

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AGREGAÇÃO E CARBONO ORGÂNICO DE LATOSSOLO EM FUNÇÃO
DE CULTIVARES DE CANA DE AÇÚCAR E IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
SUBSUPERFICIAL**

YASMIN REIS MAGALHÃES

Engenharia Agrônoma

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AGREGAÇÃO E CARBONO ORGÂNICO DE LATOSSOLO EM FUNÇÃO
DE CULTIVARES DE CANA DE AÇÚCAR E IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
SUBSUPERFICIAL**

YASMIN REIS MAGALHÃES

Orientadora: Profa. Dra. Carolina Fernandes

Coorientador: Dr. Anderson Prates Coelho

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRONÔMICA.

M188a	<p>Magalhães, Yasmin Reis</p> <p>Agregação e Carbono Orgânico de Latossolo em função de Cultivares de Cana de Açúcar e Irrigação por Gotejamento Subsuperficial / Yasmin Reis Magalhães. -- Jaboticabal, 2022</p> <p>35 p. : il., tabs.</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Carolina Fernandes</p> <p>Coorientador: Anderson Prates Coelho</p> <p>1. Agregação do solo. 2. Irrigação. 3. Carbono Orgânico. 4. Latossolo. 5. Gotejamento. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Agregação e carbono orgânico de Latossolo em função de cultivares de cana-de-açúcar e irrigação por gotejamento subsuperficial

ACADÊMICO: Yasmin Reis Magalhães

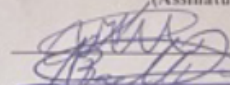
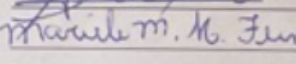

CURSO: Engenharia Agrônoma

ORIENTADOR (ES): Carolina Fernandes

COORIENTADOR (ES): Anderson Prates Coelho

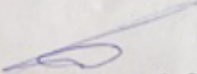
Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Carolina Fernandes	
Membro	Alexandre Barcellos Dalri	
Membro	Mariele Monique Honorato Fernandes	

Jaboticabal 23 / 05 / 2022

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 27 / 06 / 2022 "16 assinaturas"


Prof. Dr. Leonardo Bianco de Carvalho
Chefe do Depto. de Ciências da Produção Agrícola
FCAV/UNESP

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais João Magalhães
dos Santos e Pricilliana Ester dos Reis,
e a minha vó Ivalda Pires dos Reis*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Pricilliana Ester dos Reis e a minha vó Ivalda Pires dos Reis, por sempre estarem me apoiando e me acompanhando nesse período de graduação.

Agradeço também a Prof^a Dr^a Carolina Fernandes por disponibilizar essa oportunidade de realizar esse trabalho junto ao Departamento de Ciências da Produção Agrícola – Setor de Ciência do Solo e por todo auxílio prestado durante esse período. Juntamente, agradeço ao meu coorientador Dr. Anderson Prates Coelho, sempre sendo meu braço direito, principalmente na parte escrita.

Agradeço ao Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri por disponibilizar sua área experimental para ser realizado o presente trabalho.

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq que me deu a oportunidade de desenvolver este trabalho com o fomento da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC.

Gostaria de agradecer também a Claudia Campos Dela Marta, a Isis Albuquerque Tassim e a Yasmin Uchino Orioli pelo auxílio no desenvolvimento das análises laboratoriais.

Por fim, gostaria de agradecer a instituição FCAV Unesp Jaboticabal, e todos os funcionários envolvidos neste trabalho. Gostaria de agradecer a instituição por essa oportunidade e por todo aprendizado adquirido dentro da instituição por meio de professor excelentes.

SUMÁRIO

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

RESUMO

A cultura da cana-de-açúcar apresenta diversos sistemas de produção. Dentro desses sistemas, fatores como a cultivar utilizada, o tipo de solo, a manutenção da palhada e a irrigação podem levar a diferenças na estruturação do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar e comparar a agregação do solo e o teor de carbono orgânico em áreas cultivadas com cultivares de cana-de-açúcar submetidas a irrigação por gotejamento e não irrigadas. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa (582 g kg⁻¹ de argila na camada 0,0-0,10 m e 591 g kg⁻¹ de argila na camada 0,10-0,20 m de profundidade). Foram coletadas amostras de solo em 20 pontos em quatro áreas de cana-de-açúcar nas camadas 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m. As áreas corresponderam ao cultivo irrigado e não irrigado das cultivares CTC 4 e IACSP93-3046. Nessas amostras foram determinados o índice de estabilidade dos agregados, diâmetro médio ponderado de agregados, carbono orgânico particulado, carbono orgânico associado aos minerais, carbono orgânico do solo e foram calculadas as classes de agregados. Foi realizada a estatística descritiva dos atributos do solo e a análise multivariada de componentes principais e de fatores. Os escores gerados para cada amostra na análise multivariada de fatores foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. A irrigação subsuperficial promove maior estabilidade dos agregados do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Cultivares de cana-de-açúcar proporcionam diferenças na agregação do solo, sendo que a cultivar responsiva à irrigação (IACSP93-3046) promove maior agregação do solo do que a cultivar não responsiva (CTC 4).

Palavras-chave: Diâmetro médio de agregados do solo; Estabilidade de agregados do solo; Estrutura do solo.

ABSTRACT

Sugarcane cultivation has several production systems. Within these systems, factors such as the cultivar used, soil type, straw maintenance and irrigation can lead to differences in soil structure. The objective of this study was to evaluate and compare soil aggregation and organic carbon content in areas cultivated with irrigated and rainfed sugarcane cultivars. The experiment was carried out in an Oxisol (582 g kg⁻¹ clay layer 0.00-0.10 m and 591 g kg⁻¹ clay layer 0.10-0.20 m layer). Samples were collected at 20 points in the four sugarcane areas in the 0.00-0.10 m and 0.10-0.20 m layers. The areas corresponded to irrigated and rainfed cultivation of cultivars CTC 4 and IACSP93-3046. In these samples, aggregate stability index, weighted average aggregate diameter, particulate organic carbon, mineral-associated organic carbon, soil organic carbon was determined, and the aggregate classes were calculated. Descriptive statistics of the soil attributes and multivariate analysis of principal components and factors were performed. The scores generated for each sample in the multivariate factor analysis were submitted to variance analysis and the means compared by Tukey test. Subsurface irrigation promotes greater aggregates stability in areas cultivated with sugarcane. Sugarcane cultivars provide differences in soil aggregation, with irrigation-responsive cultivar (IACSP93-3046) promoting higher soil aggregation than non-responsive cultivar (CTC 4).

