

PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM DOSES DE N E INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS*

WILLIAM JOSÉ DELLABIGLIA¹; GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA²;
ADOLFO BERGAMO ARLANCH³; ROBERTO LYRA VILLAS BOAS⁴; HEITOR
CANTARELLA⁵ E RAFFAELLA ROSSETTO⁶

* Artigo extraído da Dissertação do primeiro autor

¹ Faculdade de Tecnologia de Botucatu (FATEC-BT), Av. José Ítalo Bacchi, s/n, Botucatu – SP – Brasil. E-mail: williamd@fatecbt.edu.br

² Pesquisador, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Rodovia SP 304, Km 304, Jaú, SP - Brasil. E-mail: ggava@iac.sp.gov.br

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - UNESP/FCA, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP - Brasil. E-mail: adolfoarlanh@gmail.com

⁴ Professor Doutor do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” - UNESP/FCA, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP - Brasil. E-mail: rlvboas@fca.unesp.br

⁵ Pesquisador, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas, SP – Brasil. E-mail: hcantrll@gmail.com

⁶ Pesquisadora, Agência Paulista de Tecnologia (APTA), Rodovia SP 127, km 30, Piracicaba, SP – Brasil. E-mail: raffaella@apta.sp.gov.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação de bactérias diazotróficas e da fertilização nitrogenada na produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (cana-planta), nos manejos: irrigado por gotejamento subsuperficial e de sequeiro. O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa Hélio de Moraes, do IAC, no município de Jaú, SP, (22°17' S 48°34' O, em Latossolo Vermelho). A variedade de cana-de-açúcar foi a RB92579. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por fatorial de 2 manejos de irrigação: irrigado (I) e não irrigado (NI), 2 manejos de inoculação: com inoculação (Inoc) e sem inoculação (Não inoc) com bactérias diazotróficas (BDs); e com 4 níveis de disponibilidade de nitrogênio (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N), compondo assim 16 tratamentos com 4 repetições. O experimento teve duração de 365 dias, quando então foram realizadas as análises tecnológicas e determinou-se a produtividade de colmos (TCH) e de açúcar (TPH). A cana-de-açúcar elevou sua produtividade com a elevação das doses de nitrogênio. Nos tratamentos irrigados essa elevação foi maior comparando-se com os tratamentos não irrigados.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; gotejamento subsuperficial; adubação nitrogenada; fixação biológica do nitrogênio.

DELLABIGLIA, W. J.; GAVA, G. J. C.; ARLANCH, A. B.; BOAS, R. L. V.;
CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R.

SUGARCANE YIELD FERTIGATION MANAGEMENT WITH DOSES OF N AND
INOCULATED WITH DIAZOTROPHIC BACTERIA

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the efficiency of inoculation with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization on yield and technological quality of sugarcane (cane plant), in the following managements: irrigated by subsurface drip and rainfed. The experiment was conducted at Hélio de Moraes Research Unit, of IAC in the municipality of Jaú, SP, (22 ° 17 'S 48 ° 34' O, Rhodic). The variety of sugarcane was RB92579. The experimental design was randomized blocks, composed by factorial of two irrigation management systems: irrigated (I) and non-irrigated (NI); and two-inoculation managements: with inoculation (Inoc) and without inoculation (No inoc) with diazotrophic bacterias (BDs); and 4 availability levels of nitrogen (0, 70, 140 and 210 kg ha⁻¹ de N), thus forming 16 treatments with 4 replications. The experiment lasted 365 days when then technological analysis was performed and determined sugarcane stalk yield (TCH) and sugar yield (TPH). The sugarcane raised its productivity with rising nitrogen levels. In irrigated treatments this increase was higher compared with non-irrigated treatments.

Keywords: *Saccharum* spp., subsurface drip, nitrogen fertilization, nitrogen biological fixation.

3 INTRODUÇÃO

A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente ligada à disponibilidade hídrica do solo, uma vez que a água é um fator limitante ao crescimento e é fundamental à fotossíntese (RHEIN, 2013; URIBE et al., 2016).

A cana-de-açúcar é uma cultura que apresenta certa tolerância ao estresse hídrico, porém, responde altamente a irrigação (SINGH et al., 2007; URIBE et al., 2016). Nesse cenário, a irrigação tem por objetivo suprir a necessidade hídrica das plantas, tornando-se uma ferramenta importante para diminuir os efeitos negativos da escassez de água na planta e consequentemente, elevando o potencial de produtividade de colmos e de açúcar (RHEIN, 2013; URIBE et al., 2016).

A cana-de-açúcar tem alta demanda de nutrientes, com destaque para o nitrogênio (SIMÕES-NETO et al., 2009; URIBE et al., 2016). A adubação nitrogenada está relacionada à brotação e perfilhamento do canavial, possuindo também, importância fundamental, no desenvolvimento e na capacidade

produtiva da cultura (CASAGRANDE, 1991; KORNDÖRFER; MARTINS, 1992; GAVA et al., 2018).

Boddey et al. (1995) verificaram que algumas gramíneas, entre elas a cana-de-açúcar, podem ser beneficiadas, obtendo parte do nitrogênio exigido pela planta a partir da fixação biológica do nitrogênio, promovida por bactérias diazotróficas encontradas em tecidos vegetais. Alguns experimentos a campo com inoculação de bactérias diazotróficas indicam a ocorrência de efeito promotor de crescimento (produção do AIA), que pode beneficiar a produção de cana-de-açúcar, porém não comprovam a hipótese de que a fixação biológica de nitrogênio, possa substituir a adubação nitrogenada (CANTARELLA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013; SCHULTZ et al., 2014).

