élcio das Graça Lacerda
IFES - *Campus* Santa Teresa

Ivoney Gontijo
Universidade Federal do Espírito Santo

Gustavo Soares de Souza
IFES – *Campus* Itapina



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
EDNEY LEANDRO DA VITORIA - SIAPE 2300754
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 29/04/2020 às 12:49

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/19265?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
EDNEY LEANDRO DA VITORIA - SIAPE 2300754
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical
Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical - PPGAT/CEUNES
Em 29/04/2020 às 12:50

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/19266?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
IVONEY GONTIJO - SIAPE 1441887
Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES
Em 04/05/2020 às 08:04

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/19882?tipoArquivo=O>

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir chegar até aqui. Agradeço por Ele sempre iluminar o meu caminho, não me deixar desanimar e me proporcionar concluir este trabalho.

A minha família, meu pai Cesar, minha mãe Luziane, minha irmã Patricia e meu irmão Julio Cezar, que assim, como em toda a minha vida, estiveram ao meu lado. Agradeço pelo incentivo, pela atenção, cuidado e carinho. Ao meu esposo, Jeandry, que sempre esteve ao meu lado, em especial nesse período de estudo e sempre acreditou em mim, me incentivou, me apoiou e não me deixou desanimar diante das dificuldades encontradas. Vocês foram essenciais para que eu pudesse concluir esta etapa.

Agradeço ao meu orientador, Edney Leandro da Vitória e coorientador Elcio das Graça Lacerda, por todas as oportunidades, atenção, ensinamentos, apoio e paciência, que foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

A todos que me ajudaram na execução do trabalho, em especial ao meu pai que me deu total apoio e esteve comigo em todos os dias nos trabalhos de campo e ao meu irmão que sempre que possível me acompanhou nas atividades. A Carla da Penha Simon, que desde a graduação esteve comigo e, mesmo de longe, estava presente me apoiando, agradeço pelos ensinamentos e atenção.

Ao IFES – Campus Santa Teresa, onde o trabalho foi desenvolvido. Agradeço por todo apoio que recebi, aos funcionários envolvidos nas atividades de campo e ao funcionário Elvis Pantaleão Ferreira, que me ajudou com ensinamentos, ideias e com palavras de incentivo.

Enfim, a todos que participaram dessa etapa tão importante em minha vida, sou muito grata a todos vocês!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Análise Bibliométrica	2
2.2 Mudanças climáticas e emissão de CO ₂	3
2.3 Preparo do solo	5
2.4 Sucessão de culturas	6
2.4.1 A cultura do feijão	7
2.4.2 A cultura do milho	8
2.5 Emissão de CO ₂ em função do manejo do solo	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1 Descrição da área	9
3.2 Histórico da área experimental.....	12
3.3 Sucessão de culturas da área	12
3.4 Emissão de CO ₂	14
3.5. Atributos físicos e químicos do solo	16
3.6 Análise estatística	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Emissão de CO ₂ durante o cultivo do feijão	17
4.2 Emissão de CO ₂ durante o cultivo do milho	22
4.3 Emissão de CO ₂ durante o período de pousio	27
4.4 Emissão de CO ₂ ao longo do período de estudo	32
5. CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS.....	37

RESUMO

VALLE, Juliana Menegassi; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2020; **Mitigação da emissão de CO₂ em sistemas de preparo do solo com sucessão de culturas**; Orientador: Edney Leandro da Vitória, Co-orientador: Élcio das Graça Lacerda.

As mudanças climáticas vêm sendo notadas e muito discutidas por pesquisadores de diversas áreas ao redor do mundo. As emissões de gases do efeito estufa (GEE's) influenciam diretamente para o aquecimento global, sendo o dióxido de carbono (CO₂) um dos gases com maior relevância neste contexto. Objetivou-se avaliar a emissão de CO₂ em função dos sistemas de preparo de solo com sucessão de culturas. O experimento de campo foi realizado em área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa. No estudo foram adotados dois sistemas de manejo de solo sendo eles o sistema de semeadura direta (SD) e o sistema de preparo convencional (PC). Trabalhou-se durante o estudo com a cultura do feijão, seguido do plantio do milho, além de um período de pousio da área. As avaliações de emissão de CO₂, temperatura e teor de água do solo foram realizadas entre 9:00 e 12:00. As leituras foram obtidas através de uma câmara de fluxo. Próximo ao ponto de avaliação de emissão, foram coletadas amostras de solo para determinação do teor de água pelo método gravimétrico e foi realizada a medição da temperatura com o auxílio de um termômetro de solo. Durante o cultivo do feijão a emissão de CO₂ variou em função do preparo de solo ao longo dos dias de plantio. Maior emissão ocorreu no PC e não houve correlação significativa entre as variáveis fluxo de CO₂, teor de água no solo e temperatura. Durante o cultivo do milho, o preparo de solo influenciou nas variáveis analisadas, com SD apresentando valores mais elevados de teor de água no solo, temperatura e fluxo de CO₂. A emissão de CO₂ apresentou correlação positiva significativa com a temperatura do solo. Durante o período de pousio a emissão de CO₂ foi influenciada pelos dias após o início do pousio, com redução nos valores de emissão aos 1, 12 e 25 dias com um aumento aos 41 dias e ocorreu correlação positiva significativa entre a emissão de CO₂ e o teor de água no solo. Para ambos sistemas de preparos as maiores emissões foram observadas no período do verão. O preparo convencional apresentou correlação positiva significativa entre a emissão de CO₂ e temperatura do solo, enquanto o sistema de semeadura direta apresentou correlação positiva significativa com o teor de água e temperatura do solo. O sistema de preparo do solo não influenciou na emissão de CO₂, temperatura e teor de água e do solo.

Palavras-chave: semeadura direta, preparo convencional, dióxido de carbono, gases do efeito estufa

ABSTRACT

VALLE, Juliana Menegassi; Federal University of Espirito Santo; February 2020; **Mitigation of CO₂ emissions in tillage systems with succession of crops**; Advisor: Edney Leandro da Vitória, Co-advisor: Élcio das Graça Lacerda.

Climate change has been noticed and much discussed by researchers from different areas around the world. Emissions of greenhouse gases (GHGs) directly influence global warming, with carbon dioxide (CO₂) being one of the most relevant gases in this context. The objective was to evaluate the CO₂ emission in function of the soil tillage systems with succession of cultures. The field experiment was carried out in an experimental area at the Federal Institute of Espírito Santo - Campus Santa Teresa. In the study, two soil management systems were adopted: direct seeding (SD) and conventional tillage (PC). During the study, beans were cultivated, followed by corn planting, in addition to a fallow period in the area. Assessments of CO₂ emission, temperature and soil water content were carried out between 9:00 and 12:00. The readings were obtained through a flow chamber. Near the emission assessment point, soil samples were collected to determine the water content using the gravimetric method and the temperature was measured with the aid of a soil thermometer. During the bean cultivation, the CO₂ emission varied depending on the soil preparation over the planting days. Greater emission occurred in the PC and there was no significant correlation between the variables CO₂ flow, water content in the soil and temperature. During the cultivation of corn, soil tillage influenced the variables analyzed, with SD showing higher values of soil water content, temperature and CO₂ flow. The CO₂ emission showed a significant positive correlation with the soil temperature. During the fallow period the CO₂ emission was influenced by the days after the fallow starts, with a reduction in the emission values at 1, 12 and 25 days with an increase at 41 days and there was a significant positive correlation between the CO₂ emission and the soil water content. For both preparation systems, the highest emissions were observed in the summer period. Conventional tillage showed a significant positive correlation between CO₂ emission and soil temperature, while the no-tillage system showed a significant positive correlation with water content and soil temperature. The soil tillage system did not influence CO₂ emission, temperature and water and soil content.

Keyword: no-till, conventional tillage, carbon dioxide, greenhouse gases

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa do mundo (2,9% do total mundial). O uso da terra é o principal emissor de gases de efeito estufa, em 2018 foram emitidos 845 milhões de toneladas brutas de CO₂ equivalente (MtCO₂), sendo Mato Grosso, Pará e Rondônia, seguidos por Maranhão, Tocantins e Acre, os estados com maiores emissões por desmatamento (SEEG, 2019).

As mudanças no uso da terra normalmente ocorrem para abertura de novas áreas que visam produção de alimentos. O Brasil é um grande produtor de grãos, com estimativa da produção da safra 2019/20 de 246,6 milhões de toneladas, apresentando variação positiva de 1,9% em relação à temporada anterior, um aumento de 4,56 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

O cultivo do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil constitui-se numa das principais atividades agrícolas. A cultura apresenta grande importância para alimentação humana em países em desenvolvimento, sendo uma importante fonte de proteína (RIVERO HERRADA et al., 2017).

Um outro grão de relevância para o Brasil é o milho (*Zea mays* L.), uma cultura que possui ampla utilização, tendo o consumo destinado desde a alimentação humana até a alimentação animal, o que a torna de grande importância no que diz respeito a aspectos econômico e social (DALLA CHIEZA et al., 2017).

Nos sistemas de produção de lavouras, os preparos de solo mais utilizados são o sistema de preparo convencional (PC) e o sistema de semeadura direta (SD). O SD é um sistema conservacionista de preparo do solo, uma vez que o revolvimento é realizado apenas nas linhas de plantio, sendo assim não ocorre mobilização em área total como no sistema de preparo convencional. Desse modo, a palhada é mantida sobre a área semeada, deixando uma cobertura sobre solo, cobertura essa que traz diversos benefícios, entre eles o controle da erosão. O PC consiste em promover o preparo do solo, descompactando a camada superficial com o intuito de fornecer à cultura condições ideais de desenvolvimento, normalmente realiza-se uma aração do solo e posteriormente faz-se uma operação de gradagem que tem como intuito nivelar e diminuir o tamanho de agregados e nivelar o solo, deixando-o ideal para o plantio.

O sistema de preparo do solo é um dos fatores dentro das práticas agrícolas, que podem influenciar a emissão de gases do efeito estufa (GEE's) para a atmosfera.

As emissões de GEE's contribuem para o aquecimento global devido ao aumento dos principais gases que são metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂), sendo o último o de maior relevância neste contexto, fazendo parte do efeito estufa natural, porém este vem sendo gerado de forma excessiva, intensificando assim o efeito desse fenômeno e influenciando diretamente as mudanças climáticas.

Com o passar dos anos as mudanças climáticas vêm sendo notadas e muito discutidas por pesquisadores de diversas áreas ao redor do mundo. Essas mudanças tendem a ocorrer principalmente pelo aquecimento global, que é um fenômeno que consiste no aumento da temperatura média da superfície do planeta, que ocorre principalmente em decorrência do aumento de GEE's. Muitas são as consequências relacionadas a essas mudanças, entre elas o risco de redução de produtividade de lavouras. Objetivou-se avaliar a emissão de CO₂ em função do sistema de preparo de solo com sucessões de cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Análise bibliométrica

As mudanças climáticas, aquecimento global e poluição da atmosfera sustentam discussões sobre a influência antrópica em relação às modificações nas condições ambientais naturais, que essas modificações sejam decorrentes de ciclos naturais. Um dos gases apontados como precursor destas alterações climáticas, sendo apontado com uma interligação ao aquecimento global, já que faz parte do efeito estufa, é o CO₂ (PEREIRA et al., 2018).

Observa-se uma preocupação em diversas instituições de pesquisa abordando atividades que sejam responsáveis pela emissão dos principais GEE's e aprimorando o conhecimento da dinâmica e principais fatores que influenciam a emissão (BESEN et al., 2018). Em especial estudos voltados para emissão do CO₂.

Realizou-se um levantamento bibliográfico referente a emissão de CO₂ na base de dados denominada Web of Science. Após realização da pesquisa e com filtro por categoria "Agronomia" aplicado, foram encontrados 225 trabalhos registrados. Sendo 93,33% desses trabalhos apresentados na forma de artigo.

Os países que lideram as pesquisas são China (16,44%) e EUA (16%). O Brasil aparece em quinta posição com 7,11% do total de trabalhos realizados. No que

diz respeito às agências de financiamento, a FUNDAÇÃO NACIONAL DE CIÊNCIA NATURAL DA CHINA aparece em primeiro lugar com 24 registros (10,67%). Em relação ao Brasil, em terceiro lugar com 8 registros (3,56%) aparece o CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPQ), em quinto lugar a FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO (FAPESP) com 7 registros (3,11%) e em oitavo lugar aparece a COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES) com 5 registros (2,22%).

Os autores que apresentam maior número de publicações são La Scala (7), Panosso (6), Butterbach-Bahl (5), Dendooven (4), mas percebe-se que vários são os pesquisadores relacionados a este tipo de estudo, uma vez que a diferença de publicação entre eles é pequena. Vale ressaltar que os dois principais autores são brasileiros.

Desde o início das publicações relacionadas a emissão de CO₂, o único ano que não tem registros é o ano de 2000. O primeiro ano com registro de publicações foi o ano de 1993, com 3 trabalhos. As pesquisas passaram a ser realizadas com maior frequência no ano de 2008, com 12 registros. Os anos com mais publicações foram 2015 (22), 2017 (21), 2018 (19) e 2019 (24), sendo este último o ano com mais publicações registradas, representando 10,67% do total.