Keywords: Average diameter of soil aggregates; Stability of soil aggregates; Soil structure.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a terceira cultura mais plantada no Brasil, com área cultivada de aproximadamente 8,26 milhões de hectares (CONAB, 2021). Os canaviais apresentam vários sistemas de produção, podendo ser cultivados em linhas duplas, simples, com e sem palhada sobre o solo, plantados por toletes ou mudas pré-brotadas, com ou sem irrigação. No Brasil, a área total irrigada é de 8,2 milhões de hectares, sendo a cana-de-açúcar responsável por 3,6 milhões de hectares irrigados dentro desse total (ANA, 2021).

Devido às diferenças no crescimento e no desenvolvimento da vasta gama de cultivares de cana-de-açúcar, quando submetidas às mesmas condições (CASTRO-NAVA et al., 2016), são necessários estudos que indiquem a adaptação dos genótipos em diversos ambientes de produção. Existem cultivares que afetam a porosidade do solo, aumentando a quantidade de microagregados e diminuindo a de macroagregados (CAMILOTTI et al. 2005). Além disso, existem cultivares de cana-de-açúcar que apresentam maior desenvolvimento radicular (FAGUNDES et al., 2014), podendo favorecer a agregação do solo. Desta forma, a escolha adequada da cultivar de

cana-de-açúcar pode auxiliar na preservação e/ou na melhoria da estrutura do solo.

Sistemas de produção conservacionistas são comumente empregados para melhorar a estrutura e a fertilidade do solo, além de evitar sua degradação. Dentre os atributos físicos e químicos de um solo estão a agregação e o teor de carbono orgânico, respectivamente. A agregação do solo e a quantidade de carbono no solo são fatores relevantes para a obtenção de elevados rendimentos agrícolas. Esses fatores atuam em conjunto, disponibilizando nutrientes, água, oxigênio e estrutura ideal para o desenvolvimento das raízes das plantas e, assim, favorecem o desenvolvimento das culturas (OADES, 1984).

Quanto às cultivares de cana-de-açúcar, existem diversos estudos que avaliaram a distribuição do sistema radicular da cultura (MEDINA et al., 2002; PAULINO et al., 2011). Alguns trabalhos indicam que a irrigação e a fertirrigação são os principais fatores do manejo agrícola que interferem na distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar, deixando-o mais concentrado superficialmente (FARIAS et al., 2013; SOUSA et al., 2013). Entretanto, estudos que avaliam o efeito dessa diferença de distribuição das raízes da cana-de-açúcar, em função da irrigação e de cultivares na estrutura do solo são escassos e, quando encontrados, as avaliações são realizadas separadamente.

Por sua vez, a irrigação pode apresentar efeito sobre o teor de carbono orgânico no solo, que é o principal constituinte da matéria orgânica. Além de ser o principal reservatório de nutrientes para as plantas, a irrigação possui um papel importante para os agentes cimentantes, que unem as partículas do solo formando os agregados. Em áreas irrigadas, a taxa de decomposição da matéria

orgânica do solo pode ser maior do que em áreas não irrigadas, diminuindo o seu teor com o decorrer do tempo, podendo causar efeitos negativos na estrutura e na fertilidade do solo (BONA et al., 2006; MURSEC et al., 2018).

Em experimentos com cana-de-açúcar durante o período de três anos, com cinco cultivares (CTC 4, IACSP93-3046, RB86-7515, IAC95-5000 e IAC91-1099), irrigadas e não irrigadas, observou-se que a cultivar CTC 4 não apresentou resposta quando irrigada para os atributos fenológicos e de rendimento, enquanto a cultivar IACSP93-3046 foi a cultivar mais responsiva, observando-se incrementos de até 60% na produtividade (COELHO, 2016; LANDELL, 2017). Essas diferenças na fenologia e no rendimento das cultivares CTC 4 e IACSP93-3046 quando irrigadas ou não podem levar a alterações na estrutura do solo.

Dessa maneira, a avaliação da agregação e do teor de carbono orgânico de solo cultivado com cultivares de cana-de-açúcar, com e sem irrigação, é necessária para conhecer as diferenças entre os sistemas de produção e recomendar as práticas de manejo que evitem a degradação do solo.

Neste sentido, as hipóteses são que a irrigação por gotejamento subsuperficial promove redução da agregação do solo e que cultivares de cana-de-açúcar contrastantes quanto à responsividade à irrigação promove diferenças na agregação do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação por gotejamento subsuperficial e de cultivares de cana-de-açúcar nos atributos físicos e no teor de carbono orgânico de um Latossolo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar possui grande importância mundial. O que prova isso são seus principais produtos de interesse como o açúcar cristal, o açúcar demerara, o açúcar mascavo, muito importantes nas indústrias de produção de alimentos e o etanol, que é um dos principais combustíveis de fonte renovável. Para os brasileiros, a cachaça, amplamente produzida e comercializada dentro do país, é uma iguaria cultural muito importante na história.

Além disso, existem fins para os subprodutos obtidos nas usinas sucroenergéticas nos processos de produção de açúcar, etanol e cachaça, sendo alguns deles o bagaço de cana-de-açúcar, utilizado para a produção de energia (FLAUSINIO, 2015), etanol de segunda geração produzido pelos resíduos do etanol de primeira geração, como o bagaço de cana-de-açúcar (LORENZI & ANDRADE, 2019) e outros subprodutos como a vinhaça, que é muito utilizada como fertilizante, e a torta de filtro, utilizada como substrato para a produção de mudas (SFEIR, 2013). Neste sentido o estudo das interações do ambiente com a cultura de cana-de-açúcar é indispensável, pois ele propiciou melhores formas de

utilização e reutilização dessa cultura e se torna necessário para viabilizar o seu cultivo com o decorrer do tempo.

A cana-de-açúcar pertence à família Poaceae, gênero *Saccharum* e as cultivares comerciais atualmente disponíveis (*Saccharum* spp.) aos produtores são híbridos interespecíficos, principalmente entre as espécies *S. officinarum* e *S. spontaneum* (LANDELL et al., 2008) e é originária da Ásia e da Índia Ocidental (CRUSCIOL, 2014). A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil pelos portugueses no período colonial (séc XVI e XVIII), sendo que o seu cultivo tinha como principal objetivo a produção de açúcar para exportação (EMBRAPA, 2006).

Dentre as diversas espécies cultivadas no Brasil, a cana-de-açúcar é a terceira com maior área plantada, atrás somente da soja e do milho (CONAB, 2021). Segundo o Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (NACHILUK, 2021), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Em levantamento feito pela CONAB (2021), foi estimada uma área total de produção de 8,26 milhões de hectares no Brasil, sendo estimada para a safra 2021/22 a produção de 568,43 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Diferentemente dos grãos, geralmente no cultivo de cana-de-açúcar não é possível estabelecer sistemas de produção muito conservacionistas para o solo, visto a necessidade de várias operações mecanizadas para o plantio, tratamentos culturais e colheita da cultura. Cherubin et al. (2016), avaliando o impacto da expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil sobre a qualidade física do solo, observaram que áreas com a cultura apresentam deterioração nos atributos físicos do solo relacionados à erosão, retenção de água, capacidade de crescimento do sistema radicular e infiltração de água.

