



UNICESUMAR – UNIVERSIDADE CESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CAMPUS MARINGÁ

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR
FERTIRRIGADA COM VINHAÇA E *Bacillus subtilis*

GABRIELI SOUZA SANCHES

MARINGÁ – PR

2021

GABRIELI SOUZA SANCHES

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR
FERTIRRIGADA COM VINHAÇA E *Bacillus subtilis***

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR – Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Agronomia sob a orientação da Prof. Dra. Francielli Gasparotto.

MARINGÁ – PR

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO
GABRIELI SOUZA SANCHES

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR
FERTIRRIGADA COM VINHAÇA E *Bacillus subtilis***

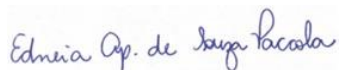
Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR –
Universidade Cesumar como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Agronomia, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Francielli Gasparotto.

Aprovado em: 10 de novembro de 2021.

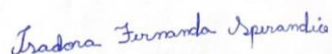
BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Francielli Gasparotto – UNICESUMAR – Universidade Cesumar



Prof^a. Dr^a. Edneia Apa. De Souza Paccola – UNICESUMAR – Universidade Cesumar



Eng. Agron. Isadora Fernanda Sperandio – UNICESUMAR – Universidade Cesumar

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM VINHAÇA E *Bacillus subtilis*

Gabrieli Souza Sanches, Francieli Gasparotto

RESUMO

Ao longo de 30 anos, o Brasil vem se destacando na produção de etanol, sendo o segundo maior produtor mundial. Durante a produção deste biocombustível ocorre a geração de altos volumes de vinhaça. O reaproveitamento da vinhaça por meio da fertirrigação nos canaviais é uma prática consolidada, pois contribui no aumento da produtividade da cana-de-açúcar, sendo fonte de água, matéria orgânica e nutrientes. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, fertirrigada com vinhaça associada ou não a bactéria *Bacillus subtilis*. O experimento foi realizado em vasos com delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições/tratamentos, sendo T1- Testemunha (água); T2- Vinhaça concentrada; T3- *Bacillus subtilis* + vinhaça; T4 - *Bacillus subtilis* + água, aplicado duas vezes na semana; T5- *Bacillus subtilis* + vinhaça; T6 - *Bacillus subtilis* + água, aplicado quinzenalmente. A cada quinze dias, foi avaliada a emissão de brotos e, após 90 dias, o comprimento, massa úmida e massa seca da raiz, altura, massa úmida e massa seca da parte aérea, contagem do número de raízes. Com isso, observou-se que houve diferença significativa apenas nos parâmetros de número e comprimento da raiz. Quanto ao número de raízes, o tratamento 4 foi o que obteve melhor resultado (64,66). Em relação ao comprimento de raiz, houve variação entre os tratamentos T1 (56,00), T2 (56,66), T3 (61,66). Com isso, podemos concluir que a prática da utilização da vinhaça como meio para aplicação da bactéria *Bacillus subtilis* foi viável e ainda benéfica, pois proporcionou maior desenvolvimento radicular das mudas de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*. Subproduto. Sustentabilidade agrícola.

EVALUATION OF THE INITIAL DEVELOPMENT OF SUGARCANE FERTIRRIGATED STILLAGEVINEYARD AND *Bacillus subtilis*

ABSTRACT

For 30 years, Brazil has been standing out in the production of ethanol, being the second bigger worldwide producer. During the production of this biofuel occurs the creation of high volumes of stillage. The reutilization of stillage through fertigation at the sugarcane is a consolidated practice, for it contributes in the increasing of productivity of sugar cane, being a source of water, organic material and nutrients. This way, it was objectived to evaluate the initial development of the sugar cane, fertigated with stillage associated or not to the bacteria *Bacillus subtilis*. The experiment was made in vases with delineation entirely randomised, with 6 treatments and 4 repetitions/treatments, being T1 – Witness (water); T2 – Concentrated stillage; T3 - *Bacillus subtilis* + stillage; T4 - *Bacillus subtilis* + water, applied twice a week; T5 - *Bacillus subtilis* + stillage; T6 - *Bacillus subtilis* + water applied every quarter. Every quarter, it was evaluated the emission of sprouts and, after 90 days, the length, umid mass and dry mass from the root, height, umid mass and dry mass from the aerial part, counting of the number of roots. With that, it was observed that there was a meaningful difference only in parameters of number and length of root. About the number of roots, the treatment 4 was the one that had the best result (64,66). About the length of the root, there was a variations among the treatments T1 (56,00), T2 (56,66), T3 (61,66). This way, we can conclude that the practice of utilization of stillage as a way to application of the bacteria *Bacillus subtilis* was viable and still beneficial, because it provided a better root development of the sugar cane plants.