Urquiaga et al. (2012) avaliaram cultivares de cana-de-açúcar e relataram que foi possível obter de 40 a 64 kg ha⁻¹ de N por meio da fixação biológica de nitrogênio. Por outro lado, estudos realizados na Austrália (BIGGS et al., 2002), África do Sul (HOEFSLOOT et al., 2005) e no Brasil (GAVA et al., 2018),

indicaram que as principais fontes de N para a cultura da cana-de-açúcar foram provenientes dos fertilizantes nitrogenados e da mineralização do N da matéria orgânica do solo, sendo inexpressiva a contribuição da fixação biológica de N para a cultura da cana-de-açúcar.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da inoculação de bactérias diazotróficas e da fertilização nitrogenada na produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta), nos manejos: irrigado por gotejamento subsuperficial e de sequeiro (não irrigado)

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa Hélio de Moraes, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) no município de Jaú – SP nas coordenadas geográficas: latitude 22° 17' S, longitude 48° 34' O e altitude média de 580 m, em relação ao oceano. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2007) de textura média argilosa conforme tabelas 1 e 2.

O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen é o Aw, com clima seco definido e média pluviométrica de 1.300 mm, com distribuição irregular.

Tabela 1. Análise química de macronutrientes do solo da área experimental, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm

Camadas (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} --mg dm ⁻³ --	S	Al ³⁺ -----mmolc dm ⁻³ -----	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V %
0 - 20	5,5*	15	28	10	0	24	0,7	21	13	60	59
20 - 40	4,2	11	23	50	5	56	0,2	11	5	73	23
40 - 60	4,1	10	14	49	6	63	0,2	15	5	83	24

*Análise realizada segundo metodologia de Rajj (2001).

Tabela 2. Análise física do solo da área experimental, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm

Camadas (cm)	Areia	Silte	Argila	Textura
	g.Kg ⁻¹			
0 - 20	638	90	272	Média
20 - 40	552	80	368	Argilosa
40 - 60	531	79	390	Argilosa

**análise realizada segundo metodologia da EMBRAPA, (1997).

O delineamento experimental foi composto por fatorial de 2 manejos de irrigação: irrigado (I) e não irrigado (NI); 2 manejos de inoculação: com (Inoc) e sem (Não inoc) inoculação com bactérias diazotróficas, e com 4 níveis de disponibilidade de nitrogênio (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N), compondo assim 16

tratamentos com 4 repetições, totalizando 64 parcelas. Cada parcela foi formada por cinco sulcos de 10 metros de comprimento, com plantio em linha dupla (ou em "W"), espaçamento de 1,80 m entre as linhas duplas e 0,4 m entre linhas de cana-de-açúcar.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB92579, fornecida pela Usina da Barra do grupo Raízen. As principais características da variedade são alta produtividade; maturação média à tardia; boa brotação e perfilhamento, em cana-planta e soqueira; recomendada para ambientes de produção A, B e C; e responsiva à irrigação (RIDESA, 2010).

Nos tratamentos irrigados o tubo gotejador instalado era do modelo DripNet PC™, com vazão de 1,0 L h⁻¹; pressão de serviço (PS) 3,0 bar, com gotejadores espaçados à 0,5 m, da empresa Netafim®. Os tubos gotejadores foram instalados no campo à 0,2 m de profundidade, no meio da linha dupla, junto com a operação de sulcação da área.

A precipitação total ocorrida durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (outubro/2013 à outubro/2014) foi

de 980,2 mm, e a lâmina de água aplicada ao longo do ciclo, por meio da irrigação foi de 564 mm, repondo 100% da evapotranspiração da cultura (ETC), segundo o método de Penman-Monteith (HOWELL; EVETT, 2004).

A frequência de irrigação foi realizada, contabilizando-se o suprimento de água no solo, pela precipitação (P), e a demanda atmosférica pela evapotranspiração da cana-de-açúcar (ETC), considerando uma capacidade de água disponível do solo (CAD) de 70 mm. Desse modo foi estimado o balanço hídrico a cada decêndio e calculada a deficiência hídrica (DEF), tanto para os tratamentos irrigados (Figura 1), quanto para os tratamentos não irrigados (Figura 2). A deficiência hídrica calculada para o período foi de 609 mm.

Figura 1. Balanço hídrico descencial da cultura nos tratamentos irrigados, no ano agrícola 2013/14.