Os resultados demonstram um crescente interesse pela investigação de emissão de CO₂ do solo, visto que nos últimos anos tem crescido a publicação de trabalhos relacionados a esse assunto.

2.2 Mudanças climáticas e emissão de CO₂

O relatório gerado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2014), demonstra a agricultura e segurança alimentar como setores de alto risco, influenciadas diretamente pelo clima. Neste, ainda são detalhadas as consequências provenientes das mudanças climáticas e a partir disto é possível concluir que o risco de redução da produtividade das lavouras pode ser aumentado em decorrência disso, principalmente no que diz respeito ao estresse pelo calor e seca.

De acordo com o novo relatório gerado pelo IPCC (2019), as mudanças climáticas podem promover degradação do solo por meio de eventos como aumento da intensidade das chuvas, inundações, frequência e severidade da seca, estresse por calor, vento, elevação do nível do mar e ação das ondas e degelo, com os resultados sendo modulado pelo manejo da terra. Essas mudanças já afetaram a segurança alimentar por conta do aquecimento, alterações relacionadas a precipitação, assim como o aumento da frequência de eventos de extremos climáticos. Algumas culturas como milho e trigo já mostraram mudanças relacionadas a produtividades em muitas regiões de baixa latitude, observando efeitos negativos nas últimas décadas.

Mudanças nas condições da terra podem afetar a temperatura e a precipitação nas regiões a centenas de quilômetros de distância desertificação amplifica o aquecimento global por meio da liberação de CO₂ associada à diminuição da cobertura vegetal (IPCC, 2019).

Essas mudanças acontecem em decorrência do aquecimento global, um fenômeno climático que consiste no aumento da temperatura média superficial global, podendo ser provocado por fatores internos ou externos sendo este último relacionado a emissões de gases do efeito estufa (GEE's) (SILVA & PAULA, 2009). O efeito estufa, é um fenômeno natural que ocorre devido às concentrações de GEE's na atmosfera, CO₂, CH₄ e N₂O, tendo o CO₂ como o gás que mais contribui devido à grande quantidade emitida. A energia solar ultrapassa a atmosfera terrestre e ao atingir a superfície terrestre, é refletida e volta para a atmosfera, onde parte dessa irradiação é absorvida, aumentando conseqüentemente a temperatura média do ar. Esse fato é benéfico, uma vez que caso não houvesse esses gases na atmosfera, a temperatura média da Terra seria 33 °C menor, ou seja, -18 °C, o que inviabilizaria a vida atualmente existente (CARVALHO et al., 2010).

Para Buragiené et al. (2015) as emissões de CO₂ do solo para o meio ambiente são significativas em países desenvolvidos e em desenvolvimento e contribuem para intensificar as mudanças climáticas. Esse gás é gerado em sua maioria por ações antrópicas como acontecem em sistemas de produção agrícola convencional, efeito do desmatamento e na queima de combustíveis fósseis. Várias são as fontes de emissão de carbono para a atmosfera, entre as elas algumas atividades se destacam como a queima de combustíveis fósseis para a produção de energia, emissão de gases por veículos, produção de gases na indústria química e

mudanças no uso do solo, incluindo o desmatamento e o subsequente cultivo das áreas desmatadas. O solo pode ser tanto uma fonte de emissão quanto um sumidouro de carbono atmosférico, o que determinará seu comportamento, será o tipo de manejo adotado, podendo ser um importante item no papel de mitigação dos efeitos malefícios causados pelo efeito estufa (SILVA et al., 2000).

2.3 Preparo do solo

O sistema de manejo a ser aplicado tem como objetivo a melhoria da qualidade do solo e do ambiente de modo que se obtenha adequadas produtividades das culturas a longo prazo (COSTA et al. 2003).

O preparo convencional do solo normalmente incorpora os resíduos culturais existentes sobre a área e altera as propriedades físicas da superfície e subsuperfície (SCHICK, et al. 2000), seu estado químico e biológico (GABRIEL FILHO et al., 2000). Esse preparo do solo tem como princípio de fornecer condições adequadas para receber a semente e favorecer o estabelecimento das plantas no campo. Quando se trata de um sistema de preparo considerado conservacionista, este consiste em manter a estrutura do solo sem promover a desagregação e transportabilidade de suas partículas por água ou vento, aumentando assim a capacidade do solo de infiltração e com uma redução nas enxurradas e erosão (ALVARENGA et al., 1987).

Entre os sistemas de preparo do solo utilizados, o sistema de preparo convencional e o sistema de semeadura direta são os que mais se destacam. O revolvimento do solo é realizado através de aração e gradagens, cujo arado efetua processos como o corte, elevação, inversão e queda, formando leivas e após essa operação, o uso da grade tende a diminuir o tamanho dos torrões na superfície, além de nivelar o terreno, entretanto, este sistema de preparo do solo pode acarretar sérios problemas com o passar dos anos, principalmente se realizado de forma inadequada e sem critério (GABRIEL FILHO et al., 2000). O preparo mecanizado do solo influencia diretamente as propriedades físicas e biológicas do solo, além de propiciar ambiente para o estabelecimento das culturas (DADALTO et al., 2015).

O sistema de semeadura direta é uma realidade na agricultura brasileira, que fornece benefícios em relação à conservação e melhoria das qualidades físicas,

químicas e biológicas do solo (FAVARATO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2018). Tendo a utilização da cobertura morta como um dos princípios, assim como a rotação de culturas e a ausência do revolvimento do solo (TEÓFILO et al., 2012).

A semeadura direta é um sistema de preparo realizado apenas nas linhas de plantio e tem como característica a palhada mantida sobre a área semeada, deixando assim uma cobertura para o solo. Este sistema é considerado uma técnica de manejo conservacionista que visa manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento ou por resíduos vegetais (ROCHA et al., 2014), tendo com essa cobertura uma menor evaporação da água do solo, diminuição de transtornos promovidos pela erosão e a distribuição sistemática da compactação do solo, além de outros benefícios (ALMEIDA et al., 2018).

Esse sistema conservacionista consiste em uma tecnologia agrícola que proporciona lucro, é sustentável, protege o meio ambiente e que pode ser usado por qualquer tipo de produtor, desde produtor familiar aos grandes produtores (OLIVEIRA et al., 2018). Esse método de plantio reduz a poluição de rios e mananciais pelo carregamento de partículas, adubos e produtos químicos e auxilia na economia de recursos e uso de máquinas e equipamentos (CANTO et al., 2018).

2.4 Sucessão de culturas

O manejo adequado do solo e da vegetação deve ter como ideia principal a adoção de métodos que promovam o mínimo revolvimento do solo e sistemas de rotação/sucessão de culturas que incluam plantas que apresentem uma alta produção de resíduos vegetais, além daquelas capazes de acumular nutrientes no solo, como a implantação de leguminosas nos sistemas de produção (CARVALHO et al., 2010). De acordo com Correia et al. (2013) a adoção de sistemas de rotação e sucessão de culturas é um dos pré-requisitos fundamentais para sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

O sistema de semeadura direta sem o preparo e revolvimento do solo, com preparo realizado apenas nas linhas de cultivo, a sucessão e a rotação de culturas têm sido bastante estudados, visto que tais práticas alteram, sensivelmente, os componentes físicos, químicos e biológicos dos solos (BALOTA et al., 1998). De acordo com Wohlenberg et al. (2004) a rotação ou sucessão de culturas podem ter variações na agregação do solo de acordo com as diferenças nas espécies de plantas.

Diferente da rotação de culturas que consiste na alternância ordenada de diferentes culturas, em um determinado intervalo de tempo na mesma área e na mesma estação do ano, a sucessão de culturas é definida como o ordenamento de culturas na mesma área por um tempo indeterminado, cada uma cultivada em uma estação do ano (FRANCHINI et al., 2011).

2.4.1 A cultura do feijão

O Brasil é um dos maiores consumidores e produtores de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*, L.) por ser uma das principais fontes de proteína e de ferro, além de também ser um alimento de fácil acesso e preparo (LOVATO et al., 2018). O feijão possibilita o plantio em até três momentos durante a temporada, na busca pelo equilíbrio no abastecimento, isso pelo fato de ser uma cultura de ciclo curto. Na primeira safra deste ano, a área é estimada em 910,7 mil hectares, uma redução de 1,3% em relação à safra passada. Mesmo com uma menor área semeada, estima-se que a produtividade se recupere e aumente 6,1% do obtido no último exercício, que sofreu com os problemas decorrentes das adversidades climáticas e prejudicaram a produção. A estimativa para esta safra é de uma produção 4,8% superior àquela obtida em 2018/19 (CONAB, 2019).

O feijão é um alimento que fornece além de proteína e ferro, nutrientes essenciais ao ser humano como cálcio, magnésio, zinco, vitaminas (principalmente do complexo B), carboidratos e fibras, muito consumido por populações de baixa renda como a principal fonte de proteínas, sendo um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro (MESQUITA et al., 2007).

O cultivo do feijoeiro no Brasil é de grande importância, não apenas pela área cultivada e valor de produção, mas também pela alimentação básica da população brasileira. Sendo assim, o cultivo do feijoeiro constitui-se numa das principais explorações agrícolas. E por isso possui grande importância econômica e social (MESQUITA et al., 2007; GALLO et al., 2015).

O feijão cultivado no Brasil para abastecer o setor alimentício interno, sendo praticado por pequenos, médios e grandes produtores (GASPARIN et al., 2018), em diversas regiões do país, utilizando diferentes níveis tecnológicos. Dentre estes produtores, a agricultura familiar é apontada como a grande responsável pela produção de feijão no país (SILVA & WANDER, 2013).

2.4.2 A cultura do milho

A cultura do milho (*Zea mayz* L.) é conhecida por ser um dos alimentos mais nutritivos, com cultivo amplamente distribuído em todos os continentes. O milho se destaca das demais por apresentar características que são muito desejadas, como um alto rendimento de massa verde por hectare e também altas qualidades nutricionais, resultando em produções elevadas e em uma silagem de alta qualidade (CANCELLIER et al., 2011). A estimativa de crescimento de 1,2% na área semeada, com um total de 4,2 milhões de hectares, e produção estimada em 26,3 milhões de toneladas, um valor 2,6% superior a 2018/19 (CONAB, 2019).

O milho é o principal ingrediente energético destinado à nutrição animal, especialmente de aves e suínos, uma vez que apresenta alta digestibilidade de seus nutrientes, além da ausência de fatores antinutricionais intrínsecos e de elevada produtividade de grãos. Em torno de 70 a 80% da produção é empregada na composição de rações para produção de proteína de origem animal como, ovos, carne e leite (ALVES et al., 2015). Além disso, o milho é a cultura usada como padrão na produção de silagem devido ao fato de conter bom valor nutritivo, associado a elevada produtividade (PAZIANI et al., 2009).

O milho é cultivado em todos os estados do Brasil, sendo a sua produção concentrada nas Regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste (ALVES et al. 2015).

2.5 Emissão de CO₂ em função do manejo do solo

Com o passar dos anos, devido aos problemas de emissão de gases do efeito estufa GEE's (CO₂, N₂O, CH₄ e CFCs), tem sido crescente o interesse no estudo do comportamento dos solos quanto à sua capacidade de armazenar ou perder carbono (C), nas diversas condições de manejo existentes (COSTA et al., 2013).

As atividades de agricultura, silvicultura e outros usos da terra foram responsáveis por cerca de 13% do CO₂, 44% do metano (CH₄) e 81% das emissões de óxido nitroso (N₂O) das atividades humanas em todo o mundo durante 2007 - 2016, representando 23% do total das emissões antropogênicas líquidas de GEE's. Vale ressaltar que a terra pode ser ao mesmo tempo uma fonte e um reservatório de CO₂, devido a fatores antropogênicos e naturais, dificultando a separação dos fluxos

antropogênico e natural (IPCC 2019). As dinâmicas das emissões de CO₂ dos solos agrícolas, especialmente aquelas induzidas pelo preparo do solo, são complexas e variáveis, por serem influenciadas tanto por fatores bióticos e abióticos. (SILVA et al., 2019).

As tecnologias convencionais de lavoura que envolvem aração podem aumentar as emissões de CO₂ do solo para o meio ambiente (BURAGIENÉ et al., 2015). As operações de preparo do solo modificam a arquitetura do solo e promovem a alteração de suas condições de umidade e temperatura, reduzem a quantidade e retiram resíduos de plantas depositadas em camadas cultivadas (folhetos) para camadas mais profundas do solo (SILVA et al., 2019).

O preparo do solo quebra grandes agregados e gera microagregados com maiores áreas de superfície e a matéria orgânica lábil associada a eles (XIAO et al., 2019). Diversos autores determinaram maiores emissões de CO₂ quando o solo é submetido ao manejo convencional quando comparado ao sistema de semeadura direta, além de um aumento no conteúdo de carbono orgânico do solo e menores emissões de CO₂ no solo em solos cultivados com semeadura direta, em comparação com os solos convencionalmente cultivados (RUTKOWSKA et al., 2018).