Keywords: *Saccharum officinarum*. Sub-product. Agricultural sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) do mundo, sendo uma cultura de grande importância para o setor de biocombustíveis, com potencial para produção de açúcar, etanol e na geração de subprodutos de interesse industrial (CONAB, 2020). Estima-se que serão processadas aproximadamente 665 milhões de toneladas de cana de açúcar na safra 2020/2021. Ao longo de 30 anos, o Brasil vem se destacando na produção de etanol, sendo o segundo maior produtor, estando atrás apenas dos Estados Unidos (UNICA, 2019). Nos últimos anos, o etanol vem se destacando como uma fonte de energia renovável (ANP, 2019), sendo considerado um produto sustentável, proporcionando ganhos econômicos, sociais e ambientais.

Na produção de açúcar e etanol são gerados inúmeros resíduos, sendo estes chamados de subprodutos por seu alto valor agregado, como a vinhaça, a torta de filtro, as cinzas de caldeira, o bagaço e a palhada da cana-de-açúcar, sendo estes subprodutos de grande potencial para uso na agricultura, sendo utilizados na adubação dos canaviais (GASPAROTTO et al., 2016).

Dentre estes resíduos, a vinhaça é um dos principais ônus da indústria sucroalcooleira no Brasil (FUESS et al., 2018), sendo esta utilizada na fertirrigação dos canaviais, por ser fonte de matéria orgânica, água e nutrientes, como nitrogênio (N), potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), contribuindo assim para ganho da produtividade da cana-de-açúcar (PRADO et al., 2013).

Embora estudos mostrem que a prática de fertirrigação com vinhaça traz resultados positivos (SILVA et al., 2007; BARROS, 2012), se manejada de maneira errônea pode gerar grandes impactos para o sistema água-solo-planta a longo prazo (FUESS; GARCIA, 2014; OLIVEIRA et al., 2013), lixiviação de nitratos do solo (PARNAUDEAU et al., 2008), contaminação de águas superficiais (GUNKEL et al., 2007), como a salinização e acidificação do solo, subsequente desestabilização estrutural do terreno e perdas de atividade microbiana (FUESS et al., 2018). Além disso, deve ser considerado o agravamento do aquecimento global pela liberação de óxido nitroso (N₂O) na desnitrificação heterotrófica do solo (PAREDES et al., 2015).

Buscando a sustentabilidade agrícola, tecnologias complementares estão sendo pesquisadas com intuito de minimizar os impactos causados pela fertirrigação. Tendo em vista que alguns microrganismos conseguem produzir subprodutos de grande valor e reduzir a carga poluidora desse resíduo, estudos mostram que o uso da vinhaça como meio de cultivo para microrganismos tem sido eficiente (ROSSOL et al., 2012). Um exemplo é o uso de

microalgas, que conseguem se adaptar na vinhaça pelo fato dela conter nutrientes e água necessários para seu desenvolvimento (CHRISTENSON et al., 2011). Em estudos feitos por Candido et al. (2016), foi possível notar que houve uma elevação no pH, redução de potássio e nitrogênio, resultando na diminuição da degradação ambiental.

Silva (2018), estudando as alterações desencadeadas em vinhaça inoculada com bactérias do gênero *Azospirillum*, verificou que, a partir de 72 horas de inoculação, as bactérias do gênero *Azospirillum* respondem positivamente na vinhaça, se multiplicando, promovendo o aumento de nitrogênio e fósforo do resíduo, assim como a elevação do pH e a diminuição dos teores de matéria orgânica.