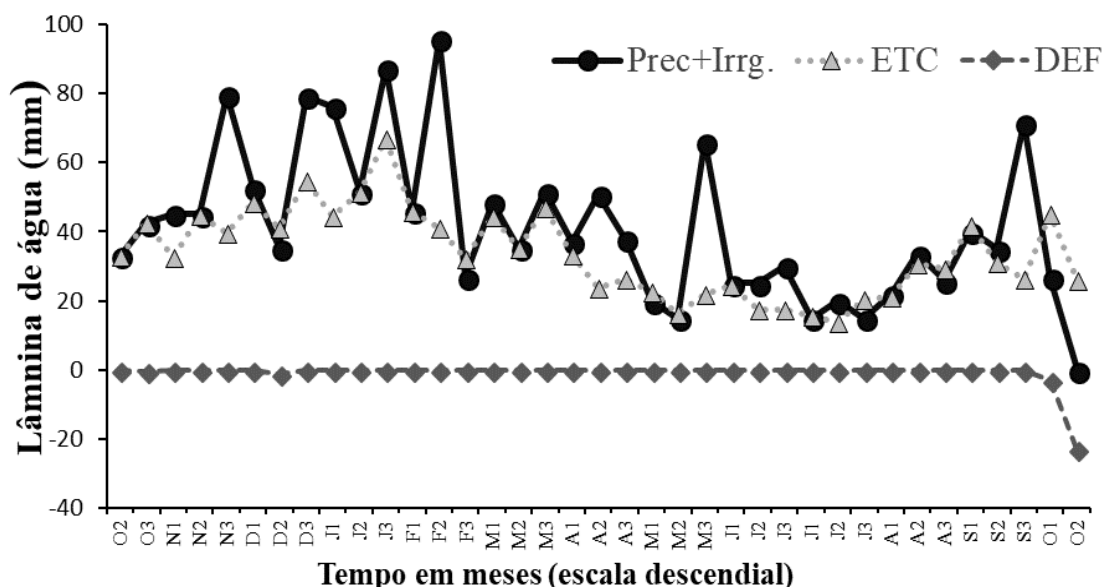
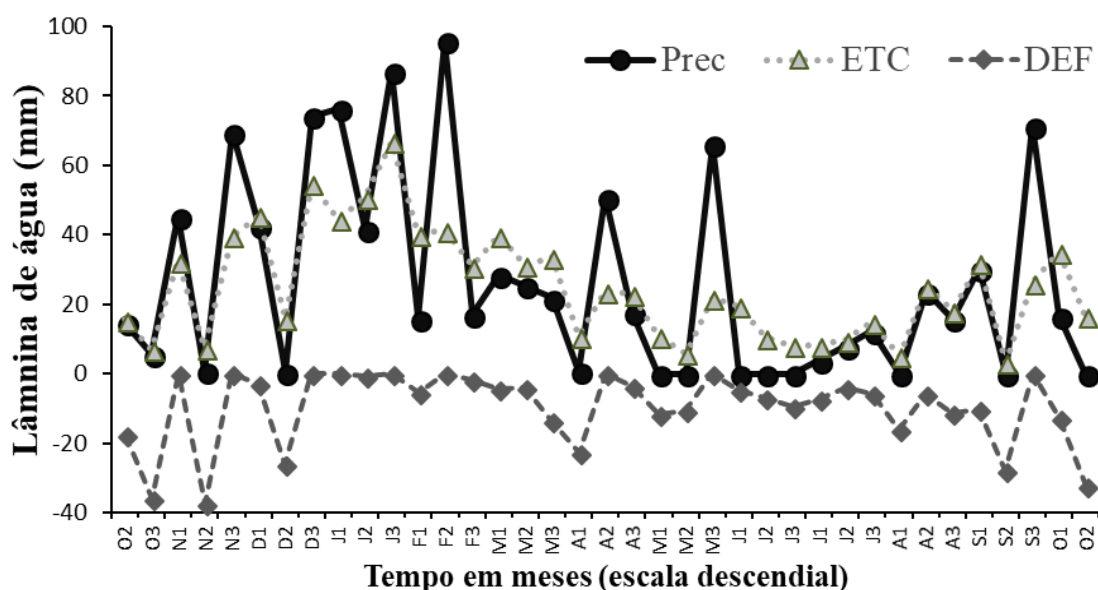


Figura 2. Balanço hídrico descencial da cultura nos tratamentos não irrigados, no ano agrícola 2013/14.



A adubação de plantio foi realizada no fundo do sulco para todos os tratamentos, aplicando-se uma dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de supersimples, correspondendo a 88 kg de P e 24 kg de S por hectare. Uma única dose de potássio foi aplicada em todos os tratamentos, 150 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio branco (KCl). Nos tratamentos irrigados, os fertilizantes (ureia e KCl) foram distribuídos ao longo do desenvolvimento da cultura por meio de fertirrigação (Figura 3).

Para os tratamentos não irrigados, o fertilizante nitrogenado, (ureia) e o cloreto de potássio branco, foram aplicados em duas épocas, sendo uma aplicação de 50% (ureia + KCl) no plantio junto com o fósforo no sulco de plantio e mais uma aplicação de 50% da dose (ureia + KCl), aos 60 dias após o plantio (DAP). Nessa época foram abertos pequenos sulcos laterais à linha de plantio com enxadas, que posteriormente foram fechados rapidamente após aplicação do fertilizante nos pequenos sulcos laterais, evitando-se

