

EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA VISANDO ECONOMIA E CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

Ricardo Gava*
Paulo Sérgio Lourenço de Freitas**
Jefferson Vieira José***
Alexandre de Castro Salvestro****

RESUMO: Apesar de a vinhaça ser rica em nutrientes e substituir a adubação convencional, as áreas de aplicação necessitam de um complemento com nitrogênio, que é feito com aplicação de uréia por cobertura utilizando maior mão-de-obra e equipamentos. Porém a aplicação do nitrogênio pode ser realizada utilizando o sistema já existente de fertirrigação, bastando adicionar ao mesmo um tanque de pré-mistura e uma bomba de inserção na linha. Os tratamentos constaram de uma testemunha, e três doses de aplicação de vinhaça, correspondendo a 150, 300 e 450 m³ ha⁻¹, com adição de solução de uréia equivalendo a 200 kg ha⁻¹ em cada tratamento e 150, 300 e 450 m³ ha⁻¹ de vinhaça com aplicação de 200 kg ha⁻¹ de uréia aplicada pelo método convencional por cobertura, em sulco com profundidade de 0,15 m, de acordo com unidades produtoras da região. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da aplicação de nitrogênio, inserindo-o na linha de fertirrigação de vinhaça, com o sistema de aplicação convencional de uréia por cobertura, em três doses de aplicação na cultura da cana-de-açúcar. Os resultados indicam que se pode aplicar Uréia dissolvida através do sistema de fertirrigação, não acarretando em redução, nem aumento de rendimento, porém haverá menor utilização de máquinas e mão-de-obra, reduzindo o custo de produção e os impactos no meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Meio ambiente; Água residuária; Dissolução; Uréia.

* Pós-Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: gava_ricardo@yahoo.com.br

** Docente do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: pslfreitas@uem.br

*** Pós-Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: jfbudala@msn.com

**** Pós-Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. E-mail: alexandresilvestre@hotmail.com

SYSTEMS EFFICIENCY IN THE VINASSE APPLICATION AIMING ECONOMY AND ENVIRONMENTAL AWARENESS

ABSTRACT: Although the vinasse is rich in nutrients and able to replace conventional fertilizer, the application areas need to be topped with nitrogen, which is made with urea application by using larger cover manpower and equipment. But the application of nitrogen can be accomplished using the already existing system of fertigation, simply add the same one premix tank and pump insertion in the line. Treatments consisted of a witness, and three doses of vinasse application, corresponding to 150, 300 and 450 m³ ha⁻¹ with the addition of urea solution equivalent to 200 kg ha⁻¹ in each treatment, 150, 300 and 450 m³ ha⁻¹ of vinasse with applications of 200 kg ha⁻¹ urea applied by the conventional method for coverage, groove depth of 0.15 m, according to production units in the region. The aim of this study was to compare the effect of nitrogen, inserting into the line of stillage fertigation, with the system of conventional application of urea by coverage, in three doses of application in the cane sugar culture. The results indicate that dissolved urea may be applied through the fertigation system that does not result in a reduction or increase in income, but there will be less use of machinery and manpower, reducing production costs and impacts on the environment.

KEYWORDS: Environment; Wastewater; Dissolution; Urea.

INTRODUÇÃO

Com a expansão do setor sucroalcooleiro consequentemente há um aumento na geração de subprodutos, dos quais o que mais se destaca é a vinhaça, pois para cada litro de álcool produzido, são gerados aproximadamente 15 litros deste subproduto (CONAB, 2007). A vinhaça é um líquido poluente, resultante da fermentação do caldo de cana-de-açúcar ou melaço. Devido a sua riqueza principalmente em potássio e matéria orgânica, passou a ser aplicada na cultura da cana-de-açúcar, com o objetivo de minimizar o impacto ambiental e incorporar nutrientes ao solo.

A fertirrigação foi uma das grandes revoluções no manejo da cultura no Brasil, porém ela não supre a necessidade da planta em todos os nutrientes. Desta

forma é necessário um complemento de nitrogênio, aplicando uréia por cobertura, após a fertirrigação com vinhaça, o que exige mais máquinas e mão-de-obra. Porém, o sistema utilizado para aplicação de vinhaça é robusto e próprio para fertirrigação podendo suportar materiais corrosivos como uréia ou outro tipo de nutriente solúvel que se queira aplicar, sem a necessidade da utilização de máquinas e mão-de-obra adicionais, apenas um tanque de pré-mistura e uma bomba de inserção na linha. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da aplicação de nitrogênio, inserindo-o na linha de fertirrigação de vinhaça, com o sistema de aplicação convencional de uréia por cobertura, em três doses de aplicação na cultura da cana-de-açúcar.