Além destes organismos, uma opção é o cultivo de bactérias promotoras de crescimento vegetal de plantas, como as bactérias do gênero *Bacillus*. Este gênero bacteriano é capaz de fornecer nitrogênio, fósforo, ferro, além de conseguir produzir hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno (SANTNER; ESTELLE, 2009). Além disso, elas conseguem afetar o metabolismo das plantas, fazendo com que ela consiga uma absorção maior de nutrientes que podem estar pouco disponíveis, reduzindo custos, a utilização de insumos químicos e a contaminação da água e solo (YANG et al., 2009).

Assim, a inoculação de bactérias nos canaviais apresenta-se como uma alternativa sustentável, pois estas desempenham processos ecológicos importantes, contribuindo de maneira positiva na produção agrícola (FIGUEIREDO et al., 2010). Porém, poucos trabalhos abordam o uso combinado de bactérias do gênero *Bacillus* e vinhaça na fertirrigação da cultura da cana-de-açúcar. Sendo assim, é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que visem associar estas duas práticas na busca por uma maior sustentabilidade na cadeia produtiva da cana.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça, associada ou não à bactéria *Bacillus subtilis*.

2 DESENVOLVIMENTO

O experimento foi realizado no Sítio Dois irmãos, lote 306 (23°27'02.55" S, 52°32'26.17" O), localizado na cidade de Japurá – Pr. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), contendo seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro unidades experimentais, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos empregados no experimento.

Tratamento	Volume (ml)	Composição	Aplicação
T1	100	Testemunha (água)	2 vezes por semana
T2	100	Vinhaça	2 vezes por semana
T3	0,6 + 100	<i>B. subtilis</i> + Vinhaça	2 vezes por semana
T4	0,6 + 100	<i>B. subtilis</i> + Água	2 vezes por semana
T5	0,6 + 100	<i>B. subtilis</i> + Vinhaça	Quinzenal
T6	0,6 + 100	<i>B. subtilis</i> + Água	Quinzenal

A variedade de cana-de-açúcar empregada foi a CTC 9001, e tanto a cana como a vinhaça foram fornecidas por uma usina da região e o produto Serenade[®], adquirido comercialmente, constituído pela bactéria *Bacillus subtilis* cepa QST71, na concentração de 1×10^9 células.ml⁻¹.

O plantio foi realizado no dia 07 de junho de 2021, em vasos plásticos com dimensões de 18,9x18,5x14,8cm (8,5L), preenchidos uniformemente com solo, e os toletes utilizados possuíam uma gema e apresentavam aproximadamente 03 cm, plantadas a uma profundidade de 03 cm. O solo foi retirado da propriedade onde o experimento foi realizado e submetido a uma análise química. As possíveis deficiências nutricionais, exceto o potássio, foram corrigidas segundo orientação do Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná (2017).

O experimento foi conduzido por um período de 90 dias, a fertirrigação das plantas foi feita duas vezes por semana nos tratamentos 1, 2, 3, 4 e quinzenalmente no 5 e 6, e a cada quinze dias foi avaliado a emissão de brotos. No final do período experimental, as plantas foram retiradas do solo, lavadas e analisadas quanto ao seu desenvolvimento de acordo com os seguintes parâmetros:

Contagem do número de raízes (NR): realizado visualmente com o auxílio de uma pinça; comprimento da raiz: com o auxílio de uma régua milimétrica e medido em centímetros a partir do ponto de inserção; massa úmida de raiz (MUR): o peso das raízes foi aferido em gramas com o auxílio de uma balança semianalítica; massa seca de raiz (MSR): as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufas de secagem a uma temperatura de 60° C durante um período de 48 horas, até a verificação de massa constante das amostras. Após isso, foram pesadas com o auxílio de uma balança semianalítica; altura da parte aérea (APA): com o auxílio de uma régua milimétrica, foi medida a parte aérea das plantas a partir do ponto de inserção até o ponto de crescimento máximo em centímetros; massa úmida da parte aérea (MUPA): a parte aérea foi separada do tolete e seu peso aferido

em gramas com o auxílio de balança analítica; massa seca da parte aérea (MSPA): a parte aérea foi acondicionada em sacos de papel e seca em estufa com uma temperatura de 60° C durante um período de 48 horas até a obtenção de massa constante, após este período seu peso foi aferido em gramas com o auxílio de balança analítica.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e as médias comparadas com o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar.