Como para o Brasil a cana-de-açúcar tem importância econômica desde os períodos de Brasil colônia, houve avanço junto ao decorrer dos anos de cultivares de cana-de-açúcar, através da seleção de espécies e do melhoramento genético. Essas cultivares podem ter resistência a pragas, tolerância a seca, variação de adaptação quanto ao tipo de solo, tolerância a aplicação de herbicidas, entre outras qualidades. Com isso, cada cultivar possui características agrônômicas específicas, influenciando na sua escolha de acordo com o a exigência do produtor e da região onde será cultivada.

Quando se trata da estrutura física do solo, o principal fator de influência é o manejo do solo. Assim, um manejo conservacionista, como por exemplo o plantio direto, pode melhorar o ambiente do solo para a cultura instalada. O plantio direto pode favorecer desde a diminuição da evaporação da água do solo, devido a barreira formada pela cobertura de palhada na superfície do solo (MILLER et al., 1998), até o favorecimento da agregação do solo, pois há diminuição do revolvimento e do tráfego de máquinas no solo (FERNANDES, 2018) promovendo assim menor compactação. Outra técnica de manejo importante que possui influência nas características físicas do solo é a irrigação. Melo et al. (2017) verificaram que a irrigação por aspersão no cultivo do capim-tifton 85 promoveu maior estabilidade dos agregados.

A agregação do solo ocorre através de processos químicos, físicos e biológicos que promovem a união das partículas minerais de solo pela ação dos agentes cimentantes, formando assim os agregados. A interação dos agregados do solo com a matéria orgânica e a sua classificação como macroagregados e microagregados foi realizada por Tisdall; Oades (1982). Dentre as variáveis que

afetam a agregação de solos tropicais podem ser destacadas a textura do solo, o teor de matéria orgânica do solo, a atividade microbiológica e a composição da fração argila (CASTRO FILHO et al., 2002). A mensuração da agregação do solo é essencial, pois esse processo interfere na retenção de água no solo, distribuição radicular das plantas e absorção de nutrientes (QUEIROZ et al., 2015), trazendo dessa forma benefícios às culturas e, conseqüentemente, maior produtividade.

A agregação do solo promove a formação de poros no perfil do solo que permitem a aeração, a infiltração e o armazenamento de água para as plantas (DEXTER, 1988). A argila e a matéria orgânica contribuem para a formação dos agregados, pois ambas agem como agentes cimentantes que unem as partículas de solo. Fernandes (2018) observou em um solo tropical (Latosolo Vermelho) que a fração argila do solo foi fundamental para a formação de agregados de até 2 mm, enquanto o carbono orgânico para a formação de agregados maiores do que 4 mm. Além disso, a autora observou que o carbono orgânico foi essencial para a estabilidade de agregados do solo, auxiliando na proteção contra a erosão.

Castro Junior (2020) estudou a agregação do solo sob cultivo de cana-de-açúcar e mata nativa no Cerrado em Latossolo Vermelho Amarelo, onde foi cultivada a cultivar RB85-5156 durante 7 anos. Após esse período, os autores constataram que na mata nativa houve maior estabilidade dos agregados e a camada do solo cultivada com cana-de-açúcar que mais se assemelhou a mata nativa foi a 0-20 cm, fato que ocorreu pela deposição de palhada e pela distribuição de raízes mais concentrada nessa região.

Os resíduos vegetais que vão compor a matéria orgânica do solo são essenciais para a agregação. Castro Filho, Muzilli & Podanoschi (1998) avaliaram, em um Latossolo Roxo, áreas com plantio direto e cultivo convencional com as culturas soja/trigo/milho e milho/trigo/milho. Os autores concluíram que o aumento do carbono orgânico com o passar do tempo de cultivo aumentou os índices de agregação do solo, e a área de plantio direto melhorou a agregação do solo.

A irrigação por gotejamento subsuperficial existe desde os anos 60, mas recentemente, visto os benefícios desse sistema de irrigação para o manejo da cultura e pelo seu aspecto sustentável e econômico, houve maiores investimentos em pesquisas para solucionar suas limitações (TESTEZLAF, 2017). Esta técnica está sendo implantada atualmente para a cultura de cana-de-açúcar. A irrigação por gotejamento subsuperficial associada a estações meteorológicas e monitoramento constante da área, é capaz de aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, assim como observado no trabalho de DALRI (2008). Nesse trabalho, foi utilizada a cultivar de cana-de-açúcar RB 72 454, com 3 frequências hídricas e uma testemunha, sendo que os tratamentos foram definidos pela frequência de irrigação, onde o sistema de irrigação era acionado quando a evapotranspiração acumulada da cana-de-açúcar atingisse 10 mm, 20 mm e 30 mm, respectivamente e a testemunha não foi irrigada. Dentre as frequências hídricas, não houve diferença significativa, porém em relação a testemunha houve incrementos de produtividade de 47,33%, 58,53% e 39,86%, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados no trabalho de Gava et al. (2011), onde as

cultivares RB867515, RB855536 e SP80-3280 obtiveram diferentes respostas com o aumento da disponibilidade hídrica.

O manejo adequado da irrigação significa melhor desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar. Assim, existe maior potencial para a planta produzir maior massa radicular e maior quantidade de palhada. Laclau (2005) observou um crescimento de raízes significativamente maior em manejo com maior disponibilidade hídrica, onde a cultivar RB 72454 foi submetida ao déficit hídrico e a irrigação. Além das raízes, os restos culturais da colheita anterior podem aumentar o teor de matéria orgânica no solo, servindo de fonte de energia para os microrganismos resultando na formação dos agregados (SILVA e MIELNICZUK, 1997; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental próxima às coordenadas com latitude 21°14'50" S, longitude 48°17'05" W e altitude de 570 m. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado por precipitação anual média de 1416 mm (1975-2015), com total médio para o mês mais chuvoso de 255 mm (dezembro) e de 25 mm para o mês mais seco (julho). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (SANTOS et al., 2013) de textura argilosa, com 183 g kg⁻¹ de areia, 582 g kg⁻¹ de argila e 235 g kg⁻¹ de silte na camada 0,00-0,10 m de profundidade, e 178 g kg⁻¹ de areia, 591 g kg⁻¹ de argila e 231 g kg⁻¹ de silte na camada 0,10-0,20 m de profundidade.