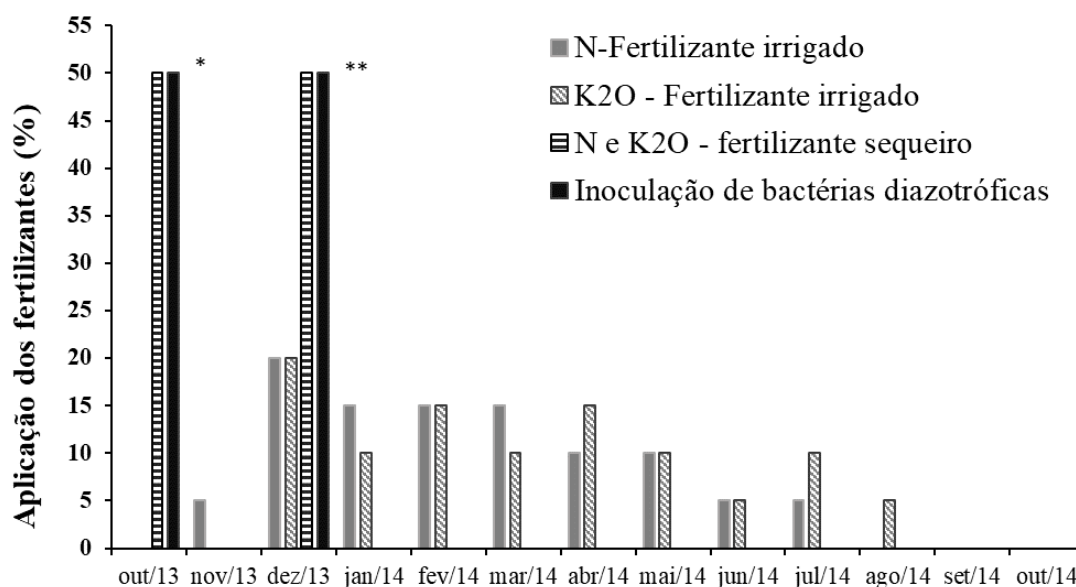
assim possíveis perdas de N por volatilização (Figura 3).

As bactérias utilizadas no experimento foram aplicadas em duas épocas (Figura 3), no plantio e aos 65 DAP. As estirpes de bactérias aplicadas, foram: *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11335), *Herbaspirillum rubrisubalbicans* (BR 11504), *Gluconacetobacter diazotrophicus* (BR 11281), *Burkholderia tropica* (BR 11366) e *Azospirillum amazonense* (BR 11145). A primeira aplicação seguiu a metodologia de Reis et al. (2009), as estirpes foram misturadas em 1.000 L de água e os toletes de cana-de-açúcar contendo 3 gemas que foram plantados, ficaram em suspensão por 2 hora nessa solução, posteriormente esses toletes foram plantados nos sulcos a uma taxa de 5 rebolos por metro (5 toletes com 3 gemas por metro) totalizando 15 gemas por metro. Neste dia a temperatura média foi de 20 °C e a umidade relativa do ar média foi de 70% (Figura 3). O mesmo coquetel de bactérias diazotróficas foram utilizados na segunda aplicação, aos 64 dias após o plantio (DAP). A segunda

aplicação foi realizada via foliar. Turfa inoculante (0,5 kg) a uma concentração de 109 células g^{-1} , foram diluídas em 200 L ha^{-1} e aplicadas por meio de pulverização foliar na linha de plantio de cana-de-açúcar

(BODDEY et al. 2001; SUMAN et al. 2007; GAVA et al. 2018). No momento da pulverização a temperatura média foi de 21 °C e a umidade relativa do ar média foi de 82%.

Figura 3. Porcentagem de aplicação dos fertilizantes ao longo do período outubro de 2013 à outubro de 2014.



* inoculação nos toletes (07/10/2013). ** inoculação via foliar (09/12/2013).

Na colheita final, aos 365 DAP, foram determinadas a produtividade de colmos (TCH) ($Mg\ ha^{-1}$) e de açúcar (TPH) ($Mg\ ha^{-1}$) e as análises qualitativas da cana segundo método descrito por Caldas (1998) e Consecana (2003).

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando-se o teste F ao nível de 95% de confiança, e posteriormente comparados com teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foi aplicada a análise de regressão nos dados referentes às doses de nitrogênio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na colheita final, os resultados da análise tecnológica da cana-de-açúcar são apresentados na tabela 3. Observa-se efeito significativo de manejo nas variáveis:

Fibra (F-Manejo de 18,49*); totais sólidos solúveis (F-Manejo de 3,78*), pol da cana corrigida (F-Manejo de 13,73*) e açúcar total recuperável (F-Manejo de 11,54*), sendo que no manejo irrigado foram constatados e sempre valores médios menores comparando-se ao manejo não irrigado.

Não foram verificadas diferenças significativas da interação entre a aplicação de bactérias diazotróficas com os manejos (F-Manejo x Bactérias). Também não, da aplicação de bactérias diazotróficas nas variáveis: fibra, totais de sólidos solúveis, pol da cana corrigida e açúcar total recuperável.

A média dos valores no manejo irrigado foi de 12,14% para fibra; 21,24% para o teor de sólidos solúveis foi; 15,37% para pol da cana corrigido e $153,58\ kg\ Mg^{-1}$ de açúcar total recuperável. No manejo não irrigado a média foi de 12,85% para

fibra; 21,98% para o teor de sólidos solúveis; 16,33% para pol da cana corrigido e 161,76 kg Mg⁻¹ para o açúcar total recuperável.

Tabela 3. Análise das variáveis de qualidade da matéria-prima, na colheita final. Fibra, totais de sólidos solúveis (TSS), pol da cana corrigida (PCC) e açúcar total recuperável (ATR), nos manejos: com irrigação (I) e não irrigado (NI), com aplicação de bactérias diazotróficas (Inoc) e sem aplicação (Não inoc).