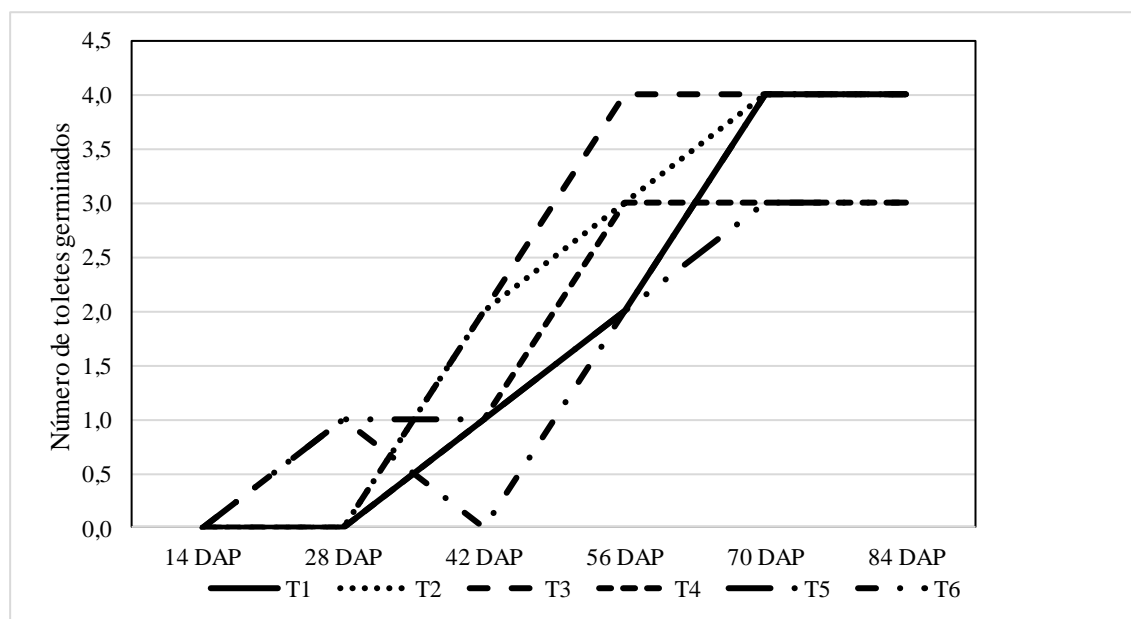
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental as médias térmicas permaneceram baixas, próximas a 15°C, retardando o processo de brotação dos toletes e o desenvolvimento das mudas. Aos 42 dias, os tratamentos que receberam vinhaça (T2) e vinhaça inoculada (T3), duas vezes por semana, foram os que apresentaram maior número de brotos emitidos, em ambos os tratamentos metade dos toletes haviam brotado. Já os tratamentos que foram fertirrigados a cada 15 dias (T4 e T5), foram os que mais demoraram para brotar. Aos 84 dias após o plantio, 90% dos tratamentos havia emitido brotações (Gráfico 1).

Silva et al. (2015) consideram a temperatura o principal fator meteorológico envolvido no desenvolvimento vegetativo da cultura de cana. Tanto altas como baixas temperaturas afetam de maneira direta o metabolismo da planta, provocando danos fisiológicos, morfológicos, anatômicos e bioquímicos, além de afetar a respiração e fotossíntese da planta (LOPES; LIMA, 2015). O crescimento da cultura é desfavorável em temperaturas acima de 35°C e abaixo de 15,5°C, sendo o ideal para que se tenha um crescimento significativo temperaturas superiores a 21°C. Desta forma, a redução da emissão de brotos observada nas condições deste experimento pode estar relacionada às baixas temperaturas que ocorreram durante o período.