Foram avaliadas quatro áreas, mantidas com as cultivares de cana-de-açúcar CTC 4 e IACSP93-3046 durante 4 anos, submetidas à irrigação por gotejamento subsuperficial e não irrigadas. Na área experimental, o manejo da irrigação adotado supriu 100% da evapotranspiração da cultura

(ET_c), aplicando-se 20 mm de água quando o déficit hídrico da área (ET_c - chuva) fosse igual a 20 mm (DALRI & CRUZ, 2002). A adubação da área com

manejo irrigado foi via irrigação (fertirrigação), enquanto para a área com manejo não irrigado a adubação foi realizada em cobertura no solo. Essa diferença no manejo nutricional da área pode levar a diferenças no crescimento radicular das cultivares, uma vez que em área fertirrigada as raízes da cana-de-açúcar podem se concentrar mais superficialmente (SOUSA et al., 2013), afetando a estrutura do solo.

A quarta colheita das áreas avaliadas foi realizada em julho de 2018 e a amostragem de solo em outubro de 2018. Para determinar os atributos do solo, foram coletadas amostras deformadas de solo com o auxílio de enxadão nas camadas 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m. Foram amostrados 20 pontos em cada uma das 4 áreas, totalizando 160 amostras. Para cada amostra de solo, metade da quantidade de solo foi utilizada para tamisação de agregados de diâmetro entre 6,3 e 4,0 mm, para posterior determinação do diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (DMP) (NIMMO & PERKINS, 2002) e a outra metade foi dividida em duas partes, sendo uma utilizada para separação dos agregados de diâmetro entre 2,0 e 1,0 mm, para a determinação do índice de estabilidade de agregados do solo (IEA) (NIMMO & PERKINS, 2002) e a outra utilizada para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), fração do solo menor que 2,0 mm.

A partir da TFSA, pelo processo de fracionamento físico do carbono orgânico (CO) (CAMBARDELLA & ELLIOTT, 1992), foi obtido o material para a determinação do teor de carbono orgânico particulado (COP). Os teores de CO e COP foram determinados por método colorimétrico (YEOMANS & BREMER, 1988). O teor de carbono orgânico associado aos minerais (COAM) foi obtido pela diferença entre o teor de CO e COP.

A partir dos resultados obtidos da análise de DMP, foram calculadas as classes de agregados 6,3-4,0 mm (CA1); 4,0-1,0 mm (CA2), 1,0-0,5 mm (CA3) e <0,5 mm (CA4) sendo utilizadas como variáveis para as análises estatísticas.

Primeiramente, foi realizada a estatística descritiva dos atributos do solo para cada área, utilizando-se para isso a média e o erro padrão da média. Posteriormente, devido à estrutura de dependência no conjunto original de variáveis, foi realizada a análise exploratória multivariada de componentes principais e de fatores, que possibilitou projetar toda informação contida nas variáveis originais em novas variáveis latentes, que foram os processos (HAIR et al., 2009). Na análise multivariada não se utiliza variáveis calculadas em função de outras variáveis presentes no conjunto original dos dados, portanto o CO não foi utilizado nas análises multivariadas, por ser uma variável obtida pela soma do COP e COAM, optando-se por utilizar essas duas variáveis individuais.

Os dados foram padronizados, com o objetivo de todas as variáveis apresentarem o mesmo peso na análise, apresentando média nula e variância unitária. A seleção do número de componentes principais e de fatores foi realizada com base no critério de Kaiser, utilizando-se aqueles com autovalores superiores a 1 (KAISER, 1958). Os autovalores foram extraídos da matriz de covariância das variáveis originais.

Para a análise de fatores, variáveis com cargas fatoriais acima de 0,600 foram consideradas relevantes para o processo. Após a análise de fatores, os escores gerados para cada amostra e processos foram testados como modelo linear generalizado (MILSTEIN et al., 2005), objetivando comparar o efeito dos tratamentos nos processos obtidos. Quando significativos no modelo linear

generalizado, os escores dos tratamentos foram analisados pelo teste de média de Tukey ao nível de 5% probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica®, versão 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de componentes principais (Figura 1), observou-se que os dois primeiros componentes (CP) explicaram 69,78% da variabilidade total dos dados, com 53,66% para o CP1 e 16,12% para o CP2. As variáveis que mais influenciaram na separação das amostras no CP1 foram DMP, CA1, COP, COAM, CA2 e CA3, enquanto para o CP2 foram o IEA e a CA4.

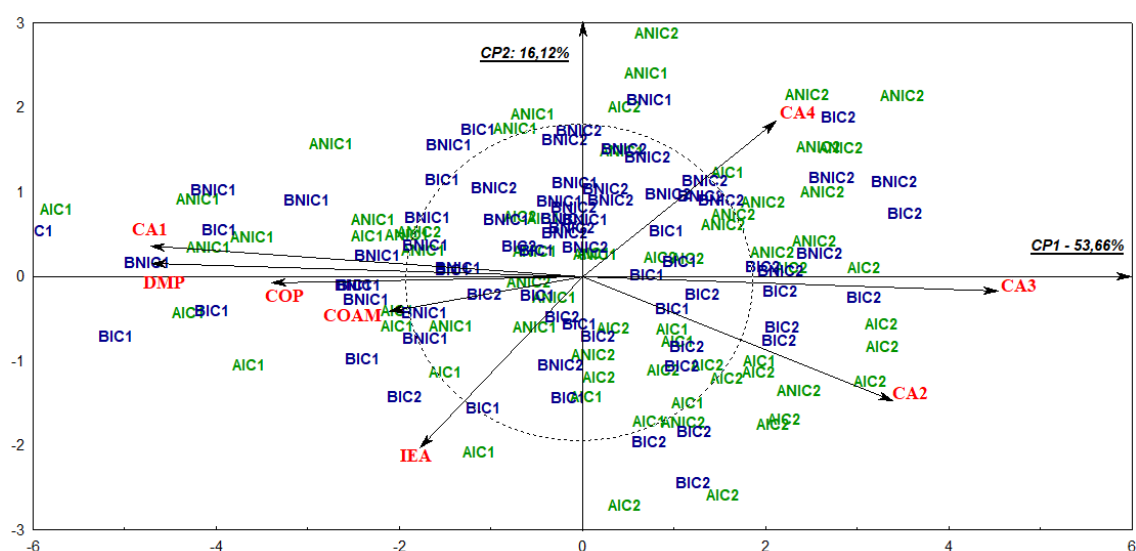


Figura 1. Dispersão das amostras das áreas de cana-de-açúcar cultivadas com as cultivares CTC 4 (A) e IACSP93-3046 (B), submetidas a irrigação (I) e não irrigadas (NI), nas camadas 0,00-0,10 m (C1) e 0,10-0,20 m (C2); Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Carbono orgânico particulado (COP), Carbono orgânico associado aos minerais (COAM) e classes de agregados 6,3-4,0 mm (CA1), de 4,0-1,0 mm (CA2), de 1,0-0,5 mm (CA3) e < 0,5 mm (CA4).