2 DESENVOLVIMENTO

O projeto foi instalado em 01 agosto de 2007, na região de Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, no Campus do Arenito - Universidade Estadual de Maringá, latitude 23°22'30" Sul, longitude 52°56'00" Oeste e altitude média de 404m. O solo do tipo Latossolo Vermelho Distrófico, com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999).

Ao iniciar o projeto foram feitas análises do solo em duas profundidades como mostra a Figura 1.



Figura 1 Coleta de amostras de solo nas profundidades de 0,0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m

A cana-de-açúcar foi plantada no dia 27 de agosto de 2007, sendo da variedade RB 867515, muito utilizada na região. A adubação de plantio foi de 500 kg de formulação 5 -25 -20.

Tabela 1 Condução do experimento

Formas de aplicação	Tratamentos	Dose de Vinhaça m ³ ha ⁻¹
-	T0	-
Sistema convencional	T1	150
Sistema convencional	T2	300
Sistema convencional	T3	450
Diluída na vinhaça	T4	150
Diluída na vinhaça	T5	300
Diluída na vinhaça	T6	450

O delineamento experimental foi fatorial 2x4x4, com duas formas de aplicação de uréia, uma diluída na vinhaça (Figura 1) e outra na forma convencional (Figura 2), com três doses de água residuária 150, 300 e 450 m³ ha⁻¹ com quatro repetições e testemunha. Análise estatística foi realizada por meio de regressão para cada área em particular e por meio de teste de médias para comparação das duas formas de aplicação, utilizando software SAEG. 3.0.

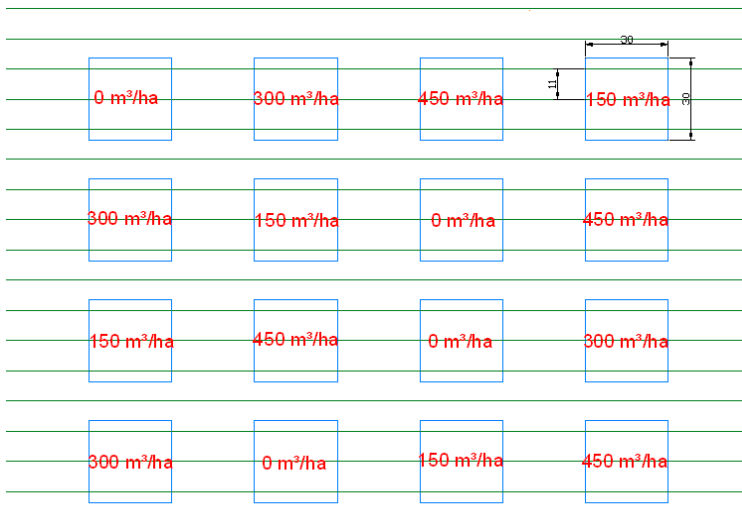


Figura 2 Aplicação de uréia diluída na vinhaça (Área 1)

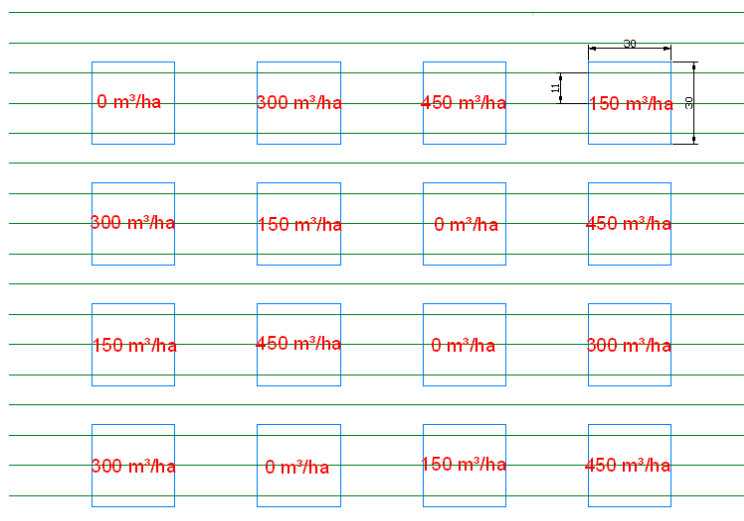


Figura 3 Aplicação de uréia pelo sistema convencional (Área 2)

A aplicação da uréia dissolvida na vinhaça foi realizada simulando-se o uso do sistema de aspersão mais utilizado pelas usinas para fertirrigação.