O uso de práticas de conservação do solo., é cada vez mais utilizada na produção agrícola devido às suas vantagens ambientais e econômicas em relação aos sistemas tradicionais (RUTKOWSKA et al., 2018). O sistema de semeadura direta é uma das práticas de conservação que contribui para a redução das perdas de solo e de carbono orgânico, isso graças à manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo e à proteção física da matéria orgânica. A manutenção de resíduos culturais na superfície do solo neste sistema de preparo proporciona aumento da retenção de água e maior proteção do solo contra o impacto direto das chuvas, em relação a sua incorporação mediante o preparo convencional (COSTA et al., 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área

O experimento de campo foi conduzido na área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) - *Campus* Santa Teresa, na área experimental situada sob um pivô central de área total de 14 ha, em São João

de Petrópolis no município de Santa Teresa-ES, cujas coordenadas geográficas são 19°47'57.8492 " S de latitude, e 40°40' 24.6768 " W de longitude.



FIGURA 1. Delimitação das áreas de estudo.

O clima é tropical. O verão tem muito mais pluviosidade que o inverno. O clima é classificado como Aw de acordo com Köppen e Geiger. Em São João de Petrópolis a temperatura média é 24.4 °C e pluviosidade média anual de 1161 mm. O experimento foi realizado de outubro de 2018 a outubro de 2019, os parâmetros climáticos podem ser visualizados na Figura 2, os dados de precipitação e temperatura foram obtidos pela estação meteorológica do IFES – Campus Santa Teresa.

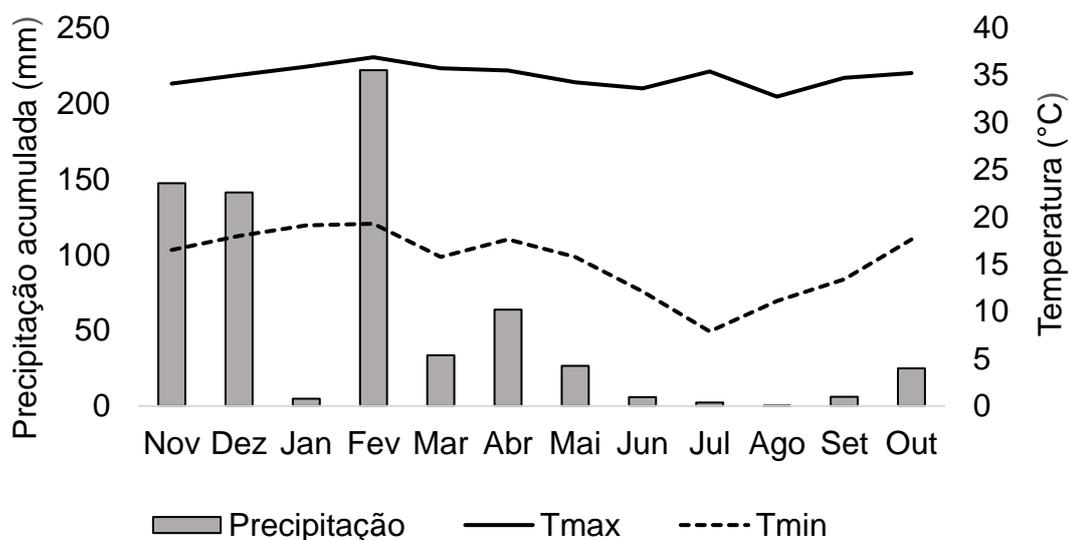


FIGURA 2. Dados de precipitação e temperatura (máxima e mínima) durante o período de estudo.

O solo nas áreas de estudo é um Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013), as características físicas estão presentes na Tabela 1, determinadas a uma profundidade de 0-20 cm.

TABELA 1. Resistência a penetração (RP), Densidade do solo (Ds), Volume total de poros (VTP), Microporosidade (Mi) e Macroporosidade (Ma) no preparo convencional (PC) e no sistema de semeadura direta (SD).

	RP (Mpa)	Ds (g cm ⁻³)	VTP (m ³ m ⁻³)	Mi (m ³ m ⁻³)	Ma (m ³ m ⁻³)
PC	5,691	1,479	0,434	0,308	0,125
SD	7,385	1,674	0,477	0,353	0,125
Granulometria					
	Partículas		Percentual (%)		
	Argila		63		
	Silte		7		
	Areia		30		

3.2 Histórico da área experimental

Na área de estudo são adotados dois sistemas de preparo de solo. O sistema de preparo convencional (PC) e o sistema de semeadura direta (SD). A área encontrava-se coberta por uma vegetação espontânea, com cerca de 1,20 m de altura.

O PC é realizado na área a mais de 50 anos, onde nos últimos anos vem sendo cultivada a cultura do milho, destinado à silagem e produção de grãos, com um total de aproximadamente 7 ha, sendo para este experimento usada uma área de 1ha. Para o preparo convencional do solo foi realizada a aração e gradagem do terreno, sendo utilizado um arado de discos fixo da marca Kohler®, modelo ARF328, três discos de 28 polegadas, massa total 400 kg e uma grade destorroadora e niveladora da marca Kohler®, modelo 195 3220, tipo offset, 32 discos de 20 polegadas. Sendo utilizado trator da marca *New Holland*®, modelo TL 85 E, tração dianteira auxiliar; motor MWM, potência de 83 cv a 2400 rpm; turbo aspirado e um trator da marca *Massey Ferguson*®, fabricado em 2012, modelo 4291, 4x2 com tração dianteira auxiliar.

O SD é realizado na área a cerca de 10 anos, cultivado com milho em uma área de aproximadamente 6 ha. Para o estudo foi adotada uma área de 1 ha. Sendo realizada a aplicação de herbicida, por meio de um pulverizador de barras hidráulico.

3.3 Sucessão de culturas da área

Nas duas áreas de estudo foi realizada a sucessão de culturas, trabalhando-se inicialmente com a cultura do feijão (setembro de 2018 a janeiro de 2019), seguido pelo plantio do milho (março a julho) e um período de pousio nas duas áreas de estudo (setembro a outubro), o pousio teve início após o final da colheita da cultura do milho. Cada cultura foi cultivada uma única vez no período descrito acima, assim também com o pousio trabalhado uma única vez, na parte final do experimento.

Foi utilizado, para o plantio em ambas áreas e culturas, o trator da marca *Massey Ferguson*®, fabricado em 2012, modelo 4291, 4x2 com tração dianteira auxiliar e uma semeadora adubadora.

Para o plantio do feijão foram utilizadas cinco variedades fornecidas pelo IFES, sendo algumas delas crioulas. Foram utilizados: Carioca Rosado, N. M.,

Chumbinho, Nova Planta e Carioca (Figura 3), com espaçamento de 0,6 m entre fileiras e 10 sementes por metro linear.



FIGURA 3. Variedades utilizadas para o plantio: Carioca Rosado (A), N. M. (B), Chumbinho (C), Nova Planta (D) e Carioca (E).

Para o plantio do milho foram utilizadas sementes crioulas também fornecidas pelo IFES com espaçamento de 1 m e de 8 sementes por metro linear. O plantio teve como objetivo a produção de grãos.

As quantidades de fertilizante utilizadas foram dosadas de modo a atender à exigência das culturas conforme resultados da análise de solo.

A colheita do milho foi realizada manualmente e a área permaneceu sob descanso.

As duas áreas receberam o mesmo manejo de irrigação, conduzido por meio de um pivô central da marca Focking, sendo as lâminas de irrigação determinadas conforme a necessidade das culturas. Por motivos de seca na região durante o cultivo do milho, esta deve que ser suspensa.

A primeira cultura a ser plantada foi o feijão. O plantio ocorreu no dia 26/09/2018 nas duas áreas e no dia seguinte os colares foram instalados. Ao longo do cultivo foi feito o controle de formigas em ambas áreas, assim como aplicações de herbicidas para controle de ervas daninhas. A cultura também recebeu adubação de cobertura com ureia e aplicação de foliares. E no dia 08/01/2019 o feijão foi colhido.

Por ter sido plantado em um período em que ocorre bastante precipitação, havia água disponível e por isso a cultura do feijão recebeu a lâmina de irrigação ideal para o seu desenvolvimento.

O milho foi plantado no dia 22/02/2019. Após a emergência foi realizada a instalação dos colares. Foram realizados os manejos necessários para o bom desenvolvimento da cultura, como aplicação de herbicidas. A irrigação foi realizada durante o mês de março apenas, pois devido à seca na região, esta deve que ser suspensa, assim a cultura contou apenas com as poucas chuvas que ocorrem nos meses seguintes.



FIGURA 4. Pulverização da área para plantio (A), plantio no preparo convencional (B) e plantio no sistema de plantio direto (C).

3.4 Emissão de CO₂

As leituras da emissão de CO₂ foram obtidas através de um analisador sw gás infravermelho (IRGA) com uma câmara de fluxo fabricada pela companhia *LI-COR*, modelo LI-8100A, câmara opaca modelo LI8100-104C com volume 4.823,9 cm³, onde é determinado o fluxo de CO₂ do solo ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em uma câmara de sistema fechado automático (LI-COR® Biosciences, Lincoln, NE, USA).

Para a avaliação foi realizada a instalação de colares de PVC nas duas áreas de estudo. Em cada ponto de avaliação a câmara de fluxo era acoplada sobre o colar para realização da leitura de emissão.

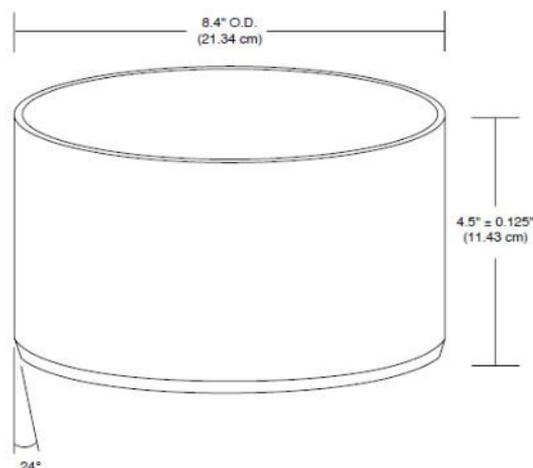


FIGURA 5. Dimensões dos colares de PVC de 20,3 cm (8"). Fonte: LI-COR.

Em cada área experimental foram instalados 10 colares distribuídos aleatoriamente, posicionados entre as linhas de cultivo, evitando-se áreas heterogêneas como, por exemplo, manchas de solo, formigueiros e áreas de manobra do conjunto mecanizado. A instalação dos colares contou com *chamber off-set* (medida a partir da parte superior do colar acima da superfície do solo) de 0,02 m. Os colares foram sempre instalados com no mínimo 24 horas antes da primeira leitura. As avaliações foram realizadas entre 9:00 horas e 12:00 horas, sendo realizadas sempre no mesmo dia, iniciando pelo PC e posteriormente o SD. Ao longo do período de estudo as avaliações foram realizadas a cada quinze dias. As leituras tiveram duração de 3 minutos, com a aferição a concentração de gás carbônico no interior da câmara a cada segundo. A emissão de CO₂ foi avaliada durante o período no qual ocorreu a sucessão de culturas, nas duas áreas de preparo e durante o período de pousio posterior a sucessão.



FIGURA 6. Instalação do colar de PVC (A) e avaliação durante o cultivo do milho (B) e feijão (C).

3.5 Atributos físicos e químicos do solo

O teor de água do solo foi determinado através de amostragens coletadas no momento da leitura, sendo aferidas com a utilização da metodologia padrão de estufa (EMBRAPA, 1997), no laboratório de solos do IFES – Campus Santa Teresa, imediatamente após as atividades de campo.

A temperatura do solo foi determinada com auxílio de um termômetro de solo SOLOTHERM 1200 medida a um raio de 0,10 m de distância a partir da parte externa do colar de PVC e a uma profundidade de 0,05 e 0,10 m.

O solo foi amostrado nas duas áreas de estudo (PC e SD) retirando-se o solo na profundidade de 0-20 cm, levados ao laboratório de solos do IFES – Campus Santa Teresa. O solo foi seco em estufa a 55 °C, destorroado e peneirado em malha de 1 mm. Nas amostras de solo, foram determinados pH em água, Al, Ca, Mg, matéria orgânica e saturação na CTC Ca, Mg e K, seguindo a metodologia de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo (EMBRAPA, 1998),

TABELA 2. Resultados da análise química do solo para as áreas de preparo convencional (PC) e sistema de semeadura direta (SD).

Preparo de solo	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	M.O.	Saturação na CTC		
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
		cmol _c dm ⁻³			dag/kg	%		
PC	5,8	0,0	5,0	1,2	2,0	48,3	11,6	1,4
SD	5,6	0,1	4,6	1,1	2,1	45,8	11,0	1,4

3.6 Análise estatística

O experimento consistiu de um delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 10 repetições.

Aplicou-se a estatística descritiva para as variáveis, e em seguida foram submetidas a análise de variância aplicando-se o teste F e a comparação pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa R Core Team. A fim de estabelecer a interação entre as variáveis foi realizada correlação de Pearson para as variáveis teor de água no solo, temperatura e emissão de CO₂.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Emissão de CO₂ durante o cultivo do feijão

A estatística descritiva para as variáveis emissão de CO₂, temperatura e teor de água no solo medidas ao longo do cultivo do feijão encontram-se na Tabela 3. Para a variável fluxo de CO₂ do solo foi observada uma média de 3,373 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o PC e de 2,329 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o SD, com coeficiente de variação de 33,63% e 31,07%, respectivamente, sendo maior que para as variáveis teor de água no solo e temperatura.. Já para o teor de água no solo os valores médios foram de 0,127 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o PC e 0,158 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o SD. A temperatura a média foi de 35,42°C para PC e 39,20°C no SD.