Dose kg N ha ⁻¹	Manejo	Bactérias	Qualidade da matéria-prima							
			FIBRA		TSS		PCC		ATR	
			%	aB	°BRIX	aA	%	aB	kg Mg ⁻¹	aB
0	I	Inoc	12,26	aB	22,14	aA	16,60	aB	164,46	aB
		Não inoc	11,99	aB	21,14	aA	16,33	aB	162,52	aB
70	I	Inoc	12,24	aB	20,71	aA	15,03	aB	150,09	aB
		Não inoc	12,21	aB	20,75	aA	15,08	aB	150,58	aB
140	I	Inoc	12,26	aB	21,04	aA	15,18	aB	151,60	aB
		Não inoc	12,07	aB	21,13	aA	15,30	aB	152,86	aB
210	I	Inoc	12,21	aB	23,05	aA	14,87	aB	150,52	aB
		Não inoc	11,84	aB	19,93	aA	14,60	aB	145,97	aB
Média			12,14	B	21,24	B	15,37	B	153,58	B
CV%			4,96		10,09		8,28		7,77	
F- Doses			0,15 ^{ns}		0,30 ^{ns}		2,83*		2,61*	
F regre 2º grau			0,31 ^{ns}		0,76*		1,01*		1,18*	
R ²			99,04		85,37		84,9		84,25	
0	NI	Inoc	12,72	aA	22,64	aA	16,87	aA	166,95	aA
		Não inoc	13,32	aA	22,21	aA	16,50	aA	163,20	aA
70	NI	Inoc	12,92	aA	22,07	aA	16,47	aA	162,96	aA
		Não inoc	12,24	aA	21,66	aA	16,25	aA	161,00	aA
140	NI	Inoc	12,94	aA	21,93	aA	16,22	aA	160,76	aA
		Não inoc	12,73	aA	21,87	aA	16,36	aA	161,90	aA
210	NI	Inoc	13,07	aA	21,80	aA	15,99	aA	158,65	aA
		Não inoc	12,83	aA	21,69	aA	15,99	aA	158,72	aA
Média			12,85	A	21,98	A	16,33	A	161,76	A
CV%			5,51		3,12		3,94		3,69	
F- Doses			0,60 ^{ns}		1,55*		1,57*		1,54*	
F regre 2º grau			1,24*		0,68*		0,06*		0,01*	
R ²			68,66		88,46		95,19		95,24	
F - Manejo			18,49*		3,78*		13,73*		11,54*	
F- Bactérias			1,15 ^{ns}		2,66 ^{ns}		0,15 ^{ns}		0,23 ^{ns}	
F- Manejo x Bactérias			0,06 ^{ns}		0,95 ^{ns}		0,01 ^{ns}		0,01 ^{ns}	

Valores seguidos pela mesma letra minúscula não diferem entre si para inoculação com bactérias diazotróficas, pelo teste de Tuckey à 5%. Valores seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para manejo (irrigado e não irrigado), pelo teste de Tuckey à 5%. * significativo à 5% de probabilidade. ^{ns} não significativo à 5% de probabilidade.

No manejo sem irrigação, as médias da análise tecnológica foram sempre superiores às médias dos

tratamentos irrigados. Ocorreu efeito de diluição das variáveis de qualidade da matéria prima, possivelmente, devido à

elevada deficiência hídrica, a que foram expostos os tratamentos não irrigados (609 mm). Resultados semelhantes aos deste trabalho, foram observados por Köll, (2013). A qualidade da matéria prima da cana-de-açúcar em manejo irrigado, sofreu um efeito de diluição, pois os colmos foram colhidos logo após a aplicação de água na área. Neste sentido, o processo de colheita dos colmos, deve ser realizado após no mínimo 10 dias de encerrado a irrigação, diminuindo assim os possíveis efeitos de diluição.

As doses de nitrogênio aplicadas interferiram (Tabela 3) nas variáveis TSS, PCC e ATR, constata-se que a elevação da dose de nitrogênio provocou uma redução dessas variáveis nos dois manejos (irrigado e não-irrigado). Segundo Franco (2008), a adubação nitrogenada promove maior crescimento vegetativo, resultando em plantas com alto teor de umidade e menor acúmulo de sacarose.

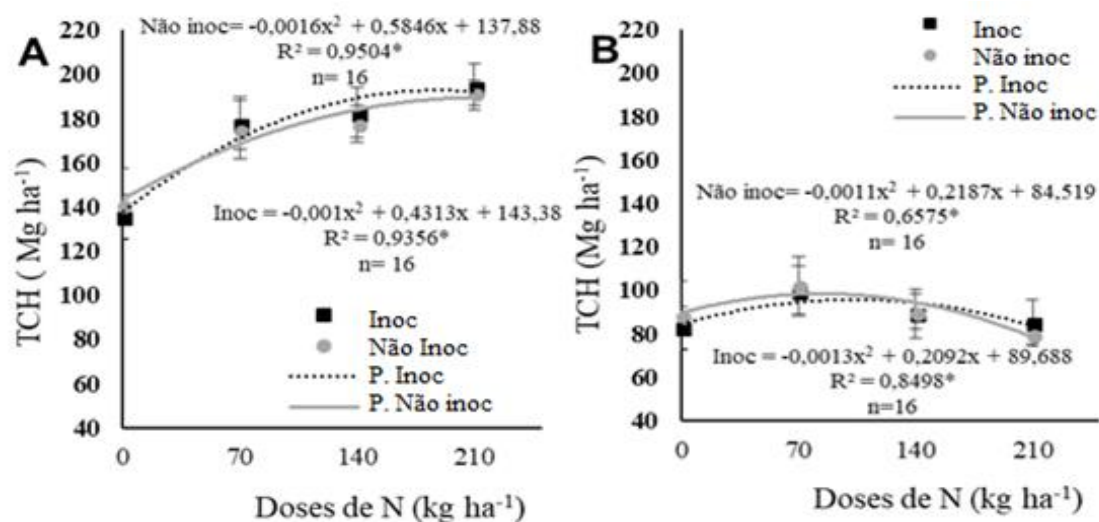
Pesquisas, demonstraram a modificação na qualidade da matéria-prima em cana-de-açúcar submetida à irrigação e adubação nitrogenada, entre os principais efeitos pode-se citar: o aumento da porcentagem de fibra em cana-de-açúcar