Lopes e Lima (2015) argumentam que espécies C4 possuem desenvolvimento inferior em baixas temperaturas, são tolerantes a temperaturas altas e apresentam melhor desempenho em temperaturas moderadas. Além disso, o florescimento ocorre quando a planta atinge uma maturação relativa de desenvolvimento (SILVA et al., 2010), na qual existem diversos fatores envolvidos, como fotoperíodo (de 12,5 horas e pelo menos 10 dias ininterruptos é favorável), a umidade (a seca reduz ou inibe a ocorrência), a temperatura do ar (entre 18°C e 32°C induz), a fertilidade do solo e a radiação solar. Esses fatores podem prevenir, manter ou aumentar o crescimento vegetativo para reprodutivo (ARALDI et al., 2010; CTC, 2015).

Gráfico 1 - Número de toletes de cana-de-açúcar com emissão de brotos de acordo com diferentes tratamentos fertirrigados.



*DAP – Dias Após Plantio.

[†]Tratamentos: T1 - Água; T2 – Vinhaça; T3 – Vinhaça + *B. subtilis*; T4 – Água + *B. subtilis*; T5 – Vinhaça + *B. subtilis* (quinzenal); T6 – Água + *B. subtilis* (quinzenal).

Watanabe (2020) avaliou o emprego da vinhaça associada ou não a bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* no desenvolvimento inicial da variedade de cana-de-açúcar CTC 4 e verificou que 7 dias após o plantio e a fertirrigação, 1/3 dos toletes já havia germinado, isso para todos os tratamentos. Estes resultados contrastam com os resultados desta pesquisa, em que a maior parte dos toletes emitiram brotações após 42 dias do plantio. Porém, mesmo ocorrendo um atraso no processo de brotação, em todos os tratamentos pode-se verificar que os que receberam vinhaça e vinhaça inoculada duas vezes por semana, brotaram mais rapidamente que os demais, demonstrando que a fertirrigação com vinhaça pode ter beneficiado este processo.

Ao final do período experimental, não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros altura da parte aérea, massa úmida e massa seca da parte aérea, conforme pode ser observado na Tabela 2. Segundo Marafon (2012), a planta depende apenas das reservas do tolete para a produção dos diferentes órgãos componentes e, após o desenvolvimento radicular e expansão das folhas, a mesma retira nutrientes e água do solo e inicia o seu processo anabólico.

Avaliando a aplicação de diferentes lâminas de vinhaça na fertirrigação de toletes de cana, Watanabe (2020) verificou que os tratamentos que receberam maiores lâminas de vinhaça (T2 – 1,62 l e T3 – 1,08 l), além de apresentarem menor brotação dos toletes, também

foram os que obtiveram menor altura média dos brotos. Estes resultados indicam que a aplicação de altas doses de vinhaça na fase inicial de desenvolvimento da cana-de-açúcar interfere no desenvolvimento inicial da cultura, ocasionando sua redução.

Tabela 2. Altura da parte aérea (APA), massa úmida parte aérea (MUPA) e massa seca de parte aérea (MSPA) de mudas de cana submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	APA (cm)	MUPA (g)	MSPA (g)
T1	90,66 a	15,42 a	3,40 a
T2	71,66 a	12,25 a	3,07 a
T3	62,00 a	9,72 a	2,43 a
T4	52,00 a	6,26 a	2,43 a
T5	48,33 a	4,76 a	1,37 a
T6	52,66 a	3,61 a	1,14 a
CV (%)	24,41	51,16	51,59

¹Tratamentos: T1 - 100 ml de água; T2 - 100 ml de vinhaça; T3 - 0,6 ml de inoculante e 100 ml de vinhaça; T4 - 0,6 ml de inoculante e 100 ml de água; T5 - 0,6 ml de inoculante e 100 ml de vinhaça (quinzenal); T6 - 0,6 ml de inoculante e 100 ml de água (quinzenal).

Segundo Fuess e Garcia (2014), a cor deste resíduo agroindustrial e sua alta turbidez podem interferir na taxa fotossintética das plantas, e este também pode obstruir os poros do solo por sobrecarga orgânica, diminuindo, então, a transferência do oxigênio e atividade microbiana existente no solo, fatos estes que podem interferir no desenvolvimento vegetal, como verificado neste estudo.