Realizou-se a aplicação da uréia pelo sistema convencional de forma a simular o uso de todo maquinário empregado pelas usinas como: caminhões, guindastes, tratores, cultivadores. É uma forma de alto custo de aplicação, quando comparada com o sistema de fertirrigação já existente para a aplicação obrigatória de vinhaça, pois além de maquinário exige muita mão-de-obra.

Na Figura 4 observa-se a coleta das amostras indeformadas com um anel cilíndrico de 67,4 cm³ de volume útil (Vu), em cada uma das parcelas no perfil do solo em intervalos de 0,10 m até a profundidade de 0,50 m, totalizando 160 amostras, as quais permaneceram em estufa a 105°C por um período de 24 horas para posterior pesagem e determinação do peso do solo seco (Ps) em gramas. Para determinação da densidade do solo, dividiu-se Ps pelo Vu.

A distribuição vertical do sistema radicular foi determinada por adaptação do método de tradagem citado por Vasconcelos (2002), introduzindo um amostrador cilíndrico de 0,1 m de diâmetro e 0,1 m de altura, em cada uma das parcelas no perfil do solo, nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m, margeando a linha de plantio, totalizando 160 amostragens (Figura 5). As amostras de raízes coletadas foram peneiradas com malha de 2 mm, lavadas retirando-se totalmente impurezas deixando apenas raízes, e secadas em estufa, a

70°C por 110 h para posterior pesagem e determinação de massa seca.



Figura 4 Coleta de amostras deformadas ao longo do perfil do solo



Figura 5 Amostrador cilíndrico para quantificação do Sistema Radicular, coletando amostras da profundidade de 0,0-0,10 m, até a camada de 0,5 m do perfil do solo

Determinou-se o número de perfilhos mortos através de contagem no interior das parcelas (Figura 6). Já o diâmetro de colmo foi determinado com o uso de paquímetro, sendo medido a 0,20 m do solo em dez plantas escolhidas ao acaso, para obtenção do diâmetro médio de colmo de cada parcela (Figura 7).



Figura 6 Incidência de perfilhos mortos



Figura 7 Determinação de diâmetro de colmo

Considerando-se a altura total das plantas (Figura 8), a altura útil foi determinada medindo-se, com auxílio de trena graduada, dez plantas escolhidas ao acaso para se obter um valor médio. Foi realizado em cada parcela, considerando do solo até a primeira folha positiva (Figura 9).



Figura 8 Processo de determinação da altura total



Figura 9 Primeira folha positiva

Para estimar o rendimento em TCH (tonelada de cana-de-açúcar por hectare), visto que a cana ainda não se encontrava em ponto de colheita de 420 dias, foi utilizado o método descrito por Martins e Landell (1995), utilizando os dados coletados aos 270 dias do ciclo, com a seguinte equação:

$$TCH = D^2 * NCM * H * \left(\frac{0,007854}{ESP} \right) \quad (1)$$

em que:

D – diâmetro de colmos (cm);

NCM – número médio de colmos (NCM.m⁻¹);

H – estatura média de perfilhos (cm);

ESP – espaçamento entre linhas (1,10 m).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vinhaça utilizada foi previamente analisada quimicamente em laboratório (Tabela 2), estimando-se, desta forma, as quantidades de nutrientes que estavam sendo adicionadas ao solo, juntamente com a análise química do solo portanto, permitindo-se estimar a quantidade final aproximada de nutrientes (Tabela 3). Vale lembrar que este processo no solo é muito complexo, o que não permite quantificar exatamente os valores finais de nutrição por este método.