TABELA 3. Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão (Desv), curtose, assimetria, mínimo (Min), máximo (Max) e coeficiente de variação (CV), das variáveis Fluxo de CO₂, Teor de água no solo e Temperatura) para SD e PC.

Preparo	Média	Mediana	Desv.	Curtose	Assimetria	Mín.	Máx.	CV
Fluxo de CO₂ do solo ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)								
PC	3,373	3,275	1,135	-0,330	-0,124	0,93	5,76	33,63%
SD	2,329	2,235	0,723	-0,178	-0,034	0,93	4,03	31,07%
Teor de água no solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)								
PC	0,127	0,119	0,033	-1,051	0,164	0,066	0,184	25,74%
SD	0,158	0,155	0,033	0,183	0,152	0,08	0,24	20,87%
Temperatura (°C)								
PC	35,42	35,35	3,001	0,149	0,247	29	42,9	8,47%
SD	39,20	38,6	2,680	-0,169	0,794	35,4	45,3	6,83%

Para a temperatura do solo não foi observada interação entre o sistema de preparo do solo e dias após o plantio. Na Tabela 4 são apresentadas as médias de temperatura observadas durante o experimento nos diferentes tipos de manejo de solo. O PC apresentou uma média de 35,42°C, já o SD a média se mostrou maior com 39,20°C.

TABELA 4. Temperatura durante o experimento para o preparo convencional (PC) e o sistema de semeadura direta (SD).

	Preparo do solo		C.V. (%)
	PC	SD	
Temperatura (°C)	35,42b	39,20a	7,51

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação ao sistema de preparo do solo, a SD apresentou valores significativamente mais elevados de temperatura que o PC (Tabela 4), durante o período em que se foi cultivado o feijão. Na literatura o SD é conhecido por apresentar temperaturas mais amenas, em função da cobertura do solo. Esse sistema mostrou temperaturas mais elevadas pelo fato de que as avaliações foram realizadas no mesmo dia entre as 9:00 e 12:00 horas, iniciando sempre pelo PC e em seguida o SD. Quando se iniciavam as avaliações na SD, o solo já havia recebido muita incidência de raios solares, e percebia-se o aumento da temperatura em cada ponto de coleta, onde o solo se tornava a cada leitura mais aquecido. Além disso, como apresentado na tabela 1, a semeadura direta apresentou valores mais elevados tanto de resistência a penetração quanto densidade do solo, justificando as temperaturas mais elevadas nesse sistema de preparo que as encontradas no PC, já que a densidade menor indica uma melhor aeração promovendo um aquecimento menor desta área pelo ar não ser um bom condutor de calor (KAISER et al., 2002).

A temperatura também recebeu influência dos dias após o plantio. Com o passar dos dias, foi percebido um aumento da temperatura do solo. Esse fato pode estar relacionado a estação do ano em que foi realizado o experimento. As avaliações foram realizadas durante a primavera e o verão, período este em que recebemos mais energia solar, ocasionando um aumento da temperatura. O coeficiente de determinação (Figura 6) indica que 59,48% é esclarecido pela equação linear.

Diferente do ocorreu com a temperatura, tanto para o teor de água no solo, quanto para o fluxo de CO₂ do solo, foi encontrada interação significativa entre o sistema de preparo do solo e os dias após o plantio.

Para o teor de água no solo após 5 dias do plantio o teor de água no solo não diferiu entre os sistemas de preparo do solo. Nos demais 17, 63 e 78 dias após o plantio, o teor de água do solo foi significativamente maior no SD que no PC (Figura 8a). Isso está associado ao fato de o SD promover uma maior conservação da

cobertura do solo quando comparado ao PC. A cobertura vegetal propiciada pela palhada da cultura auxilia na preservação da umidade (Moitinho et al., 2013), assim o SD proporciona uma redução das perdas de água por evaporação e por escoamento superficial (TIVELLI et al., 2010).

Em relação ao fluxo de CO₂ do solo, somente 17 dias após o plantio não foi observada diferença significativa entre os sistemas de preparo. Nos primeiros dias o PC é geralmente maior devido ao revolvimento do solo, graças a oxidação da matéria orgânica do solo reduzindo o estoque de carbono, o que não ocorre no SD devido ao não revolvimento e a disposição de restos culturais na superfície do solo. Já para 5, 63 e 78 dias após o plantio, houve diferença entre as emissões de CO₂, sendo que em todos os dias, a emissão foi maior no PC que no SD. Diversos autores apontam a SD como uma importante ferramenta na mitigação de emissão de GEE's. Para Auler et al. (2019) a distinção relacionada a emissão de CO₂ entre SD e sistemas mais agressivos ao solo, como o PC, é um reflexo direto do revolvimento do solo. O aumento da emissão de CO₂ no PC está associado a uma maior atividade microbiana, cujo o aumento da respiração é devido à introdução direta de resíduos de culturas no solo, que fornecem nutrientes para o crescimento das populações microbianas do solo (RUTKOWSKA et al., 2018). Sistemas de preparo sem revolvimento do solo, em que são adotados sistemas de culturas com elevado aporte de resíduos vegetais, promovem a mitigação das emissões de CO₂, o que fica evidente pelo aumento dos estoques de C no solo, assim sendo, a SD, adotado em diversas regiões do Brasil, é uma prática que tem potencial para sequestrar C no solo, quando combinado a sistemas de cultura adequados (BAYER et al., 2011). Para Manzatto et al. (2019) a adoção de SD deve ser considerada como ponto chave para a construção de uma agricultura sustentável e lucrativa nos trópicos, contribuindo, ainda, para a mitigação do aquecimento global. Para Siqueira Neto et al. (2011) a SD pode ser considerado uma atividade com potencial para sequestrar carbono no solo. A semeadura direta é capaz de aumentar estoques de carbono no solo e reduzir a emissão dos gases do efeito estufa, pelo fato de, além de outras propriedades, promover decomposição mais lenta dos resíduos orgânicos (CARVALHO et al., 2009).

Nas figuras encontram-se as análises de regressão feitas para as variáveis estudadas. Como a interação entre os fatores não foi significativa para a temperatura, foi realizada a regressão independente da forma de preparo do solo.

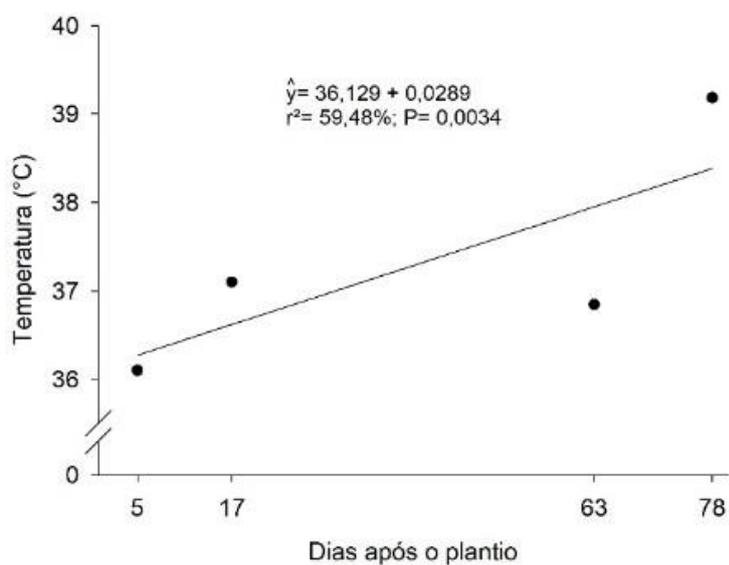
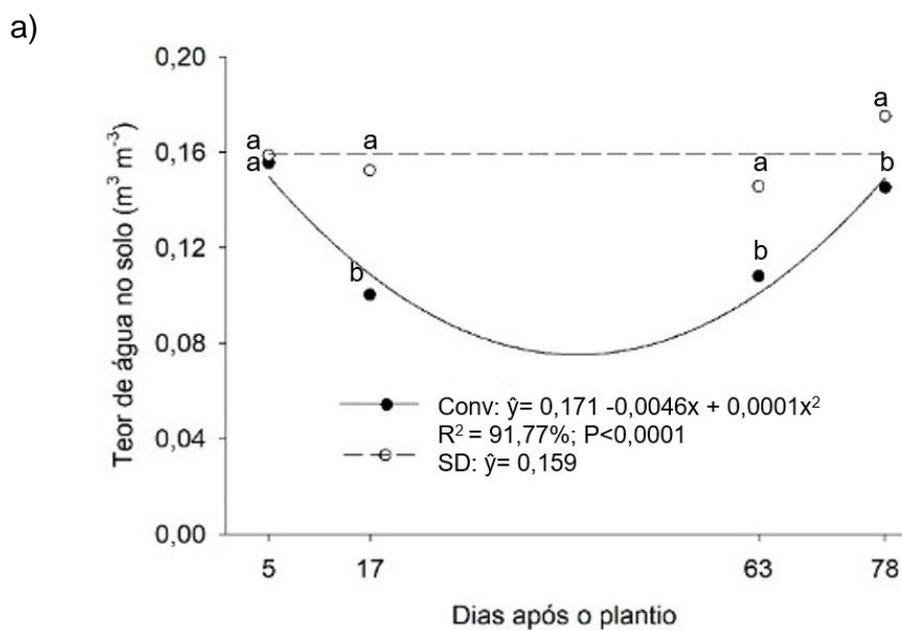


FIGURA 7. Efeito dos dias após o plantio na temperatura do solo.

Para as variáveis teor de água do solo e fluxo de CO_2 ocorreu interação entre os fatores. Na figura abaixo encontra-se a análise de regressão do efeito dos dias após plantio para cada sistema de preparo do solo.



b)

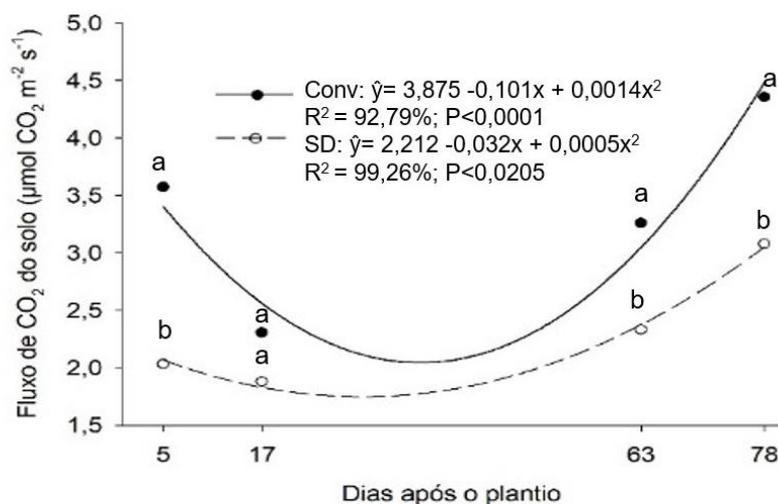


FIGURA 8. Efeito dos dias após o plantio para variáveis teor de água no solo (a) e fluxo de CO₂ (b) para o preparo convencional e plantio direto.

Foram ajustados modelos de regressão para dias após plantio em cada sistema de preparo de solo para o teor de água no solo e fluxo de CO₂ (Figura 8). Para o teor de água do solo para o PC foi ajustado o modelo quadrático, coeficiente de determinação de 91,77%.

Para o fluxo e CO₂, para os dois sistemas de preparo foram ajustado o modelo quadrático. Com coeficiente de determinação de 92,79% para o PC e 99,26% para o SD.

O fluxo de CO₂, para ambos sistemas de preparo do solo teve uma redução do primeiro dia de avaliação (5 dias após o plantio) para o segundo dia (17 dias após o plantio) e nas demais avaliações o fluxo voltou a aumentar. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que a primeira avaliação foi realizada com poucos dias após o plantio, ato que promove perturbação no solo e pode ter influenciado no fluxo, já na segunda leitura, pelo intervalo entre avaliações, o fluxo foi menor. O aumento que ocorreu aos 63 e 78 dias, pode ser explicado pelas condições climáticas, uma vez que foi observado um aumento tanto da temperatura quanto do teor de água do solo.

Na Tabela 5 são apresentados os valores da correlação de Pearson para as variáveis emissões de CO₂, temperatura e teor de água no solo para PC e SPC. De acordo com os valores observados pode-se afirmar que tanto para o PC quanto para o SD não foi observada correlação significativa entre as variáveis.

TABELA 5. Correlação de Pearson para as variáveis Fluxo de CO₂ (FCO₂), Teor de água no solo (TAS) e Temperatura (°C) para preparo convencional (PC) e sistema de semeadura direta (SD).

	PC		
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	-0,026	1	
FCO ₂	0,784	0,587	1
	SD		
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	0,853	1	
FCO ₂	0,750	0,604	1

As alterações na emissão de CO₂, quando não relacionadas ao teor de água do solo ou às mudanças de temperatura do solo, podem estar relacionadas à respiração das raízes (VICENTINI et al., 2019).