Verificou-se nos quadrantes do eixo X positivo (quadrantes I e IV) ficaram concentradas as amostras da camada 0,10-0,20 m, sendo mais relacionadas às variáveis com tamanho de agregados menores, e nos quadrantes do eixo X negativo (II e III), concentraram-se as amostras da camada 0,00-0,10 m, sendo mais relacionadas às variáveis que determinam diâmetro de agregados maiores. Nos quadrantes do eixo Y negativo (III e IV), ficaram mais distribuídas as amostras de solo submetidas à irrigação por gotejamento subsuperficial (I), sendo mais correlacionadas com maiores valores de IEA, enquanto nos quadrantes de eixo Y positivo ficaram mais concentradas as amostras de solo das áreas não irrigadas (NI), apresentando maior correlação com a menor classe de agregado (CA4).

Para a análise estatística multivariada de fatores, foram utilizados os valores dos atributos do solo coletados nas duas camadas das quatro áreas cultivadas com cana-de-açúcar, com as cultivares CTC 4 (A) e IACSP93-3046 (B), submetidas a irrigação por gotejamento subsuperficial (I) e não irrigadas (NI) (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de correlação da análise de fatores dos atributos do Latossolo Vermelho, com dois processos (P1 e P2), em função de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à irrigação por gotejamento subsuperficial e não irrigadas.

Atributo	Diâmetro de agregados (P1)	Estabilidade de agregados (P2)
Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP)	-0,977	0,049
Carbono orgânico particulado (COP)	-0,631	-0,004
Classe de agregados entre 6,3 - 4,0 mm (CA1)	-0,975	0,134
Classe de agregados entre 4,0 - 1,0 mm (CA2)	0,714	-0,563
Classe de agregados entre 1,0 - 0,5 mm (CA3)	0,938	-0,086
Classe de agregados < 0,5 mm (CA4)	0,525	0,600
Índice de estabilidade de agregados (IEA)	-0,366	-0,753
Carbono orgânico associado aos minerais (COAM)	-0,437	-0,165
Variância explicada	4,293	1,290
% da variância explicada	53,66	16,12

Foram obtidos dois processos, sendo que o primeiro processo (P1) explicou 53,66% da variância do conjunto original dos dados e o segundo processo (P2) explicou 16,12%, possibilitando reter 69,78% da variabilidade geral dos dados. O P1 foi denominado “Diâmetros de agregados”, devido às variáveis relevantes nesse processo, que possuem escores maior que 0,600 serem relacionadas ao tamanho e formação dos agregados do solo, que são o DMP, COP, CA1, CA2 e CA3. O P2 foi denominado “Estabilidade de agregados”, pois as variáveis com escores maior que 0,600, relevantes para esse processo, foram relacionadas à estabilidade dos agregados em água (IEA e CA4).

Os atributos com coeficientes positivos se relacionam indiretamente com os atributos com coeficientes negativos (Tabela 1), sendo assim, quanto maior um atributo com coeficiente negativo, menor é o atributo com coeficiente positivo e vice-versa.

No processo “Diâmetros de agregados” (P1), os atributos do solo com coeficientes de correlação negativos DMP, COP e CA1 apresentaram relação

direta entre si. Os atributos com coeficientes positivos foram CA2 e CA3 apresentando relação inversa com os atributos com coeficientes negativos.

Para o processo “Estabilidade de agregados” (P2), o atributo negativo, IEA possui relação inversa com CA4. Assim, quanto maior a quantidade de solo retido na menor classe de agregado (CA4), menor o valor de IEA.

De acordo com o modelo linear generalizado, observou-se que não houve efeito significativo das interações, somente dos fatores isolados (Tabela 2). Para o processo “Diâmetros de agregados” houve significância de efeito simples para cultivar e camada e para o processo “Estabilidade de agregados” o efeito irrigação foi significativo somente para irrigação (Tabela 2).

Tabela 2. Modelo linear generalizado para o processo “Diâmetros de agregados” (P1) e “Estabilidade de agregados” (P2)

Fonte de variação	Diâmetros de agregados P1		Estabilidade de agregados P2	
	F	valor-p	F	valor p
Cultivar	3,600*	0,049	0,712	0,400
Irrigação	0,698	0,405	56,072**	<0,001
Camada	99,027**	<0,001	0,183	0,669
Cultivar x Irrigação	0,009	0,924	1,617	0,206
Cultivar x Camada	0,279	0,598	0,004	0,947
Irrigação x Camada	0,193	0,661	2,904	0,091
Cultivar x Irrigação x Camada	0,732	0,394	0,588	0,445

Realizando o teste de média para os escores dentro do processo 1, observou-se que os agregados do solo foram maiores para as áreas cultivadas com a cultivar B e para a camada do solo 0,00-0,10 m. Para o processo 2, a estabilidade dos agregados foi superior para as áreas irrigadas (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de média dos escores para os efeitos significativos do modelo linear generalizado para cada processo

Fonte	Diâmetros de agregados - P1		Estabilidade de agregados - P2	
Cultivar	CTC 4 (A)	IACSP93-3046 (B)	-----	
Média	0,13 b	-0,13 a		
Irrigação	-----		Irrigado (I)	Não Irrigado (NI)
Média			-0,53 a	0,54 b
Camada	0,00-0,10	0,10-0,20	-----	
Média	-0,66 a	0,62 b		

Os escores negativos gerados pelo teste de média (Tabela 3) se relacionam com os escores negativos da análise de fatores (Tabela 1), e os escores positivos se relacionam com os escores positivos da análise de fatores. Dessa forma, as áreas com escores de sinal negativo no P1 (Tabela 3) apresentam maior DMP, COP e CA1, enquanto para o P2 as áreas com escores positivos possuem maior CA4 e os negativos possuem maior IEA.

Como na análise de variância do modelo linear generalizado (Tabela 2) não foi observado interação significativa entre os fatores de estudo: irrigação, camada e cultivar, na Figura 2 são apresentados as médias e o erro padrão da média dos atributos avaliados nas áreas irrigadas (I) e não irrigadas (NI) cultivadas com cana-de-açúcar, cultivares CTC 4 (A) e IACSP93-3046 (B) nas camadas 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m.