Ao final do experimento, observou-se que houve diferença significativa apenas nos parâmetros de número e comprimento da raiz. Quanto ao número de raízes, o tratamento 4 foi o que obteve melhor resultado (64,66) comparado com os demais (Tabela 3). Medina et. al. (2002), quanto maior o enraizamento de uma planta, maior a sua capacidade de absorção de água e nutrientes disponíveis no solo.

Quanto ao comprimento de raiz, houve uma variação entre os tratamentos T1 (56,00), T2 (56,66), T3 (61,66), (Tabela 3). De acordo com Schultz et.al (2012), o aparecimento de raízes fibrosas na base do colmo inicia de duas a três semanas após a emergência, essas raízes são as responsáveis pela fixação no solo e pela absorção de nutrientes, assim, a interferência no crescimento das raízes exercida pela vinhaça + *B. subtilis* pode alterar a resistência das plantas ao tombamento a campo e também a absorção de nutrientes.

Nos parâmetros de massa úmida e massa seca da raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos analisados, conforme se observa na tabela 3.

Tabela 3. Valores referentes ao número de raiz (NR), comprimento de raiz (CR), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) da cana submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	NR	CR (cm)	MUR (g)	MSR (g)
T1	39,66 b	56,00 a	1,94 a	1,40 a
T2	42,33 b	56,66 a	1,54 a	1,96 a
T3	40,33 b	61,66 a	0,97 a	1,64 a
T4	64,66 a	34,00 b	1,05 a	0,69 a
T5	40,66 b	34,00 b	1,24 a	0,67 a
T6	32,00 b	39,00 b	0,18 a	0,44 a
CV (%)	19,55	16,23	69,57	70,43

¹Tratamentos: T1 - 100 ml de água; T2 – 100 ml de vinhaça; T3 – 0,6 ml de inoculante e 100 ml de vinhaça; T4 – 0,6 ml de inoculante e 100 ml de água; T5 – 0,6 ml de inoculante e 100 ml de vinhaça (quinzenal); T6 – 0,6 ml de inoculante e 100 ml de água (quinzenal).

Assim, diante dos resultados obtidos, verifica-se que a prática da utilização da vinhaça como meio para aplicação da bactéria *Bacillus subtilis* é viável e ainda benéfica, pois proporcionou maior desenvolvimento radicular das mudas de cana-de-açúcar.

3 CONCLUSÃO

Neste sentido, de acordo com os resultados obtidos neste experimento, podemos concluir que a aplicação de vinhaça associada à bactéria *Bacillus subtilis* promoveu maior crescimento radicular (61,66 cm), demonstrando, assim, uma prática viável e benéfica, porém, comparando com os demais parâmetros avaliados, verifica-se que a aplicação de *Bacillus subtilis* não proporcionou maior desenvolvimento da parte aérea das plantas, tanto em aplicações quinzenais como semanais.

4 REFERENCIAS

ARALDI, R; SILVA, F.M.L.S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. 2010. Florescimento da cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v.40. p.694-702.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro - 2019**. Rio de Janeiro, 2019.

BARROS, R. P. Diversidade de fungos em um vertissolo com adição de vinhaça na cultura de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*). **Revista Uniabeu**, v. 5, n 10, p. 181-196, 2012.

CANDIDO, C.; LOMBARDI, A. T.. Growth of *Chlorella vulgaris* in treated conventional and biodigested vinasses. **Journal of applied Phycology**, v29, p.45-53, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10811-016-0940-2>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra bras. Cana, v. 7 – Safra 2019/2020, n. 3 – Terceiro levantamento**. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 07. Mar. 2021.

CHRISTENSON, L.; SIMS, R.. Production and Harvesting of Microalgae for Wastewater Treatment, Biofuels, and Bioproducts. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 6, p.686-702, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.015>

CTC (Centro de Tecnologia Canavieira). 2015. Florescimento. Boletim Técnico nº07, Julho 2015. 12p.

FIGUEIREDO, M.V.B.; SOBRAL, J.K.; STAMFORD, T.L.M.; ARAUJO, J.M. Bactérias promotoras de crescimento de plantas: estratégia para uma agricultura sustentável. *In: Biotecnologia aplicada a agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais*. Brasília: EMBRAPA Agrobiologia. Parte, cap. 1.; p. 387-414, 2010.