4.2 Emissão de CO₂ durante o cultivo do milho

Na Tabela 6 encontra-se a estatística descritiva para as variáveis emissão de CO₂, temperatura e teor de água no solo. Para a variável fluxo de CO₂ do solo foi observada uma média de 1,268 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para o PC e de 1,800 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ para o SD, com coeficiente de variação de 51,30% e 38,05%, respectivamente, mais uma vez esta variável apresentou o maior valor de coeficiente de variação que as demais. Já para o teor de água no solo os valores médios foram de 0,171 m³ m⁻³ para o PC e 0,202 m³ m⁻³ para o SD. Para temperatura a média foi de 25,29 °C para PC e 27,27 °C no SD.

TABELA 6. Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão (Desv), curtose, assimetria, mínimo (Min), máximo (Max) e coeficiente de variação (CV), das variáveis Fluxo de CO₂, Teor de água no solo e Temperatura) para SD e PC.

Preparo	Méd.	Mediana	Desv.	Curtose	Assimetria	Mín.	Máx.	CV
Fluxo de CO₂ do solo (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹)								
PC	1,268 b	1,08	0,650	-0,460	0,725	0,29	2,78	51,30%
SD	1,800 a	1,755	0,685	-0,445	0,427	0,63	3,42	38,05%
Teor de água no solo (m³ m⁻³)								
PC	0,171	0,169	0,024	0,506	0,720	0,125	0,239	14,00%
SD	0,202	0,005	0,375	6,039	1,652	0,127	0,364	18,55%
Temperatura (°C)								
PC	25,29	24,65	3,599	0,473	1,114	20,5	33,9	14,23%
SD	27,27	26,15	3,963	0,453	1,256	22,4	37	14,53%

Na tabela 7 encontram-se as médias para as variáveis teor de água no solo, temperatura e fluxo de CO₂. Foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de preparo de solo para todas as variáveis analisadas.

TABELA 7. Preparo do solo para as variáveis das variáveis Fluxo de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), Teor de água no solo (m³ m⁻³) e Temperatura (°C).

	Preparo do solo		C.V. (%)
	Convencional	Semeadura direta	
Teor de água no solo	0,171b	0,202a	25,03
Temperatura	25,29b	27,27a	3,82
Fluxo de CO ₂ do solo	1,268b	1,800a	32,48

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

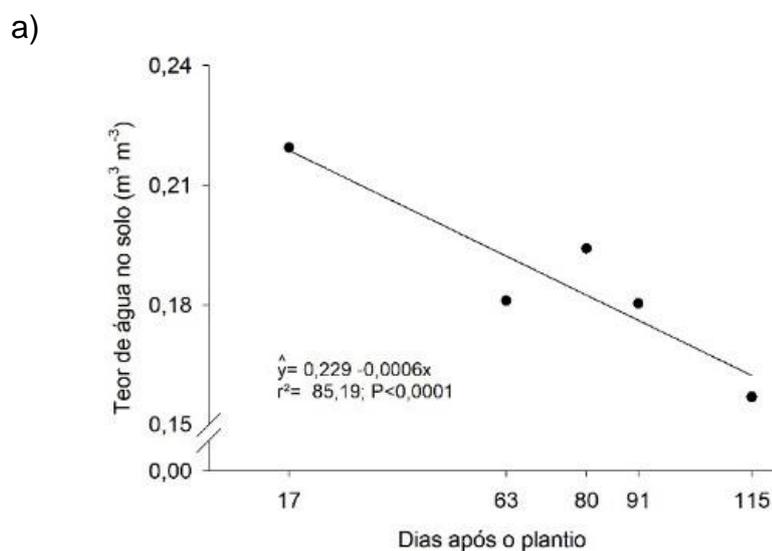
Como esperado, o teor de água do solo foi significativamente maior na SD que PC. No SD, os restos de cultura mantidos sobre a área aumentam a infiltração de água no solo, diminuindo assim a erosão causada pelas águas de chuva. Para Corrêa (1980) a retenção de água ocorre graças as raízes e pela quantidade significativa de matéria orgânica proveniente da decomposição destas raízes, assim como dos restos culturais deixados na superfície.

A temperatura também foi maior no SD assim como para o cultivo do feijoeiro e isso ocorreu pelo mesmo fato, uma vez que independente do cultivo, as avaliações sempre se iniciaram pelo PC e posteriormente eram realizadas na SD, assim como

como a justificativa da densidade, já que o plantio foi realizado na mesma área experimental.

Diferente do que se esperava, o SD mostrou valores mais elevados de fluxo de CO₂ que o PC. Durante a realização deste experimento, por causa da seca que ocorreu na região, a irrigação foi suspensa e houve pouca precipitação durante o cultivo do milho, assim o PC o qual já é desprovido de cobertura, ficou ainda mais desprotegido, já o SD, mesmo com uma redução da cobertura, essa esteve presente sobre a área de cultivo, proporcionando as vantagens de uma cobertura, entre elas, a redução da temperatura ao longo do dia. Temperaturas altas têm efeitos negativos sobre plântulas e raízes e na atividade microbiana (FURLANI et al., 2008), assim a ausência de cobertura no PC pode ter promovido maior aquecimento do solo e redução na atividade das raízes e microrganismos. Em trabalho realizado por Simon (2018) sobre a determinação do fluxo de CO₂ e os atributos físicos e o carbono orgânico total do solo em diferentes sistemas de preparo do solo, observou-se maior emissão de CO₂ para o SD quando comparado ao PC e cultivo mínimo e apontou como justificativa a presença da palhada na área, que mesmo com a área sob estresse hídrico estava presente, protegendo o solo e garantindo a vida dos microrganismos e raízes. Em trabalho realizado por Signor et al. (2014) o fluxo de CO₂ aumentou com o aumento da quantidade de palha depositada sobre o solo.

As variáveis estudadas também receberam influência da quantidade de dias após o plantio da área. Na Figura 9 é apresentada a análise de regressão para o teor de água no solo, temperatura e fluxo de CO₂ do solo.



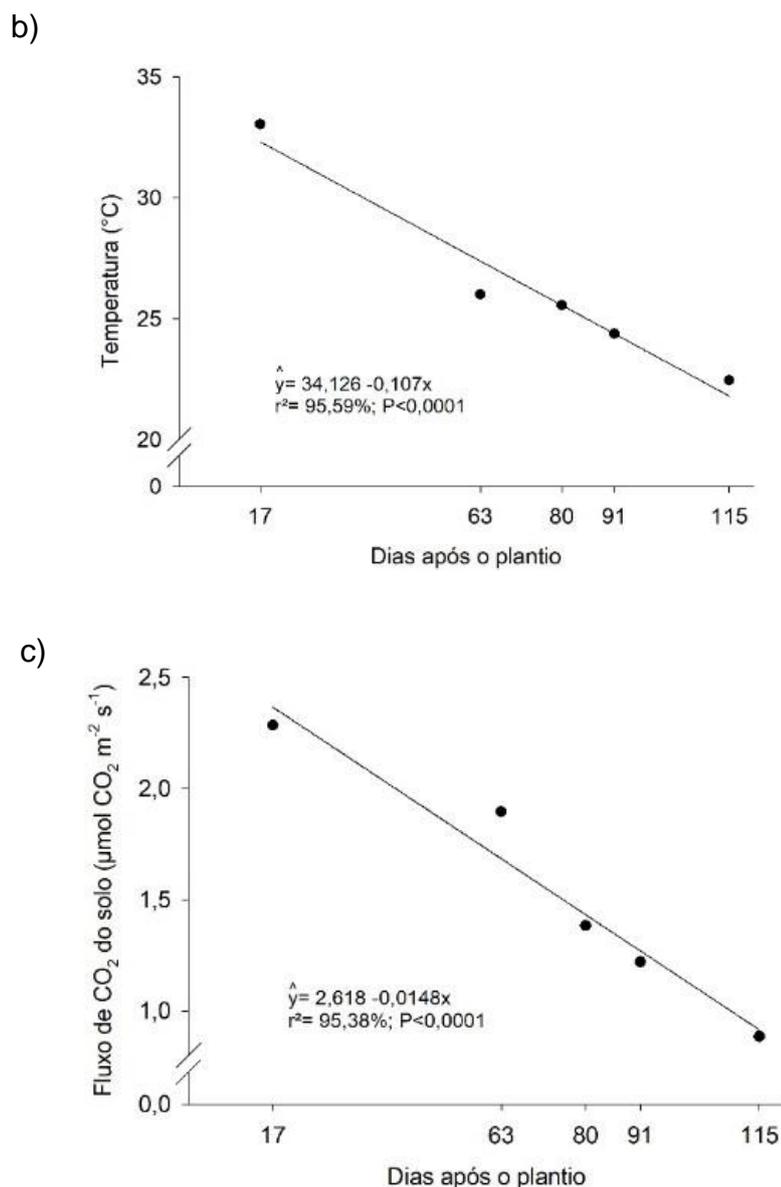


FIGURA 9. Efeito dos dias após o plantio para teor de água do solo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e fluxo CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Para todas as variáveis teor de água do solo, temperatura e fluxo de CO_2 foi ajustado o modelo linear, com coeficiente de determinação de 85,19%, 95,59% e 95,38%, respectivamente (Figura 9).

Foi observado um decréscimo em todas as variáveis com o passar dos dias. Como já citado anteriormente, ocorreu um período de seca na região durante o cultivo do milho e por esse motivo o teor de água no solo diminuiu com o passar dos dias.

Em relação a temperatura, acredita-se que essa redução ocorreu pela época do ano, já que o milho foi cultivado no período outono-inverno, período em que se tem

temperaturas do ar mais amenas e assim o solo também tende a apresentar temperaturas mais baixas quando comparado a outras estações do ano.

A redução do fluxo de CO₂ pode ter ocorrido pelo fato das condições favoráveis como temperatura e teor de água do solo também terem diminuído ao longo dos dias.

A Tabela 8 mostra os valores referentes a correlação para as variáveis emissão de CO₂, temperatura e teor de água do solo.

Para ambos sistemas de preparo do solo, foi observada correlação positiva significativa entre a emissão de CO₂ e a temperatura do solo (0,932 para o PC e 0,885 SD).

TABELA 8. Correlação de Pearson para as variáveis Fluxo de CO₂ (FCO₂), Teor de água no solo (TAS) e Temperatura (°C) para preparo convencional (PC) e sistema de semeadura direta (SD).

				PC		
		TAS	Temperatura	FCO ₂		
TAS		1				
Temperatura		0,963*	1			
FCO ₂		0,829	0,932*	1		
				SD		
		TAS	Temperatura	FCO ₂		
TAS		1				
Temperatura		0,894*	1			
FCO ₂		0,847	0,885*	1		

*Os coeficientes significativos para a correlação de Pearson ($p < 0,05$).

A temperatura do solo é um fator importante para a emissão de CO₂ por acelerar a decomposição da matéria orgânica e a atividade microbiana e radicular (SILVA et al., 2019).

Correlações entre as emissões de CO₂ do solo e temperatura são comumente encontradas na literatura e aumentos na temperatura do solo estimulam a atividade microbiana bem como aumentam a respiração das raízes das plantas (CARMO et al., 2014), comportamento esse que exerce influência direta sobre a emissão de CO₂ do solo. Araújo et al. (2016) observaram que o aumento da temperatura desencadeou processos que favoreceram a mineralização da matéria orgânica do solo e conseqüentemente maior liberação de CO₂ para atmosfera. Siqueira Neto et al. (2011)

constatarem que o período com elevação da temperatura e maior pluviosidade, foi determinada emissão máxima de CO₂.

Em razão de as massas de ar que circulam no planeta possuírem diferentes temperaturas, o fluxo de CO₂ no globo terrestre também é diferenciado; em regiões mais quentes as emissões serão superiores (CARVALHO et al., 2010). Com o aumento da temperatura do solo, se tem maior emissão de CO₂, isso pode ser explicado por baixas temperaturas reduzirem a mineralização da matéria orgânica do solo, assim sendo, temperaturas mais elevadas tendem a aumentar esse processo promovendo uma maior emissão (PIRES et al., 2017).

O milho é uma cultura que, pelo fato de apresentar um crescimento ereto, não proporciona grande cobertura ao solo, deixando-o exposto. A incidência direta de raios solares sobre o solo, aumenta a temperatura, que, por sua vez, intensifica a atividade microbiana, proporcionando um aumento da emissão de C-CO₂ do solo para a atmosfera (COSTA et al., 2008). Esse fato é mais evidente em sistemas de preparo de solo como o PC, que não promove nenhuma cobertura sobre o solo decorrente do revolvimento, no entanto, também foi observada correlação positiva significativa entre a temperatura e a emissão de CO₂ no SD, sistema de preparo conhecido por manter a cobertura sobre o solo. Vale ressaltar que durante o período de cultivo de milho, a região onde se localizava o experimento passou por um período de seca causando assim a suspensão da irrigação e com isso uma redução na cobertura do solo no SD, deixando o mesmo mais exposto aos raios solares e conseqüentemente provocando o aumento da temperatura.

4.3 Emissão de CO₂ durante o período de pousio

Na Tabela 9 encontra-se a estatística descritiva para as variáveis emissão de CO₂, temperatura e teor de água no solo. Para a variável fluxo de CO₂ do solo foi observada uma média de 0,949 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o PC e de 0,906 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o SD. Já para o teor de água no solo os valores médios foram de 0,099 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o PC e 0,125 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ para o SD. Para temperatura a média foi de 25,94 °C para PC e 27,11 °C no SD.