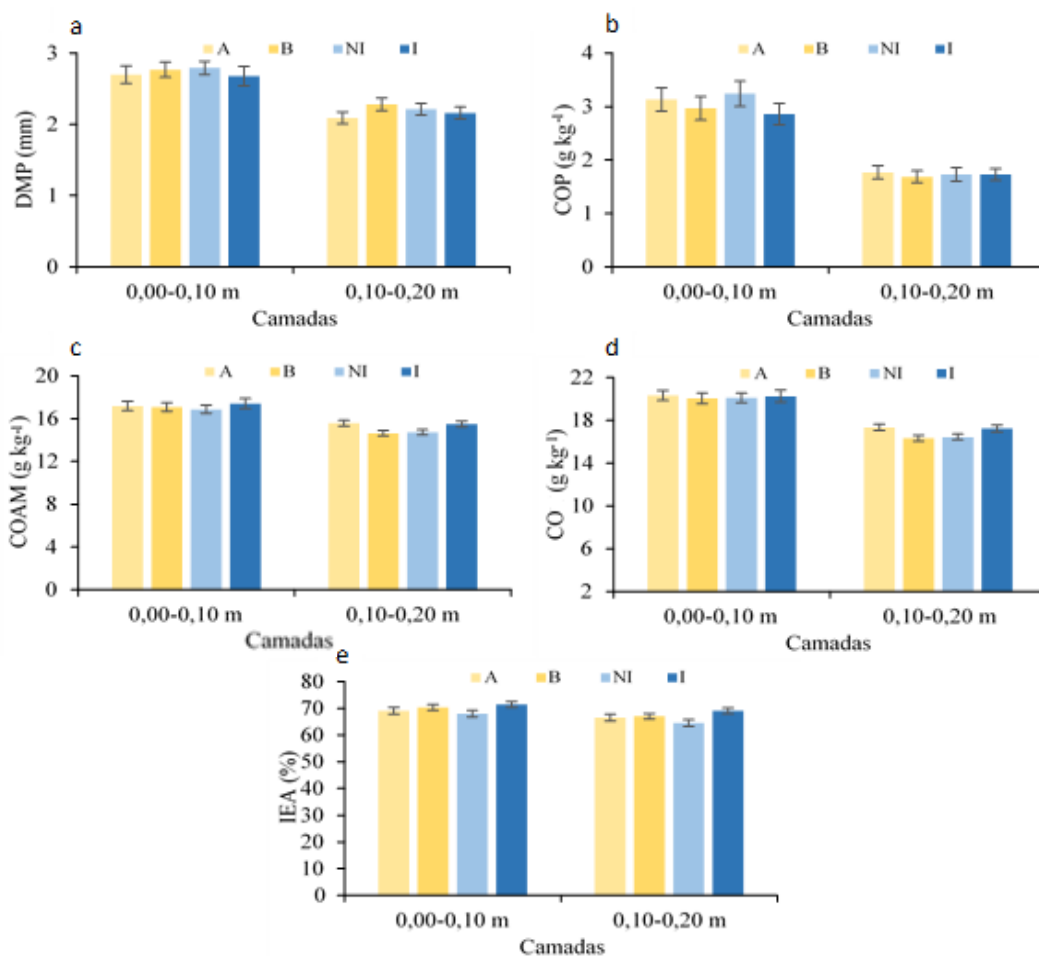


Figura 2. Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP - a), carbono orgânico particulado (COP - b), carbono orgânico associado aos minerais (COAM - c), carbono orgânico (CO - d) e índice de estabilidade de agregados (IEA - e) de Latossolo Vermelho cultivado com irrigação (I) e sem irrigação (NI) em função de duas cultivares de cana-de-açúcar (A - CTC 4 e B - IACSP93-3046).

Pode-se observar que na camada 0,00-0,10 m o valor do DMP foi superior do que na camada 0,10-0,20 m para todas as áreas avaliadas. Para a cultivar A, o valor do DMP na camada 0,00-0,10 m foi 22,59% superior ao da camada 0,10-0,20 m e para a cultivar B essa diferença foi de 17,68%. Para a área não irrigada, na camada 0,00-0,10 m o valor do DMP foi 20,79% superior ao valor da camada 0,10-0,20 m, enquanto para a área irrigada, na camada 0,00-0,10 m o valor do DMP foi 19,77% superior ao valor da camada 0,10-0,20 m. Para a cultivar B, o valor do DMP na camada 0,00-0,10 m foi 2,53% superior ao valor da área com

a cultivar A. Na camada 0,10-0,20 m, essa diferença foi significativa, com o valor do DMP da área com a cultivar B 8,33% superior. Esses resultados corroboram com o observado na análise multivariada, em que a cultivar B promoveu maior agregação do solo do que a cultivar A, e na camada 0,00-0,10 m maior agregação do que na camada 0,10-0,20 m.

O valor do COP (Figura 2b) foi diferente entre as camadas. Na camada 0,00-0,10 m o valor do COP do solo com a cultivar A foi 56,55% superior ao valor na camada 0,10-0,20 m, enquanto para cultivar B essa diferença foi de 42,90%. Para o manejo I, na camada 0,00-0,10 m o valor do COP foi 39,28% superior em relação ao valor da camada 0,10-0,20 m, e para o manejo NI essa diferença foi de 53,40%.

Para o valor do COAM (Figura 2c) também se observaram diferenças entre as camadas. Para o manejo NI o valor do COAM na camada 0,00-0,10 m foi 12,74% superior ao valor da camada 0,10-0,20 m, enquanto para o manejo I a diferença entre as camadas foi de 10,92%. Na área com a cultivar B, o valor do COAM na camada 0,00-0,10 m foi 14,33% superior ao valor na camada 0,10-0,20 m, enquanto na área com a cultivar A essa diferença foi de 9,37%.

O mesmo foi observado para o valor do CO, em que na área com a cultivar A o valor do CO na camada 0,00-0,10 m foi 14,62% superior ao valor da camada 0,10-0,20 m, enquanto na área com a cultivar B essa diferença foi de 18,57%. Para o manejo I, o valor do CO na camada 0,00-0,10 m foi 14,95% superior ao valor na camada 0,10-0,20 m, e para o manejo NI essa diferença foi de 18,23%.

Na Figura 3, está representado a massa dos agregados nas quatro classes avaliadas. Observou-se que na camada 0,00-0,10 m a classe que possuiu

maior representatividade na massa total de agregados é a classe de agregado entre 6,3-4,0 mm (CA1).