FUESS L. T.; GARCIA, M. L.; ZAIATA, M. Seasonal characterization of sugarcane vinasse: Assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. **Science of The Total Environment**, v. 634, p. 29-40, 2018.

FUESS, L.T.; GARCIA, M.L. Implications of stillage land disposal: a critical review on the impacts of fertigation. **Journal of Environmental Management**, v. 145, p. 210-229, 2014.

GASPAROTTO, F.; RODRIGUES, F. S.; SERATTO, C. D.; COSTA, T. R. Cadeias produtivas da cana-de-açúcar, do algodão e de frutas. Rev. ed. Maringá: Centro Universitário de Maringá. Núcleo de Educação a Distância, 2016. 219p.

GUNKEL G., KOSMOL J., SOBRAL M., ROHN H., MONTENEGRO S., AURELIANO J. Sugar cane industry as a source of water pollution - Case study on the situation in Ipojuca river, Pernambuco, Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 108, p. 261-269, 2007.

LOPES, N. F.; M. G. S. LIMA. **Fisiologia da Produção**. Viçosa, MG: Editora UFV. 2015. 492 p.

MARAFON, ANDERSON CARLOS. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático / Anderson Carlos Marafon. – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 29 p.

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**, v.23, n.2, p.179-184, 2002

OLIVEIRA, B.G., CARVALHO, J.L.N., CERRI, C.E.P., CERRI, C.C., FEIGL, B.J. Soil greenhouse gas fluxes from vinasse application in Brazilian sugarcane areas. **Geoderma**, v.200-201, p.77-84, 2013.

PAREDES D. D. S.; ALVES B. J. R.; DOS SANTOS M. A. Nitrous Oxide and Methane Fluxes Following Ammonium Sulfate and Vinasse Application on Sugar Cane Soil. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 18, p. 11209-17, 2015.

PARNAUDEAU V.; CONDOM N.; OLIVER R.; CAZEVIEILLE P.; RECOUS S. Vinasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes. **Bioresource Technology**, v. 99, n.6, p.1553-1562, 2008.

PRADO, R. D. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter Cake and Vinasse as Fertilizers Contributing to Conservation Agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2013, p. 8, 2013.

ROSSOL, C. D.; SCALON, F. H.; BERTÉ, L. N.; JANDREY, P. E.; SCHWANTES, D.; GONÇALVES, J. A. C.. Caracterização, classificação e destinação de resíduos da agricultura. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.4, p.33-43, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1818/sap.v11i4.5858>

SANTNER, A.; ESTELLE, M. Recent advances and emerging trends in plant hormone signaling. *Nature*, London, v. 459, p. 1071-1078, 2009.

SILVA, F. C., et al. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima. In: F. C. Silva, B. J. R. Alves, *et al* (Ed.). **Sistema de Produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada a produção de energia e alimentos**. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, 2015. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima, p. 288-359.

SILVA, M. A. S. da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.108-114, 2007.

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; ARANTES, M.T.; PINCELLI, R.P. 2010. Fenologia da cana-de-açúcar. In: Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar. CRUSCIOL, C.A.C et al. (Eds.). Botucatu: FEPAF. p.8-21.

SILVA, M.T. Uso de vinhaça como meio de cultivo para bactérias diazotróficas. 2018. 46 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Limpas). Universidade Cesumar, Maringá, 2018.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F.; SILVA, J.A.; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; JUNIOR CARNEIRO, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agrônômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.2, p.261-268, 2012.

UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar). **Avaliação quinzenal da safra 2018/2019 da região centro sul**. 2019. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br>>. Acesso em: 10 de mar 2021.

YANG, J.; KLOPPER, J. W.; RYU, C. M. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Trends in Plant Science**, USA, v.14, n.1, p. 1-4, 2009.

WATANABE, A. Y. M. **Avaliação do desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) utilizando vinhaça inoculada com *Azospirillum* sp.** 2020. 40 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Limpas). Universidade Cesumar, Maringá, 2020.