TABELA 9. Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão (Desv), curtose, assimetria, mínimo (Min), máximo (Max) e coeficiente de variação (CV), das variáveis Fluxo de CO₂, Teor de água no solo e Temperatura) para SD e PC.

Preparo	Méd.	Mediana	Desv.	Curtose	Assimetria	Mín.	Máx.	CV
Fluxo de CO₂($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)								
PC	0,949 a	0,705	0,604	0,426	1,086	0,23	2,62	63,61%
SD	0,906 a	0,9	0,383	-0,806	0,265	0,34	1,73	42,33%
Teor de água no solo ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)								
PC	0,099	0,093	0,035	-0,576	0,584	0,045	0,174	35,03%
SD	0,125	0,115	0,037	-1,147	0,249	0,064	0,191	29,43%
Temperatura (°C)								
PC	25,94	26,2	1,496	-0,971	-0,088	23,3	29	5,77%
SD	27,11	27,1	1,197	-0,472	0,187	25	29,9	4,41%

Observando a tabela 9, é possível perceber que o coeficiente de variação para fluxo de CO₂ foi bem elevado e maior que as demais variáveis, assim como ocorreu com a cultura do feijão e do milho. Isso acontece pela diferença entre as emissões máximas e mínimas serem muito altas e por isso o coeficiente de variação é elevado, o que é típico dos padrões de emissão de CO₂ do solo (MENDONÇA, et al., 2011).

Em relação ao estudo realizado durante o período de pousio da área, para teor de água do solo e a temperatura houve interação entre o preparo do solo e dias após o pousio. Na Figura 11 encontram-se as médias para as variáveis analisadas em cada sistema de preparo para os dias após pousio.

Para teor de água, no primeiro dia em que a área se encontrava sobre pousio, o PC apresentou valor significativamente maior que o SD. Com 12 dias após ter se iniciado o pousio, não foi encontrada diferença entre os dois sistemas de preparo do solo. Aos 25 e 41 dias o SD apresentou teor de água no solo significativamente maior que o PC.

A temperatura foi maior no SD que no PC com 1 e 41 dias após o pousio. Para 12 e 25 dias, não foi encontrada diferença em relação aos dois sistemas de preparo de solo. Assim como nos períodos de cultivo, as leituras foram realizadas inicialmente no PC seguidas pelas leituras do SD e mesmo em dois dias o SD apresentando temperaturas mais elevadas, nos dias 12 e 25 após pousio não existiu diferença entre os dois sistemas de preparo, isso provavelmente devido a maior cobertura do solo.

Para variável fluxo de CO₂ foi influenciada somente pelos dias após pousio, sendo assim foi realizada a regressão independente da forma de preparo do solo, encontrada na Figura 10.

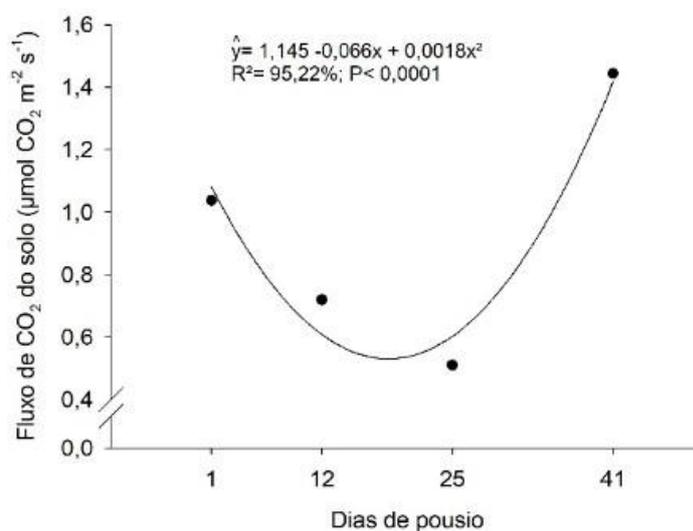


FIGURA 10. Efeito dos dias após o plantio para fluxo CO₂.

O preparo não exerceu influência na emissão pelo fato de não ter ocorrido nenhum tipo de operação na área, uma vez que a mesma se encontrava em descanso, além da colheita do milho ter sido realizada de forma manual. O fluxo de CO₂ foi ajustado no modelo quadrático, com coeficiente de determinação de 95,22%. Com o passar dos dias, ocorreu uma diminuição no valor de emissão, resultado já esperado pelo fato das áreas não terem sofrido nenhum tipo de preparo do solo. Também foi observado redução do teor de água solo (Figura 11) e acredita-se que tenha sido um dos principais motivos pela redução na emissão, já que no último dia de avaliação (41 dias após o pousio) ocorreu um aumento na emissão de CO₂ assim como aumento o teor de água no solo provocado por uma precipitação que ocorreu entre os dias 25 e 41 após o plantio. A influência do teor de água do solo no fluxo de CO₂ é apresentado na Tabela 10.

Como para as variáveis teor de água no solo e temperatura houve interação entre o preparo do solo e dias após o pousio, foi realizada a análise de regressão para os dias após pousio para cada sistema de preparo de solo (Figura 11).

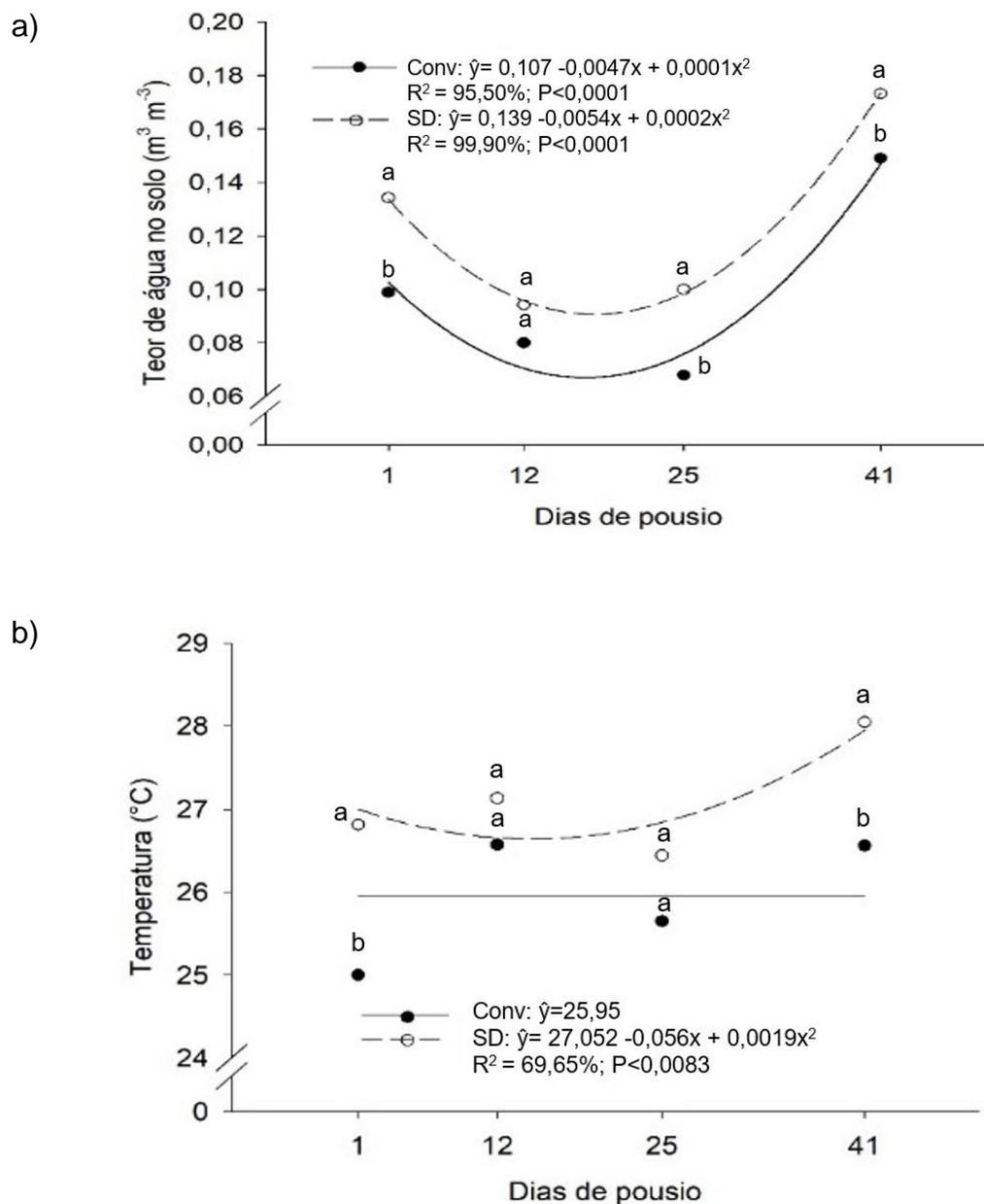


FIGURA 11. Efeito dos dias após o plantio para variáveis teor de água no solo (a) e temperatura (b) para o preparo convencional e plantio direto.

Para o teor de água do solo e temperatura foram realizadas as análises de regressão dos dias após o plantio para cada sistema de preparo do solo (Figura 11). Em relação ao teor de água do solo tanto para SD quanto para PC foi ajustado o modelo quadrático com coeficiente de determinação de 99,90% e 95,50%, respectivamente.

Para a temperatura do solo só foi possível ajustar um modelo para o SD, sendo o quadrático com um coeficiente de determinação de 69,65%.

Durante o período de pousio das áreas de estudo, foi observada correlação positiva significativa entre a emissão de CO₂ e o teor de água no solo (Tabela 10) tanto para o PC (0,992) quanto para o SD (0,959).

TABELA 10. Correlação de Pearson para as variáveis Fluxo de CO₂ (FCO₂), Teor de água no solo (TAS) e Temperatura (°C) para preparo convencional (PC) e sistema de semeadura direta (SD).

PC			
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	0,344	1	
FCO ₂	0,992*	0,322	1
SD			
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	0,779	1	
FCO ₂	0,959*	0,794	1

*Os coeficientes significativos para a correlação de Pearson ($p < 0,05$).

A variação da temperatura do solo pode ser responsável pela maior parte da variação sazonal no fluxo de CO₂ do solo, mas o efeito da temperatura nem sempre é consistente e outros fatores como o teor de água no solo influenciam a respiração do solo (DAVIDSON, 1998).

Para Rutkowska et al. (2018) a quantidade de emissão de CO₂ depende do teor de carbono orgânico, temperatura e teor de água do solo, método e intensidade do cultivo e também da atividade microbiana. O teor de água do solo controla os processos de transferência da produção de CO₂ e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ do solo para a atmosfera, influenciando a atividade microbiana e a difusão de gases (SILVA et al., 2019).

A atividade microbiana é máxima no teor de água em que os efeitos limitantes da difusão do substrato e do suprimento de O₂ são iguais (SKOPP et al., 1990). Para Furtado Neto et al. (2013) o teor de água foi um fator importante no controle da saída desse gás na interface solo-atmosfera, podendo influenciar diretamente a atividade microbiológica do solo na decomposição da matéria orgânica e através do processo mecânico de difusão de água no solo. Em trabalho realizado Rutkowska et al. (2018),

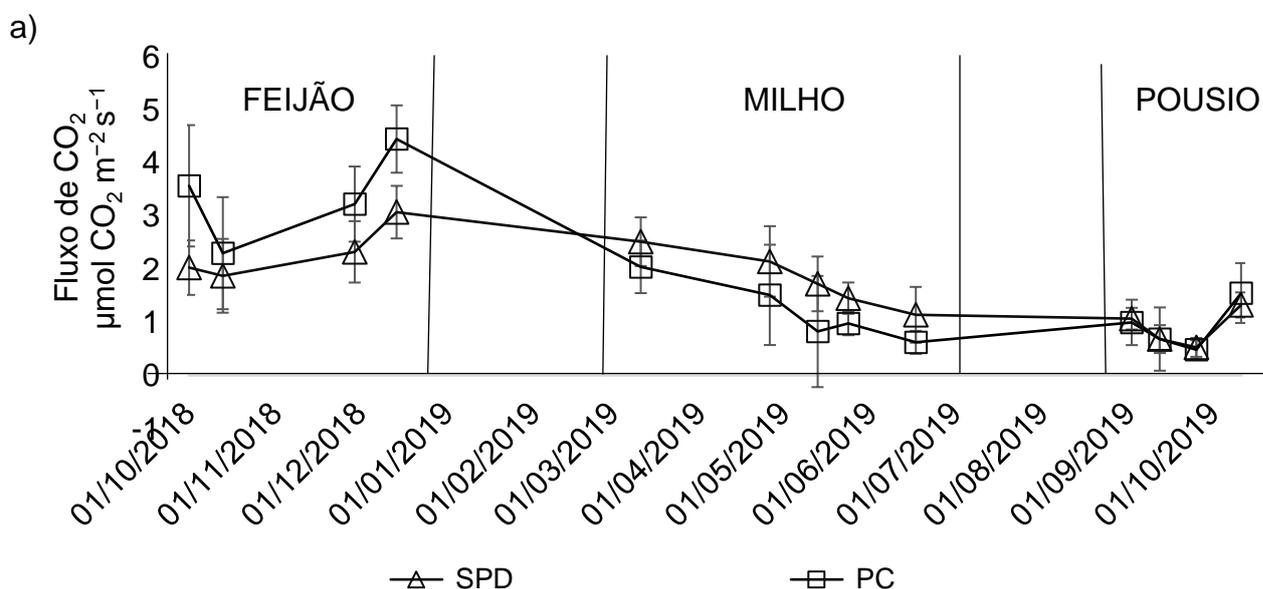
ao analisarem o impacto da lavoura reduzida na emissão de CO₂ do solo sob cultivo de milho, foi observado que as emissões de CO₂ dependeram das condições meteorológicas durante a estação de crescimento e foi maior durante o ano com maior quantidade de chuvas. Pereira et al. (2018) observaram que as maiores emissões ocorreram no período chuvoso e afirmaram que o aumento de água no solo e maiores temperaturas, favorecem a atividade microbiana.