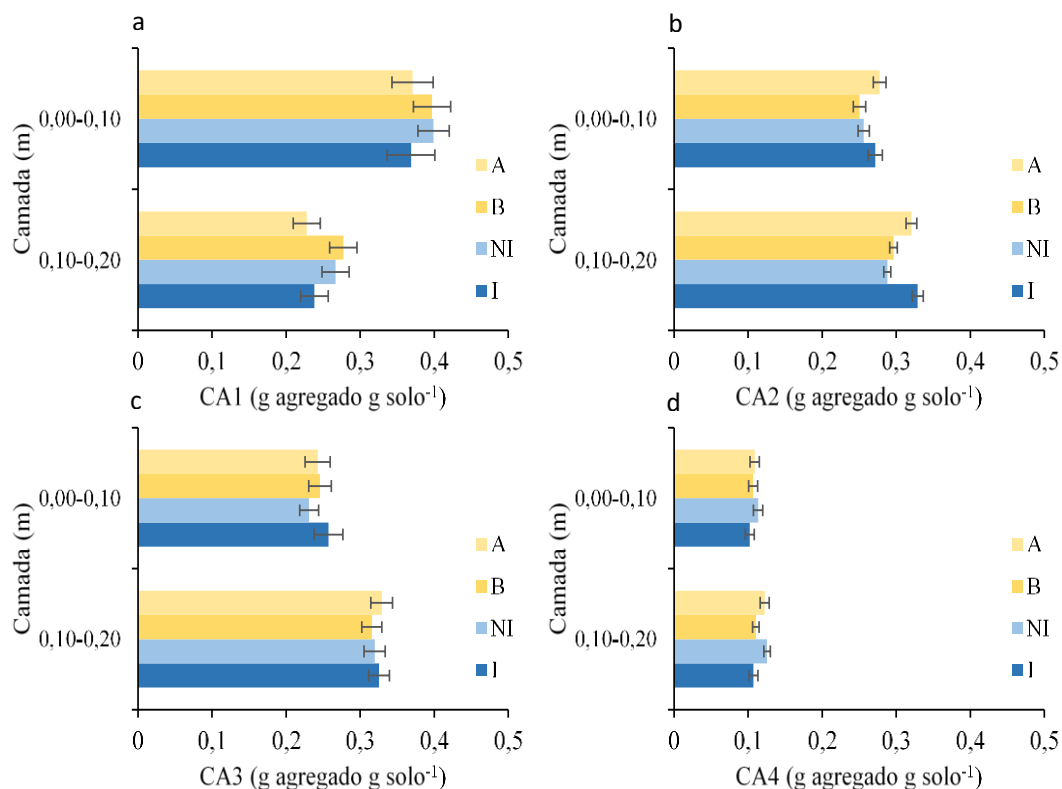


Figura 3. Distribuição de agregados nas classes de agregados (CA). CA1: 6,3-4,0 mm (a); CA2: 4,0-1,0 mm (b); CA3: 1,0-0,5 mm (c) e CA4: < 0,5 mm (d). A – CTC 4; B – IACSP93-3046; I – com irrigação; NI – sem irrigação.

Entre cultivares, houve diferença significativa somente para a CA1. Na camada 0,10-0,20 m, na área com a cultivar B observou-se 20,58% maior massa de agregados nessa classe do que a área com a cultivar A. Isso foi confirmado também pela análise de variância do modelo linear generalizado (Tabela 2), pois ocorreu diferença significativa entre cultivares para o P1, em que o solo da área com a cultivar B apresentou maior “Diâmetro de agregados” do que o solo da área com a cultivar A.

De acordo com os resultados obtidos (Tabelas 1, 2 e 3 e Figura 2 e 3), os maiores valores dos atributos do solo CO, COP, DMP e CA1 foram determinados

na camada 0,00-0,10 m. Isso ocorre devido à maior quantidade de material orgânico presente na superfície do solo, proveniente de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar (PEDREIRA et al., 2011). Os maiores valores de carbono orgânico nas camadas mais superficiais do solo são decorrentes das práticas de manejo do solo e sabe-se que o carbono orgânico é o principal agente cimentante do solo para a formação dos agregados (BRONICK & LAL, 2005). Devido a maior aeração do solo na superfície, a atividade microbiana é mais elevada nessa região (STONE et al., 2014). Esse fato permite a degradação de resíduos mais rapidamente do que em camadas mais profundas, aumentando o teor de carbono orgânico nessa camada e, conseqüentemente, o diâmetro e a massa de agregados (DMP e CA1).

Para o processo “Diâmetro de agregados” houve diferença entre cultivares (Tabela 2), em que o solo da área com a cultivar IACSP93-3046 obteve maior agregação do que o solo da área com a cultivar CTC 4 (Tabela 3). Esse fato foi observado em função das variáveis DMP e CA1, especialmente na camada 0,10-0,20 m (Figuras 2a e 3a). Como ao longo de quatro anos de experimento foi observado que a cultivar IACSP93-3046 é responsiva à irrigação e a cultivar CTC 4 não se mostrou responsiva (COELHO, 2016; FISCHER FILHO, 2018), provavelmente ocorreu diferenças no crescimento e distribuição do sistema radicular das cultivares (FAGUNDES et al., 2014). Assim, a cultivar IACSP93-3046 tende a apresentar maior quantidade de raízes em camadas mais subsuperficiais, apresentando maior eficiência de absorção de água em comparação a cultivar CTC 4. Essa maior quantidade de raízes em camadas mais profundas ajuda a explicar os maiores valores de DMP e CA1 na camada 0,10-0,20 m do solo com

essa cultivar, promovendo maior agregação do solo, uma vez que ao longo do ano ocorre a renovação do sistema radicular da cana-de-açúcar (FARONI & TRIVELIN, 2006).

Levando em consideração o manejo hídrico, nota-se que o solo das áreas irrigadas obteve maior “Estabilidade de agregados” do que aquele das áreas não irrigadas, com ambas cultivares. Isso ocorreu devido ao próprio umedecimento e a secagem do solo pelo manejo de irrigação, uma vez que esse processo une as partículas menores presentes no solo, deixando-as mais coesas e gerando maior dificuldade para separá-las (PIRES & BACCHI, 2010).

5. CONCLUSÃO

A irrigação por gotejamento subsuperficial promove maior estabilidade dos agregados em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em solo de textura argilosa. Cultivares de cana-de-açúcar proporcionam diferenças na agregação do solo, sendo que a cultivar responsiva à irrigação (IACSP93-3046) promove maior agregação do solo do que a cultivar não responsiva (CTC 4).

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação**, Brasília, 2021. p. 1-66.
- BONA, F. D.; BAYER, C.; BERGAMASCHI, H.; DIECKOW, J. Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 911-920, 2006.
- BONINI, C. dos S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1263-1270, 2011.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, n. 1-2, p. 3-22, 2005.
- CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L.; CASAGRANDE, A. A.; SILVA, A. R. D.; MUTTON, M. A.; CENTURION, J. F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 189-198, 2005.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 527-538, 1998.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. D. F.; FONSECA Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state

of Parana, Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45-51, 2002.

CASTRO JUNIOR, E. J. de. **Agregação do solo sob cultivo de cana-de-açúcar e mata nativa**. 2020. 37 f. Tese (Mestrado em Física do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2020.

CASTRO-NAVA, S; HUERTA, A. J.; PLÁCIDO-DE LA CRUZ, J. M.; MIRELES-RODRÍGUEZ, E. Leaf Growth and Canopy Development of Three Sugarcane Genotypes under High Temperature Rainfed Conditions in Northeastern Mexico. **International Journal of Agronomy**, Udine, v. 2016, p. 1-7, 2016.

CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L.; FRANCO, A. L.; TORMENA, C. A.; CERRI, C. E.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Soil physical quality response to sugarcane expansion in Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 267, p. 156-168, 2016.

COELHO, A. P. **Efeito da irrigação na produtividade e qualidade tecnológica de cinco cultivares de cana-de-açúcar plantadas em mudas pré-brotadas**. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2016.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar Terceiro Levantamento - Safra 2021/22**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 1-63, 2021.

CRUSCIOL, C. A. C. **Cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. Ilha Solteira: UNESP, 2014. Slides. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitotecniatecnologiadealimentososocioeconomia716/aula-1---cana---origem-e-economia-revisada-zoo.pdf>> Acesso em: 02 jun. 2021.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 29-34, 2002.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B.; DUENHAS, L. H. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade de cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

Dexter, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 199-238, 1988.

EMBRAPA. **Impulsionamento a produtividade e a produção da cana-de-açúcar no Brasil**, Brasília, p. 4, 2006.

FAGUNDES, E. A. A.; SILVA, T. J. A. da; BONFIM-SILVA, E. M. Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 188-193, 2014.

FARIAS, C. H.; SOUSA, K. S.; SILVA, I. F.; AGRA, R. V.; GONÇALVES NETO, G. C. Crescimento do sistema radicular de cana-de-açúcar submetida a lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 4, p. 186-196, 2013.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O. Quantificação de raízes metabolicamente ativas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1007-1013, 2006.

FERNANDES, M. M. H. **Contribuição da cultura de entressafra para a estruturação do solo em área sob sistema de semeadura direta** 2018. 41 f. Dissertação (Mestrado em Física do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2018.

FISCHER FILHO, J. A. **Resposta de cultivares de cana-de-açúcar a lâminas de irrigação via gotejamento subsuperficial**. 2018. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2018.

FLAUSINIO, B. de F. P. G. **Produção de energia elétrica a partir do aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar gerado no setor sucroalcooleiro de Minas Gerais**. 2015. 169 f. Tese (Doutorado em Ciências e Técnicas Nucleares) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AB7FWF>> Acesso em: 16 fev. 2022.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. de A.; SILVA, R. C. da; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Data multivariate analysis**. Bookman editora, Porto Alegre, p. 536, 2009.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, Williamsburg, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

LACLAU, P. R. F. B. **Balanço hídrico e crescimento de raízes da cana-de-açúcar sob disponibilidade de água contrastante comparados ao modelo MOSICAS**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LANDELL, E. P. A. **Efeito da irrigação deficitária na produtividade e qualidade tecnológica de cinco cultivares de cana-de-açúcar plantadas em mudas pré-brotadas**. 2017. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2017.

LANDELL, M. G. A.; BRESSIANI, J. A. **Melhoramento Genético, caracterização e manejo varietal**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. et al. Cana-de-açúcar, Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, p. 882, 2008.

LORENZI, B. R.; ANDRADE, T. H. N. de. O etanol de segunda geração no Brasil: Políticas e Redes sociotécnicas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, Viçosa, v. 34, n. 100, 2019.

MEDINA, C.C.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B.; TORRETI, A.F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 1-6, 2002.

MELO, M. L. A. de; BATISTA, A. M.; ARAÚJO, G. S. S.; SILVA, B. M.; VIANA, M. C. M. Estabilidade de agregados em solo cultivado com capim-tifton 85 sob irrigação e formas de suprimento de nitrogênio. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 530-543, 2017.

MILLER, J. J.; SWEETLAND, N. J.; LARNEY, F. J.; VOLKMAR, K. M. Unsaturated hydraulic conductivity of conventional and conservation tillage soils in Southern Alberta. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 78, n. 4, p. 643-648, 1998.

MILSTEIN, A., ISLAM, M.S., WAHAB, M.A., KAMAL, A.H.M., DEWAN, S. Characterization of water quality in shrimp ponds of different sizes and with different management regimes using multivariate statistical analysis. **Aquaculture International**, Dordrecht, v. 13, n. 6, p. 501-518, 2005.

MURSEC, M.; LEVEQUE, J.; CHAUSSOD, R.; CURMI, P. The impact of drip irrigation on soil quality in sloping orchards developed on marl. **Plant Soil Environmental**, Praga, v. 64, n. 1, p. 20-25, 2018.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, p. 1-5, 2021. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/Texto.php?codTexto=15925>. Acesso em: 11 abr. 2022.

NIMMO, J. R.; PERKINS, K. S. Aggregate stability and size distribution. In: DANE, J. H. TOPP, G. C. (ed). Methods of soil analysis. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 1, p. 317-328, 2002.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **International Journal of Plant and Soil**, Hague, v. 73, n. 1-3, p. 309-337, 1984.

PAULINO, J.; ZOLIN, C.A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M.V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 244-249, 2011.

PEDREIRA, B. C., PEDREIRA, C. G., BOOTE, K. J., LARA, M. A., & ALDERMAN, P. D. Adapting the CROPGRO perennial forage model to predict growth of *Brachiaria brizantha*. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 120, n. 3, p. 370-379, 2011.

PIRES, L. F.; BACCHI, O. O. S. Mudanças na estrutura do solo avaliada com uso de tomografia computadorizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 391-400, 2010.

QUEIROZ, A. F. de; SALVIANO, A. M.; OLSZEWSKI, N.; CUNHA, T. J. F.; NETO, M. B. de O. **Porcentagem de agregados em diferentes classes de solo**. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Natal, p. 1-4, 2015.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA, Brasília, p. 1-20, 2013.

SFEIR, F. P. **Resíduos da indústria sucroalcooleira: vinhaça e torta de filtro**. Repositório UTFPR. 2013. 41 f. Monografia. Universidade de Tecnologia Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/21978>> Acesso em: 16/02/2022.

SILVA, A. P. J. N.; CABEDA, M.S.V.; CARVALHO, F.G. Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 579-585, 2006.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 113-117, 1997.

SOUSA, A.C.M. MATSURA, E.E.; ELAIUY, M.L.C.; SANTOS, L.N.S.; MONTES, C.R.; PIRES, R.C.M. **Root system distribution of sugarcane irrigated with domestic sewage effluent application by subsurface drip system**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 647-657, 2013.

STONE, M. M.; FOREST, J. L. de; PLANTE, A. F. Changes in extracellular enzyme activity and microbial community structure with soil depth at the Luquillo

Critical Zone Observatory. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 75, p. 237-247, 2014.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. UNICAMP, Campinas, 2017.

TISDALL J.M., OADES J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 213-223, 2011.

YEOMANS, J. C., BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.