Tabela 2 Análise química das quatro amostras de vinhaça coletadas antes da aplicação

Nº	Ca	Mg	K	Na	P	N	Fe	Zn	Cu	Mn	DBO	DQO
	mg.kg ⁻¹										mg.L ⁻¹	
1	36,56	175,84	1523,34	58,44	57,24	477	39,38	1,15	0,25	8,53	2.600	21.762
2	37,13	178,60	1392,55	63,19	197,35	1658	194,82	3,68	3,91	8,02	16.750	40.275
3	40,91	196,75	1363,61	54,45	51,84	411	42,06	0,85	0,11	7,52	11.517	16.400
4	37,82	181,89	1375,20	54,92	39,57	378	105,79	2,11	1,82	7,86	11.650	16.125

Observa-se na Tabela 4 os valores da densidade global para as doses de água residuária aplicada e para duas formas de aplicação e estas não foram significativas ao nível de 5% pelo teste de tukey e a análise regressão para as doses não foi significativa.

Porém, seu aumento é nítido em função da profundidade, sendo que no perfil de 0,30 a 0,40m encontra-se uma camada mais compactada que se deve ao chamado efeito de pé de grade (Figura 10). Por outro lado, Silva (2006), estudando sistemas de manejo com cana-de-açúcar, respectivamente, uma área não irrigada,

uma área irrigada e uma com aplicação de vinhaça, verificou que independente do manejo adotado, o cultivo de cana-de-açúcar ocasionou modificações nas propriedades físicas dos solos, principalmente no rearranjo das partículas.

Tabela 3 Análise química do solo dos quatro tratamentos em duas profundidades, 0,0-0,20 e 0,20-0,40m

Identificação Amostra		pH		Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	P	C
Laboratório	Produtor	CaCl ₂	H ₂ O	cmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³	g dm ⁻³
683P	T0 - 0-20	5,1	5,7	0,0	2,94	1,55	0,52	0,09	2,16	5,10	23,2	3,10
684P	T0 - 20-40	5,3	6,0	0,0	2,54	1,35	0,57	0,05	1,97	4,51	12,6	3,10
685P	T1 - 0-20	5,2	5,8	0,0	2,73	1,46	0,55	0,12	2,13	4,86	20,2	3,10
686P	T1 - 20-40	5,1	5,8	0,0	2,54	1,18	0,44	0,08	1,70	4,24	11,8	1,33
687P	T2 - 0-20	5,1	5,7	0,0	2,73	1,39	0,57	0,12	2,08	4,81	21,7	3,55
688P	T2 - 20-40	5,2	5,8	0,0	2,54	1,25	0,54	0,07	1,86	4,40	11,4	3,99
689P	T3 - 0-20	5,0	5,6	0,0	2,73	1,23	0,50	0,12	1,85	4,58	18,9	1,33
690P	T3 - 20-40	5,1	5,7	0,0	2,54	1,01	0,38	0,07	1,46	4,00	12,7	1,77

Ca, Mg, Al - extraídos com KCl 1mol L⁻¹ P, K - extraídos com Mehlich 1 H+Al - método SMP C - método Walkley & Black

Tabela 4 Densidade em função da dosagem de aplicação e da profundidade

Análise de Variância					
Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signif.
DOSE	3	.1868085	.6226949E-01	4.525	.00458
PROF	4	.2942853	.7357132E-01	5.346	.00047
REP	3	.1622772	.5409239E-01	3.931	.00983
LINEAR R2= .13	1	.2137219E-01	.2137219E-01	1.553	.21466
QUADR R2= .30	1	.2676182E-01	.2676182E-01	1.945	.16526
CUBIC R2=1.00	1	.1141432	.1141432		
RESIDUO	149				