A atividade respiratória dos microrganismos do solo depende da água do solo e aumenta com o aumento da umidade do solo até um limiar no qual a difusividade do gás se torna muito baixa (DARENOVA et al., 2014).

A água do solo pode controlar predominantemente a respiração do crescimento radicular (BUTLER et al., 2012), com um aumento da respiração se tem aumento do CO₂, uma vez que emissão do CO₂ na atmosfera também ocorre pela respiração das raízes.

4.4 Emissão de CO₂ ao longo do período de estudo

No sistema de preparo convencional a emissão de CO₂ variou entre 0,487 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 4,453 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 12a), com a maior emissão ocorrendo no mês de dezembro de 2018 e menor no mês de setembro de 2019. O teor de água do solo neste sistema de preparo variou de 0,068 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ a 0,202 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Figura 12b). A temperatura do solo variou entre 21,4°C e 37,9°C, tendo a temperatura mais baixa ocorrendo no mês de junho e a mais alta no mês de dezembro (Figura 12c).



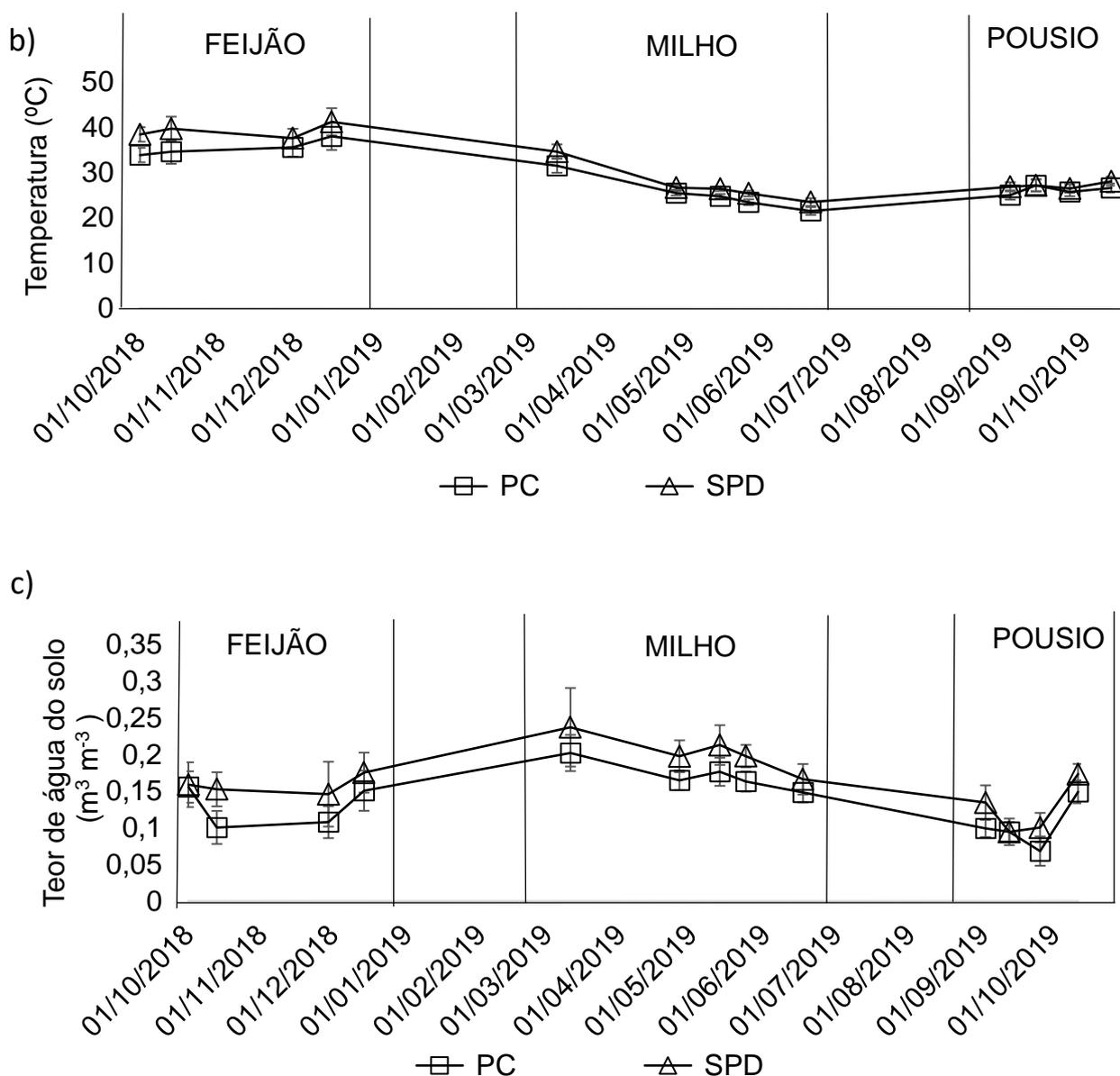


FIGURA 12. Dinâmica de emissão de CO₂ (A), teor de umidade (B) e temperatura do solo (°C) nos diferentes sistemas de preparo de solo ao longo do período de estudo.

No sistema de semeadura direta a emissão de CO₂ variou entre 0,532 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ com a menor emissão no mês de setembro de 2019 e 3,077 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ com a maior no mês de dezembro de 2018 (Figura 13 A). Para o teor de água no solo foram observados valores de 0,094 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ e 0,213 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Figura 13 B). Em relação a temperatura de solo foram encontrados valores de 23,4°C no mês de junho de 2019 e 41,1°C no mês de dezembro de 2018 (Figura 13 C).

Quando comparamos o sistema de semeadura direta com o preparo convencional, percebemos que o comportamento ao longo do ano ocorreu de forma semelhante nos dois sistemas de preparo. No início do experimento primavera-verão foram encontrados os maiores valores para ambos sistemas de preparo, neste período o SD apresentou valores mais baixos de emissão. No período do outono-inverno, percebe-se uma diminuição nos valores de emissão de CO₂ para os dois preparos, mas nesse período o SD promoveu uma maior emissão. Na fase final do experimento, no início da primavera de 2019 o comportamento dos dois preparos foi bem parecido com valores bem baixos de emissão.

O comportamento anual da emissão ocorreu de forma semelhante nos dois sistemas de preparo do solo. Para ambos sistemas a maior emissão foi encontrada no mês de dezembro período correspondente ao final da primavera e início do verão. Xiao et al. (2019) encontraram valores semelhantes ao trabalhar com o efeito do preparo do solo nos fluxos de CO₂, onde fluxos maiores foram encontrados na estação do verão e menores no inverno e de acordo com o autor isto se explica pelo fato de que nesse período a atividade microbiana é desfavorecida devido a temperaturas mais amenas e o conteúdo de água reduzido, sendo assim a emissão tem suas condições favorecidas no período quente e úmido. Neste estudo foi observada uma diminuição na emissão de CO₂ no período do inverno, porém os menores valores foram encontrados no início da primavera do segundo ano de avaliação. Durante as avaliações realizadas neste período, a área de estudo se encontrava em pousio, podendo ser este o motivo pelo qual as emissões foram menores na primavera do que no inverno, onde a área estava sendo cultivada, uma vez que no mesmo período no ano anterior (2018 quando a área estava sendo cultivada) foram encontrados valores maiores de emissão. Dong et al. (2017) trabalhando com impacto do manejo do preparo do solo nas emissões de dióxido de carbono no solo a curto e longo prazo encontraram maiores valores de emissão no período do verão e menores valores foram observados no inverno. Estes autores ainda encontraram valores de emissão de CO₂ do solo durante o período de crescimento da cultura significativamente maior do que a quantidade emitida durante o período de pousio, reforçando os dados encontrados neste trabalho.

Na Tabela 11 pode-se observar que o fluxo CO₂ apresentou correlação positiva com o teor de água e a temperatura solo para os dois sistemas de preparo. A correlação do fluxo de CO₂ com temperatura do solo foi significativa para os dois

sistemas de preparo do solo, sendo que para o preparo convencional o teor de água no solo foi não significativo e para a semeadura direta a correlação foi positiva entre fluxo de CO₂ e teor de água do solo.

TABELA 11. Correlação de Pearson para as variáveis Fluxo de CO₂ (FCO₂), Teor de água no solo (TAS) e Temperatura (°C) para preparo convencional (PC) e sistema de semeadura direta (SD).

	PC		
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	-0,035	1	
FCO ₂	0,185	0,916*	1
	SD		
	TAS	Temperatura	FCO ₂
TAS	1		
Temperatura	0,063	1	
FCO ₂	0,619*	0,737*	1

*Os coeficientes significativos para a correlação de Pearson ($p < 0,05$).

A temperatura e teor de água do solo são fatores de grande relevância no estudo da emissão de CO₂ do solo. O período de maior emissão foi o correspondente ao de temperaturas elevadas e valores elevados de precipitação. Em contraste o período com menor emissão foi o correspondente a época do ano em que se tem menor temperatura e precipitação, além do fato do município onde se localizava o experimento enfrentar um período de seca, apresentando valores bem baixos de precipitação. Para Panosso et al. (2009) em ambientes tropicais valores elevados de temperatura e umidade favorecem o aumento da atividade microbiana, sendo assim a emissão de CO₂ é decorrente da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo, tendo pouca influência exercida pela respiração das raízes.

No sistema de preparo convencional a temperatura do solo apresentou correlação significativa com a emissão de CO₂, ou seja, quanto maior a temperatura do solo, maior a emissão. Dong et al. (2017) observaram que a temperatura do solo teve um efeito significativo nas emissões de CO₂ do solo. Omonode et al. (2007) trabalhando com preparo intensivo encontraram correlação da emissão de CO₂ com a temperatura e umidade do solo nas avaliações realizadas a curto prazo, já nas avaliações ao longo do tempo, esta correlação ocorreu apenas com a temperatura.

Jabro et al. (2008) observaram o aumento dos fluxos de CO₂ com o aumento da temperatura.

O teor de água é um fator que se deve ser observado pelo fato de ter grande impacto na evolução do CO₂ no solo (FERNÁNDEZ et al., 2008). Para Jabro et al. (2008) a emissão de CO₂ do solo aumenta com o aumento do teor de água do solo para um nível considerado ideal, em seu trabalho observaram uma relação linear direta entre o teor de água do solo e o fluxo de CO₂ onde afirmam que a emissão é favorecida pelo conteúdo de umidade no solo estimular a atividade microbiana e melhorar a respiração das raízes, em contrapartida baixa umidade afetam a respiração das raízes e a atividade dos microrganismos. Um aumento no teor de umidade do solo é acompanhado de aumento da emissão de CO₂ pelo fato de que os espaços porosos do solo são ocupados pela água (MOITINHO et al., 2012). Para Siqueira Neto et al (2011) a umidade do solo foi a variável que mais influenciou as emissões de CO₂ no solo.

Neste estudo observamos que apenas para o sistema de semeadura direta foi observada correlação positiva significativa. Iamaguti et al (2015) trabalhando com o efeito de sistemas de preparos do solo na emissão de CO₂, temperatura e teor de água do solo não observaram correlação positiva entre o teor de água do solo e a emissão de CO₂.

Valores encontrados neste estudo demonstram que a emissão de CO₂ teve correlação positiva significativa apenas com o sistema de semeadura direta. O sistema de semeadura direta tem como uma de suas principais vantagens a maior conservação do teor de água no solo que o sistema de preparo convencional (BORTOLETI JUNIOR et al., 2015) isso se dá pelo fato desse sistema de preparo manter os resíduos de culturas anteriores sobre a área e não promover o revolvimento do solo em área total.