em condições de maior deficiência hídrica ou no manejo não-irrigado (OLIVEIRA et al., 2011; RHEIN, 2013); redução do teor de sólidos solúveis e do açúcar total recuperável em cana-de-açúcar fertirrigada com doses de nitrogênio superiores à 120 kg N ha⁻¹ (FRANCO, 2008) e de 150 kg N ha⁻¹ (RHEIN, 2013), evidenciando a redução da concentração de sacarose em dosagem alta de nitrogênio, em doses superiores à 150 kg N ha⁻¹ (MUCHOW et al., 1996).

O manejo de inoculação com bactérias diazotróficas (Inoc) não promoveu diferenças significativas nas variáveis tecnológicas. As alterações encontradas nas variáveis tecnológicas, podem ser decorrentes do déficit hídrico elevado para o período (600 mm) que restringiu muito o desenvolvimento da cultura e promoveu maior acúmulo de sacarose para os tratamentos sob o manejo não irrigado.

Observa-se na figura 4, o aumento considerável da produtividade de colmos industrializáveis (TCH) na cana-de-açúcar no manejo irrigado comparando-se ao manejo não irrigado, bem como entre as doses de nitrogênio aplicadas.

Figura 4. Produtividade de colmos (A) manejo irrigado; (B) manejo não irrigado.



* significativo pelo teste F à 5%.

As médias de produtividade no manejo irrigado foram de 138 Mg.ha⁻¹ e 193 Mg.ha⁻¹, nas doses 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente. Já no manejo não irrigado as médias foram de 86 Mg.ha⁻¹ e 83 Mg.ha⁻¹, nas doses 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente. No manejo irrigado a maior produtividade foi alcançada na dose de 210 kg N ha⁻¹ (193 Mg ha⁻¹), no manejo não irrigado verificou-se maior produtividade na dose de 70 kg N ha⁻¹ (101 Mg ha⁻¹).

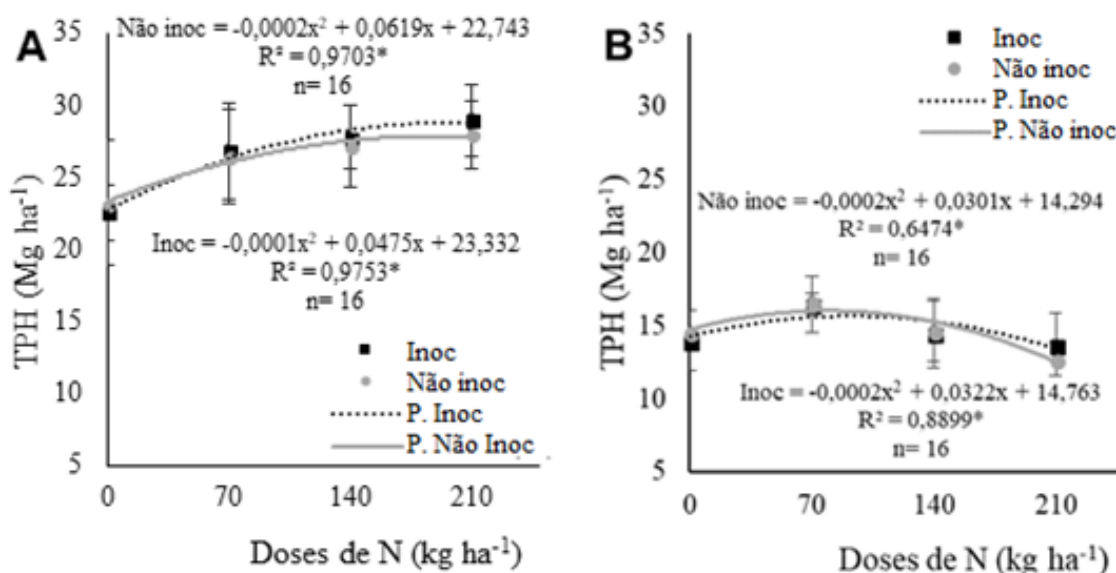
A produtividade de açúcar (TPH) (figura 5) apresentou grande aumento entre os manejos irrigado e não irrigado, sendo que as médias de produção de açúcar no manejo irrigado foram de 22 Mg ha⁻¹ e 28 Mg ha⁻¹, nas doses 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente enquanto que no manejo não irrigado as médias foram de 14 Mg ha⁻¹ e 13 Mg ha⁻¹, nas doses 0 e 210 kg N ha⁻¹, respectivamente. No manejo irrigado a maior TPH foi alcançada na dose de 210 kg N ha⁻¹ (28,46 Mg ha⁻¹), no manejo não

irrigado verificou-se maior produtividade na dose de 70 kg N ha⁻¹ (16,54 Mg ha⁻¹).