Coefficiente de variação = 7.552

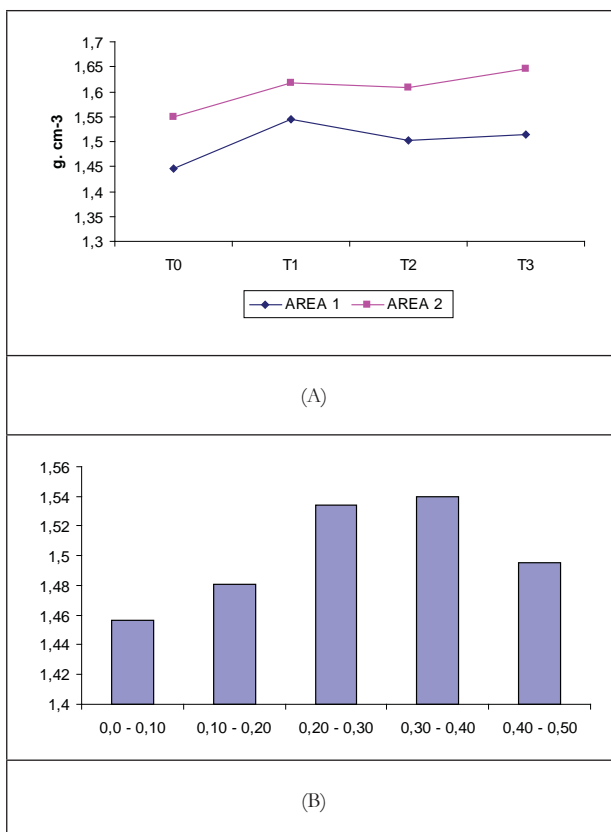
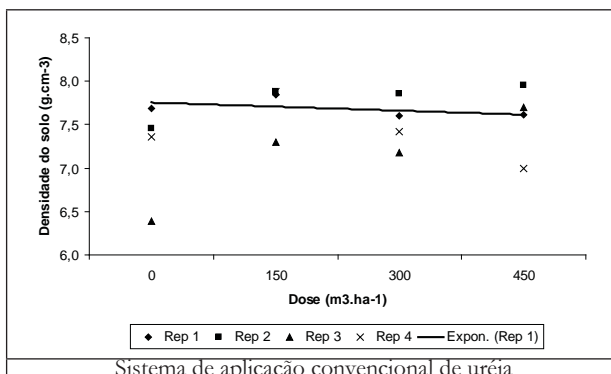


Figura 10 Densidade em função da dosagem de aplicação (A) e da profundidade (B)



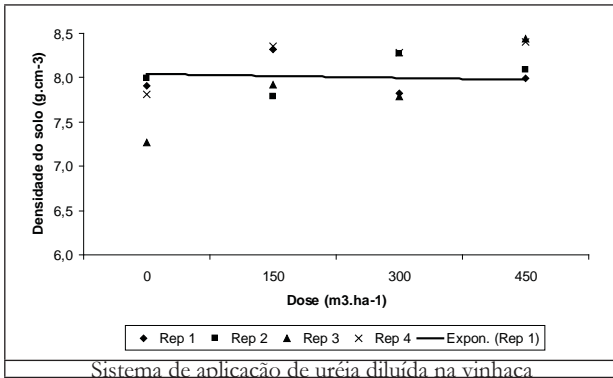


Figura 11 Densidade em função da dose de aplicação

A correlação entre os valores obtidos para densidade do solo em função da dose de aplicação, pode ser observada na Figura 11, sendo de $R^2 = 0,2956$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,0183$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

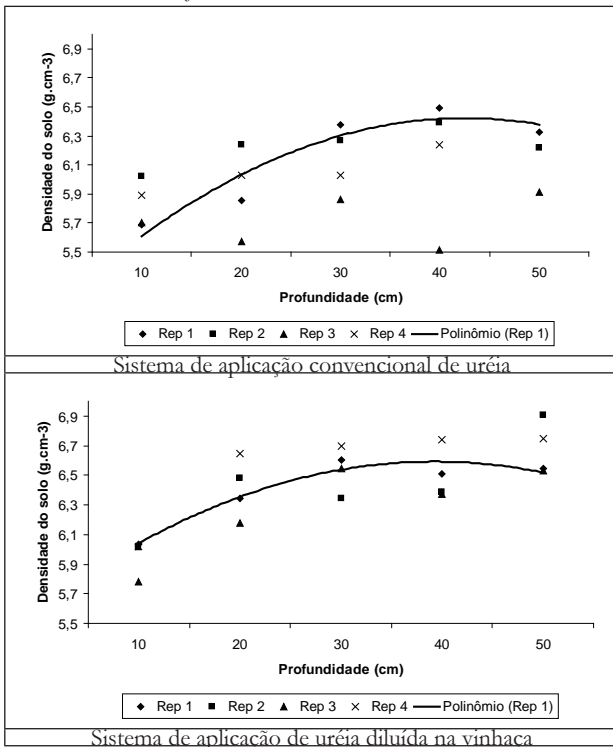


Figura 12 Densidade do solo em função da profundidade

A correlação entre os valores obtidos para densidade do solo em função da profundidade no perfil do solo, pode ser observada na Figura 12, sendo de $R^2 = 0,8953$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,9408$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

O sistema radicular se desenvolveu melhor com a aplicação de vinhaça, tendo um aumento de massa seca das raízes até a dose de $450 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Figura 13). Isso não implicou em diferença significativa entre as formas de aplicação de Nitrogênio.