5. CONCLUSÕES

- A emissão de CO₂ do solo foi influenciada pelo preparo do solo e pela sucessão de culturas.
- A emissão de CO₂ apresenta correlação positiva significativa com a temperatura e teor de água do solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V.; ALVES JUNIOR, J.; MESQUITA, M.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; BATTISTI, R. Comparação da viabilidade econômica da agricultura irrigada por pivô central em sistemas de plantios convencional e direto com soja, milho e tomate industrial. **Global Science And Technology**, v. 11, n. 2, 2018.
- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, CAP. Preparo do solo. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1987.
- ALVES, B. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, C. B. M.; SILVA, L. P. Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional. **Ciência Rural**, Santa Maria v.45, n.5, p. 884-891, 2015.
- ARAUJO, K. D., SOUZA, M. A., DOS SANTOS, G. R., DE ANDRADE, A. P., & NETO, J. V. F. Atividade microbiana no solo em diferentes ambientes da região semiárida de Alagoas. **Geografia (Londrina)**, v. 25, n. 2, p. 5-18, 2016.
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; CORDEIRO, L.A.M.; EVANGELISTA, B. A. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. **Embrapa Informática Agropecuária-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.
- AULER, A. C.; HENNIPMAN, H. S.; JACQUES, F. L.; ROMANIW, J.; CHARNOBAY, A. C. R. CO₂ emissions and soil carbon mineralisation under different systems¹. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 13, p. 211-221, 2019.
- BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; MONTEIRO, A. N. T. R.; IWASAKI, G. S.; PIVA, J. T. (2018). Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429-439, 2018.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1998.
- BAYER, C.; AMADO, T. J. C.; TORNQUIST, C. G.; CERRI, C. E. C.; DIECKOW, J.; ZANATTA, J. A.; NICOLOSO, R. S. Estabilização do carbono no solo e mitigação das emissões de gases de efeito estufa na agricultura conservacionista. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 55-118, 2011.
- BORTOLETI JUNIOR, A.; GONÇALVES, L. G.; RIBEIRO, M. A. R.; AFONSO, R. O.; AFONSO, R. O.; SANTOS, R. F.; SOUZA, C. S. S. A importância do Plantio Direto e do Plantio Convencional e as suas relações com o manejo e conservação do solo. **Revista Conexão eletrônica. Três Lagoas, MS**, v. 12, n. 1, 2015.

BURAGIENĖ, S., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Sasnauskienė, J., Masilionytė, L., & Kriaučiūnienė, Z. (2015). Experimental analysis of CO₂ emissions from agricultural soils subjected to five different tillage systems in Lithuania. **Science of the Total Environment**, v. 514, p. 1-9, 2015.

BUTLER, Andre et al. Annual variation in soil respiration and its component parts in two structurally contrasting woody savannas in Central Brazil. **Plant and soil**, v. 352, n. 1-2, p. 129-142, 2012.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DUTRA, D. P.; LEÃO F. F.; PELUZIO, J. M.; CARVALHO, E. V. Potencial forrageiro de populações de milho no sul do estado de Tocantins. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, 2011.

CANTO, A. C. B.; CORDEIRO, F. R.; FONTANA, A.. Densidade do solo e volume total de poros do solo em plantio direto na região Sudoeste Goiano. **Seminário PIBIC Embrapa Solos 2017/2018**, p. 18, 2018.

CARMO, J. B.; URZEDO, D. I.; FERREIRA FILHO, P. J.; PEREIRA, E. A.; PITOMBO, L. M. Emissão de CO₂ do solo após reflorestamento e aplicação de lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 312-318, 2014.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. SPD aumenta o sequestro de carbono pelo solo. **Visão agrícola**, v. 9, p. 132-135, 2009.

CARVALHO, J. L. N., Avanzi, J. C., Silva, M. L. N., de Mello, C. R., & Cerri, C. E. P. (2010). Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> acesso em agosto de 2019.

CORRÊA, L. A. **Plantio direto em milho. Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1980.

CORREIA, S. D. L., SILVA, P. R. F. D., SERPA, M. D. S., VIEIRA, V. M., BOENI, M., & MENEZES, G. B. (2013). Estratégias de manejo da palha de azevém para cultivo do arroz irrigado em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 512-520, 2013.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista brasileira de ciência do solo**. Campinas. v. 27 n. 3, p. 527-535, 2003.

COSTA, F. S., BAYER, C., ZANATTA, J. A., & MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p. 323-332, 2008.

COSTA, E. M., Silva, H. F., & de Almeida Ribeiro, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**. v.9, n. 17, p. 1842, 2013.

DADALTO, J. P.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; MATOS, A. T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 506-513, 2015.

DARENOVA, E., PAVELKA, M., & ACOSTA, M. Diurnal deviations in the relationship between CO₂ efflux and temperature: A case study. **Catena**, v.123, p. 263-269, 2014.

DAVIDSON, E. A.; BELK, E.; BOONE, R. Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. **Global change biology**, Oxford, v. 4, n. 2, p. 217-227, 1998.

DHADLI, Harmanjit S.; BRAR, B. S.; BLACK, T. A. Influence of crop growth and weather variables on soil CO₂ emissions in a maize-wheat cropping system. **Agricultural Research Journal**, v. 52, p. 28-34, 2015.

DONG, W.; LIU, E.; WANG, J.; YAN, C.; LI, J.; ZHANG, Y. Impact of tillage management on the short-and long-term soil carbon dioxide emissions in the dryland of Loess Plateau in China. **Geoderma**, v. 307, p. 38-45, 2017.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: 1997.

EMBRAPA. **Análises Químicas Para Avaliação Da Fertilidade Do Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: 1998.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, L. S.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, C. M.; GUARÇONI, R. C.; Atributos químicos do solo sobre diferentes plantas de cobertura no sistema plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, 2015.

FERNÁNDEZ, R. M. O.; BOJOLLO, R. C. Influencia de la climatología y el manejo del suelo en las emisiones de CO₂ en un suelo arcilloso de la vega de Carmona. **Carel**, Carmona, n. 6, p. 2339–2354, 2008.

FRANCHINI, J. C., COSTA, J. M.; DEBIASI, H. Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade a produção agrícola no Paraná. **Inf. Agron**, n. 134, p. 1-13, 2011.

FURLANI, C. E. A., GAMERO, C. A., LEVIEN, R., SILVA, R. P. D., & CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 1, p. 375-380, 2008.

FURTADO NETO, A. T.; JUNIOR, M.; TAPAJÓS, R.; DILL, T.; VALENTE, F.; COSME, R.; MOURA, J. M.; SILVA, H. C. P. Influência da umidade no efluxo de CO₂ do solo para atmosfera em uma área de floresta primária, Belterra, PA. **Ciência e Natura**, p. 34-37, 2013.

GABRIEL FILHO, A.; SANTOS, A. C. P.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GALLO, A. D. S.; GUIMARÃES, N. D. F.; SOUZA, M. D. B. D.; AGOSTINHO, P. R.; GOMES, S. D. S.; SILVA, R. F. D. Produtividade da cultura do feijoeiro em sucessão a adubos verdes, com adição de dejetos líquidos de suínos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, n. 03, 2015.

GASPARIN, J. P., MONTEIRO, M. A., HENKEMEIER, N. P.; SANTOS, E. L. Qualidade fisiológica de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Com abortamento de vagens. **Revista Terra e Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, n. 57, p. 69-76, 2018.

HERRADA, M. R.; LEANDRO, W. M.; FERREIRA, E. P. B. Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. **Terra Latinoamericana**, v. 35, n. 4, p. 293-299, 2017.

IAMAGUTI, J. L.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. D. B.; BICALHO, E. S.; PANOSSO, A. R.; LA SCALA, N. Preparo do solo e emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área canavieira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 497–504, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p497-504>>.

IPCC. **Climate change 2014**: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

Change. Geneva, 2014. 151 p. Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. Acesso em: 20 jun 2019.

IPCC, 2019: Resumo para formuladores de políticas. **In: Mudança Climática e Terra: um relatório especial do IPCC sobre mudanças climáticas, desertificação, degradação da terra, gestão sustentável da terra, segurança alimentar e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres.** PR Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson - Delmotte, H. - O. Pörtner, DC Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.). Acesso em: 20 dez 2019.

JABRO, J. D.; SAINJU, U.; STEVENS, W. B.; & EVANS, R. G. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. **Journal of environmental management**, v. 8, p.1478-1484, 2008.

KAISER, D.R.; STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R.; FERREIRA, F. & KUNZ, M. Temperatura do solo afetada por diferentes estados de compactação. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA.** 14., Cuibá, 2002. Anais. Cuibá, 2002. 4p.

LOVATO, F.; KOWALESKI, J.; SILVA, S. Z.; Heldt, L. F. S. Composição centesimal e conteúdo mineral de diferentes cultivares de feijão biorfortificado (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-6, 2018.

MANZATTO, C.V.; ASSAD, E. D.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. S.; SPINELLI, L.; VICENTE, L. E.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, A. K. Contribuição do plantio direto para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas. **AgroANALYSIS**, v. 39, n. 12, p. 26-27, 2019.

MENDONÇA, E. S. Spatial variability models of CO₂ emissions from soils colonized by grass (*Deschampsia antarctica*) and moss (*Sanionia uncinata*) in Admiralty Bay, King George Island. **Antarctic Science**, v. 23, n. 1, p. 27-33, 2011.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.

MOITINHO, M. R., PADOVAN, M. P., PANOSSO, A. R., SALOMÃO, G. D. B., & LA SCALA JUNIOR, N. Variações diurnas da emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo sobre diferentes manejos pós-colheita da cana-de-açúcar. **Embrapa Agropecuária Oeste-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**, v.7, n 2, 2012.

MOITINHO, M. R.; PADOVAN, M. P.; PANOSSO, A. R.; LA SACALA JUNIOR, N. Efeito do preparo do solo e resíduo da colheita de cana-de-açúcar sobre a emissão de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1720-1728, 2013.

OLIVEIRA, M. M.; LIMA, M. L.; UCKER, F. E.; SILVA JUNIOR, M. G. Capim vetiver: uma alternativa para o plantio direto na agricultura familiar. **Revista Terceiro Incluído**, v. 8, p. 77-84, 2018.

OMONODE, R. A.; VYN, T. J.; SMITH, D. R.; HEGYMEGI, P.; GÁL, A. Soil carbon dioxide and methane fluxes from long-term tillage systems in continuous corn and corn-soybean rotations. **Soil and Tillage Research**, v. 95, p. 182-195, 2007.

PANOSSO, A. R.; RIBEIRO, C. E. R.; ZANINI, J. R.; PAVANI, L. C.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JUNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂, da temperatura e umidade de um Latossolo desprovido de vegetação sob diferentes lâminas de molhamento. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 1017-1033, 2009.

PAZIANI, S. D. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, S. P.; NOVAIS, J. W. Z.; PINTO JÚNIOR, O. B.; MUSIS, C. R.; ANDRADE, L. P.; JOAQUIM, T. D. O.; PIERANGELI, M. A. Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ em fragmento de cerrado Mato-Grossense. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, N. 2, p. 31-40, 2018.

PIRES, C. V.; SCHAEFER, C. E. R. G.; HASHIGUSHI, A. K.; THOMAZINI, A. MENDONÇA, E. S. Soil organic carbon and nitrogen pools drive soil C-CO₂ emissions from selected soils in Maritime Antarctica. **Science of The Total Environment**, 596, 124-135, 2017.

ROCHA, K. F.; CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; MINATO, E. A.; FAVERSANI J. C. Caracteres morfológicos e componentes de rendimento de milho sob diferentes sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura de inverno. **Synergismus scientifica UTFPR**, v. 9, n. 1, 2014.

RUTKOWSKA, B.; SZULC, W.; SOSULSKI, T.; SKOWROŃSKA, M.; SZCZEPANIAK, J. Impact of reduced tillage on CO₂ emission from soil under maize cultivation. **Soil and Tillage Research**, v. 180, p. 21-28, 2018.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 427-436, 2000.

SIGNOR, D.; PISSIONI, L. L. M.; CERRI, C. E. P. Emissões de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Bragantia**, v. 73, n. 2, p. 113-122, 2014.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA – SEEG. Relatório – síntese: Análise das emissões brasileiras de gases do efeito estufa e suas implicações para metas do Brasil 1970-2018. 2019. Claudio Angelo, Carlos Rittl. Acesso em: 12 fev. 2020.

SILVA, B. O; MOITINHO, M. R.; SANTOS, G. A. A.; TEIXEIRA, D. B.; FERNANDES, C.; LA SCALA JUNIOR, N. Soil CO₂ emission and short-term soil pore class distribution after tillage operations. **Soil and Tillage Research**, v. 186, p. 224-232, 2019.

SILVA, C. A., & MACHADO, P. D. A. Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, n. 19, 2000.

SILVA, R. W. C. & Paula, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009.

SILVA, O. F., & WANDER, A. E. O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro. **Embrapa Arroz e Feijão-Documents (INFOTECA-E)**, 2013.

SIMON, C. P. **Emissão de CO₂ e atributos físicos em diferentes sistemas de preparo do solo**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agricultura Tropical), Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/8231/1/tese_11889_88%20-%20Carla%20da%20Penha%20Simon.pdf>

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. D. C.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; Bernoux, M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2011.

SKOPP, J.; JAWSON, M. D.; DORAN, J. W. Steady-state aerobic microbial activity as a function of soil water content. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 6, p. 1619-1625, 1990.

TEÓFILO, T. M. S.; FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, J. F. de; SILVA, D. F. da; GRANGEIRO, L. C.; TOMAZ, H. V. de Q. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012.

TIVELLI, S. W., PURQUERIO, L. F. V., & KANO, C. Adubação verde e plantio direto em hortaliças. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 7, n.1, p. 1-7. 2010.

XIAO, D.; YE, Y.; XIAO, S.; ZHANG, W.; HE, X.; WANG, K. Effects of tillage on CO₂ fluxes in a typical karst calcareous soil. **Geoderma**, v. 337, p. 191-201, 2019.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.