Respostas de elevação das variáveis TCH e TPH, foram constatadas por diversos autores trabalhando com cana-de-açúcar sob diferentes doses de nitrogênio e condições hídricas (MUCHOW et al., 1996; GAVA et al., 2011; KÖLLN, 2012; URIBE et al., 2016).

Nesse trabalho foi possível isolar cada fator de produção estudado, considerando: 1º manejo (não irrigado e não adubado com N) produtividades de: 85 e 14 Mg ha⁻¹ de colmos e de açúcar; 2º manejo (não irrigado e adubado com 70 Kg.ha⁻¹ de N) produtividades de: 101 e 16,54 Mg ha⁻¹ de colmos e de açúcar; 3º manejo (irrigado e não adubado com N) produtividades de: 138 e 22 Mg ha⁻¹ de colmos e de açúcar e finalmente o 4º manejo (irrigado e adubado com 210 Kg.ha⁻¹ de N) produtividades de: 193 e 28 Mg ha⁻¹ de colmos e de açúcar (Figuras 4 e 5).

Figura 5. Produção de açúcar por hectare (A) manejo irrigado; (B) manejo não irrigado



* significativo pelo teste F à 5%.

Os ganhos de produtividade de colmos, em relação ao 1º manejo (-A e -N), foi de: 16 Mg.ha⁻¹ correspondendo

a um acréscimo de 18% (-A e +N); de 53 Mg.ha⁻¹ de colmos sendo que este ganho representou 62% (+A e -N) e finalmente

de 108 Mg.ha⁻¹ de colmos representando um acréscimo de 127% (+A e +N), respectivamente para os 2º; 3º e 4º manejos descritos no parágrafo anterior.

Kölln (2012) estudando soqueira de cana-de-açúcar no genótipo SP803280, nas condições a saber: (i) irrigada e (ii) não irrigada, em dois ciclos de crescimento e em dois níveis de doses de N-fertilizante (0 e 145 kg.ha⁻¹ de N), também isolou os mesmos fatores de produção e verificou ganhos de 54% (-A e +N); 25% (+A e -N) e 127% (+A e +N), conforme mesma sequência de manejos descritos neste trabalho, no parágrafo anterior.

Tanto a deficiência hídrica como a de nitrogênio causaram elevadas reduções de produtividade da cultura de cana-de-açúcar, conforme verificado neste trabalho (Figuras 4 e 5) bem como no trabalho desenvolvido por Kölln (2012). Entretanto, neste trabalho a resposta à aplicação de água via tecnologia de irrigação foi maior que a de nitrogênio, quando comparado ao trabalho de Kölln (2012). A pressão do estresse hídrico, do ciclo de desenvolvimento da cultura, neste trabalho, foi maior se comparado à pesquisa de Kölln (2012). Verificado pela aplicação de 564 mm de água via irrigação, em comparação com os 286 mm de água aplicados no trabalho de Kölln (2012).

Dalri et al. (2008) observaram, na região de Botucatu-SP, que com a implantação de tecnologia de irrigação, obtiveram acréscimo médio de 49% na produtividade de colmos, e de 66% no açúcar total recuperável (ATR), utilizando o genótipo RB72454

Oliveira et al., (2011) avaliaram também o genótipo RB92579, assim como neste trabalho, observaram maiores produtividades de colmos e de açúcar no manejo irrigado, em comparação com o de sequeiro. Constatou-se também maior resposta para o genótipo RB9259 à tecnologia de irrigação (255,6 Mg.ha⁻¹) do

que em sequeiro (90,1 Mg.ha⁻¹), sendo esse ganho de 184 %.

A inoculação com bactérias diazotróficas não promoveu diferenças significativas na produtividade de colmos e de açúcar. Resultado semelhante foram obtidos por Gava et al. (2018). Joris (2015), avaliando quatro ciclos de cana-de-açúcar, sob diferentes doses de nitrogênio e inoculação de bactérias diazotróficas, encontrou aumento linear da TCH com a adição de nitrogênio, porém não constatou diferenças entre os tratamentos inoculados e o tratamento controle sem inoculação.

Ainda que os valores de teor de pol da cana corrigido (PCC) e de açúcar total recuperável (Tabela 3), verificados no manejo irrigado, tenham sido inferiores. A produção de açúcar (TPH) foi muito superior para os tratamentos irrigados (Figura 4). Este fato ocorreu, pois, a produtividade de colmos foi muito superior ao efeito de diluição de teor de sacarose ocorrido nos tratamentos irrigados.

6 CONCLUSÕES

Houve efeito positivo da adubação nitrogenada e da irrigação na produtividade de colmos e de açúcar na cultura da cana-de-açúcar.

A aplicação do coquetel de bactérias diazotróficas não promoveu aumento de produtividade dos colmos e de açúcar na cultura da cana-de-açúcar.

7 AGRADECIMENTOS

A Capes, pela Bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). (Processos: 2008/56147-1 e 2005/56519-8).