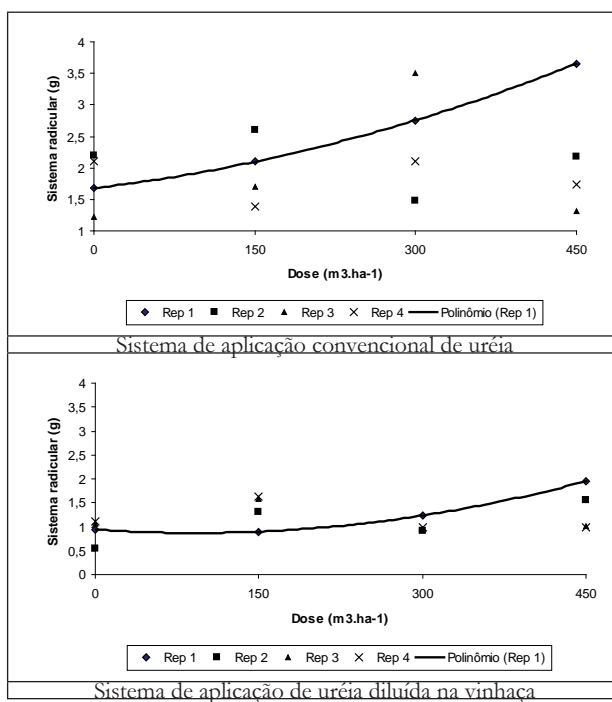


Figura 13 Desenvolvimento do sistema radicular em função da dose de aplicação.

A correlação entre os valores obtidos para o sistema radicular em função da dose de aplicação foi de $R^2 = 0,1$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,9999$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

A quantidade de raízes diminui em função da profundidade, sendo que a maior concentração está no perfil de 0,0 a 0,20 m, mas pode-se encontrar raízes

além do perfil de 0,50 m (Figura 14).

Gava e colaboradores (2001) relatam que o aumento da quantidade de raízes no perfil do solo é muito importante para garantir o desenvolvimento da cultura, uma vez que raízes mais profundas dão melhor sustentabilidade e contribuem para absorção de água e nutrientes, porém observou-se que em condições hídricas e nutricionais favoráveis, a distribuição superficial de raízes não implica numa maior produtividade.

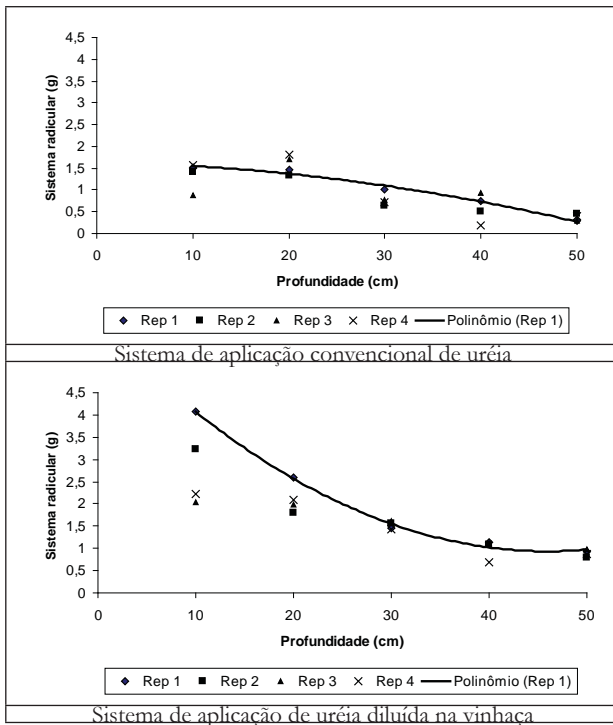


Figura 14 Desenvolvimento do sistema radicular em função da profundidade

A correlação entre os valores obtidos para o perfilamento em função da dose de aplicação foi de $R^2 = 0,9419$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,1091$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

Ao aumentar a dose de aplicação de vinhaça, ocorre uma diminuição na incidência de perfilhos mortos (Figura 15), sendo esta benéfica, pois, pode refletir em aumento de produção por área e até mesmo em redução no consumo de

mudas para o plantio.