8 REFERÊNCIAS

- BIGGS, I.M.; STEWART, G.R.; WILSON, J.R.; CRITCHLEY, C. 2002. 15N natural abundance studies in Australian commercial sugarcane. **Plant and Soil**, Alphen aan den Rijn, v. 238(1): p. 21–30, 2002.
- BODDEY, R. M.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.; OLIVARES, F. L. de; BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugarcane and rice: contributions and prospecta for improvement, **Plant and Soil**, The Hague, v. 174, p. 195-209, 1995.
- BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the 15N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N₂ fixation to sugarcane and other grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, Canberra, V. XX, p. 889–895. 2001.
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió. Sindicato da Indústria do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas. 1998. 422p.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F.; GAVA, G.; ROSSETTO, R.; VITTI, A. C.; VARGAS, V.; SOARES, J. R.; OLIVEIRA, C.; JORIS, H.; KÖLLN, O. T.; DIAS, F.; URQUIAGA, S. N fertilization and diazotrophic bacteria inoculation in sugarcane for bioenergy production (17th International Nitrogen Workshop, Ed.) **Proceedings of the 17th International Nitrogen Workshop**. Anais. Wexford: 2012.
- CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, p. 157, 1991.
- CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**. 4.ed. Piracicaba: CONSECANA, p. 115, 2003.
- 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.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, p. 212, ed. 2, 1997.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2006.
- FRANCO, H. C. J. **Eficiência Agronômica da adubação nitrogenada de cana-planta**. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GAVA, G. J. C.; SCARPARE, F. V.; CANTARELA, H.; KÖLLN, O. T.; CORRÊA, S. T. R.; ARLANCH A. B.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen source contribution in sugarcane-inoculated plants with diazotrophic bacterias under urea-N fertigation management. **Sugar Tech - Springer**, New Delhi, v. 21, p. 1-9, 2018.

GAVA, G. J. C.; SILVA, M. 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.

HOEFSLOOT, G., TERMORSHUIZEN, A.J. WATT D.A., AND CRAMER M.D. Biological nitrogen fixation is not a major contributor to the nitrogen demand of a commercially grown South African sugarcane cultivar. **Plant and Soil**, Alphen aan den Rijn, v. 277, p. 85–96, 2005.

HOWELL, T. A.; EVETT S. R. **The Penman-Monteith method**. Washington, DC: USDA-Agricultural Research Service, Conservation & Production Research Laboratory, p. 14, 2004.

JORIS, H. A. W. **Nitrogênio na produção de cana-de-açúcar: aspectos agronômicos e ambientais**. 2015. 135 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical - Gestão de recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico, Campinas, 2015.

KÖLLN, O. T. **Interação entre os estresses de nitrogênio e disponibilidade hídrica no fracionamento isotópico de ^{13}C e na produtividade em soqueira de cana-de-açúcar**. 2012. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2012.

KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 26-31, 1992.

MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W.; KEATING, B. A. Effect of nitrogen on the time-course of sucrose accumulation in sugarcane. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 47, p. 143-153, 1996.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES-NETO, D. E.; ROCHA, A. T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011.

PEREIRA, W.; LEITE, J. M.; HIPÓLITO, G. S.; SANTOS, C. L. R.; REIS, V. M. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 363–370, 2013.

RAIJ, B. van; et al. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; URQUIAGA, S. Recomendação de uma mistura de estirpes de cinco bactérias fixadoras de nitrogênio para inoculação de cana-de-açúcar: *Gluconacetobacter diazotrophicus* (BR 11281), *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11335), *Herbaspirillum rubrisubalbicans* (BR 11504), *Azospirillum amazonense* (BR 11145) e *Burkholderia tropica* (BR 11366). **Circular Embrapa Agrobiologia**. Seropédica, RJ: 2009.

RHEIN, A. F. L. **Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento**. 2013. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

RIDESA - Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro, 2010, 80 p.

SCHULTZ, N.; SILVA, J. A.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; OLIVEIRA, R. P.; CHAVES, V. A.; PEREIRA, W.; SILVA, M. F.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 407–414, 2014.

SIMÕES-NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 840–848, 2009.

SINGH, P. N.; SHUKLA, S. K.; BHATNAGAR, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum spp.* Hybrid complex) in subtropical India. **Agricultural Water Management**, Lucknow, v. 90, p. 95-100, 2007.

SUMAN, A.; GAUR, A.; SHRIVASTAVA, A. K.; SINGH, P.; SINGH, J.; YADAV, R. L. Nitrogen use efficiency of sugarcane in relation to its BNF potential and population of endophytic diazotrophs at different N levels. **Plant Growth Regulation**, Amsterdam, v.54, n.1, p. 1–11, 2008.

URIBE, R. A. M.; GAVA, G. J. C.; KOLLN, O. T.; SAAD, J. C. C. Estimativa do acúmulo de fitomassa da soqueira de cana-de-açúcar fertirrigada com doses de N-fertilizante utilizando modelo de simulação. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 126-139, 2016.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R. P.; MORAIS, R. F.; BATISTA, R. B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J. M.; SÁ, J. M.; BARBOSA, K. P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Evidence from field nitrogen balance and ^{15}N natural abundance data for the contribution of biological N_2 fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant and Soil**, Heidelberg, v. 356, n. 1-2, p. 5–21, 2012.