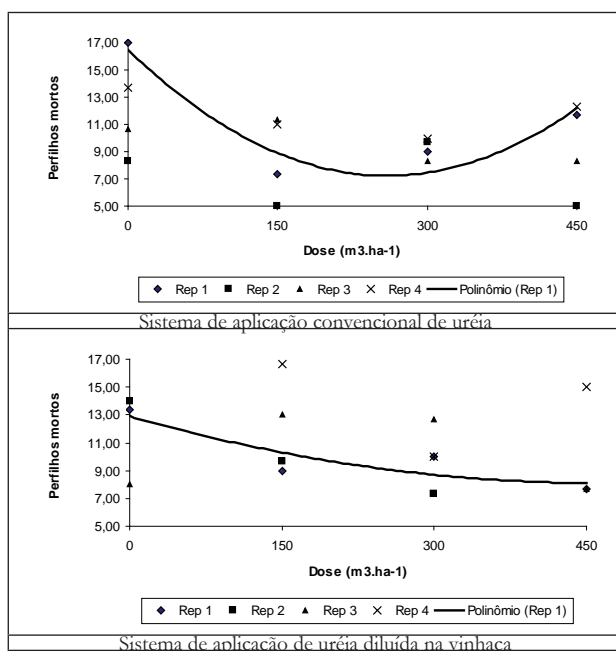
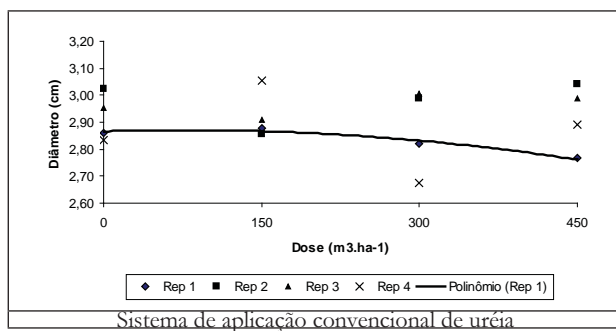


Figura 15 Número de perfilhos mortos em função da dose de aplicação

A correlação entre os valores obtidos para os perfilhos encontrados mortos em função da dose de aplicação foi de $R^2 = 0,9005$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,7861$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.



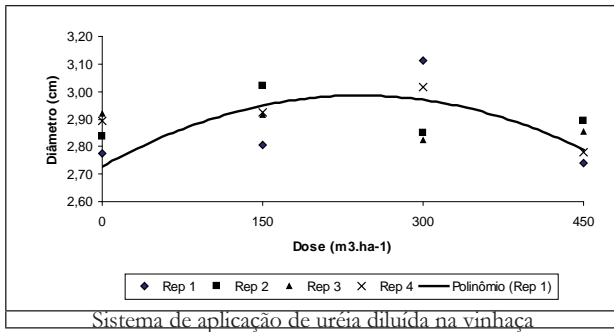
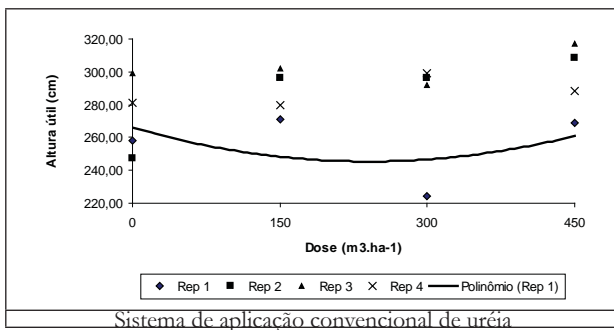


Figura 16 Desenvolvimento do diâmetro do colmo em função da dose de aplicação

O diâmetro dos colmos não sofreu redução significativa em função dos tratamentos (Figura 16).

A correlação entre os valores obtidos para o diâmetro em função da dose de aplicação foi de $R^2 = 0,9486$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,4889$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

A altura não sofreu alteração significativa em função do aumento de dose (Figura 17). Isso pode influenciar diretamente na produtividade de acordo com Barbosa e colaboradores (2002), que ao estudar a influência de produção de colmos e seus componentes, relataram que a estatura de colmos tem correlação positiva com a produtividade, ou seja, genótipos com altura de colmo maior teriam a tendência de maior produção de massa por colmo, conseqüentemente, maior produtividade. Confirmando, assim, as afirmações feitas por Miocque (1999), ao identificar que altura do colmo teve correlação positiva com a produtividade.



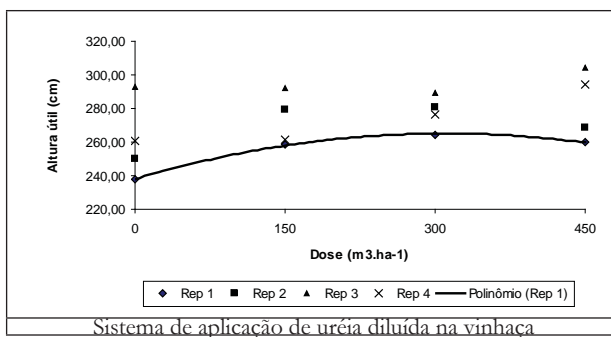


Figura 17 Altura útil em função da dose de aplicação

A correlação entre os valores obtidos para altura útil em função da dose de aplicação foi de $R^2 = 0,1908$ para Sistema de aplicação convencional de uréia e $R^2 = 0,9957$ para Sistema de aplicação de uréia diluída na vinhaça.

O rendimento não apresenta diferença significativa ao nível de 5% em relação à dose de aplicação e da forma de adição de Nitrogênio, o que reforça a possibilidade de aplicar Uréia dissolvida na vinhaça, evitando a utilização de maquinário para aplicação convencional por cobertura (Figura 18 e 19).

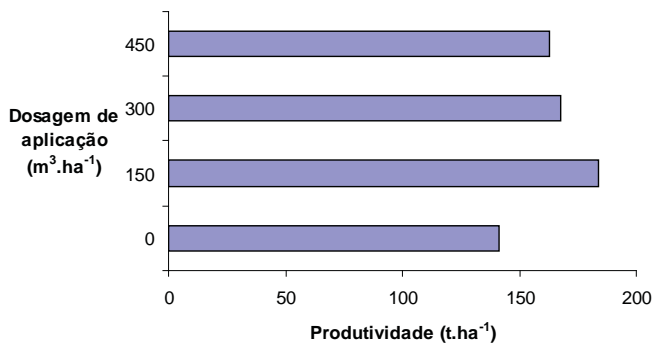


Figura 18 Produtividade em função da dose de aplicação

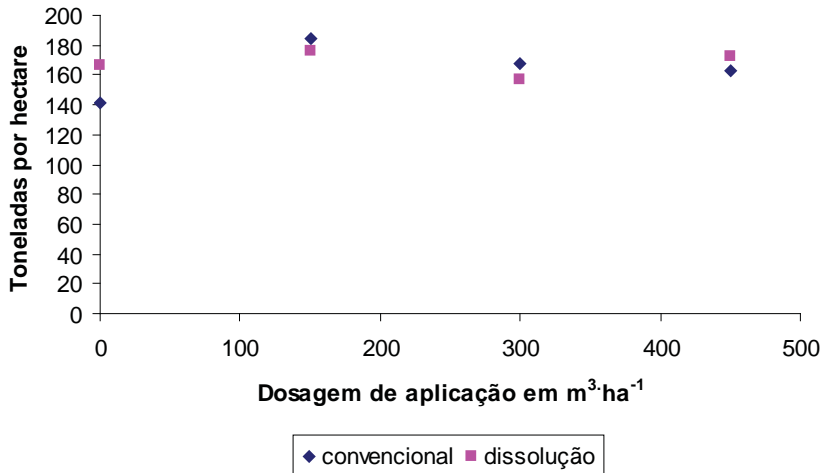


Figura 19 Produtividade em função da forma de aplicação de uréia

Na Figura 19, pode-se notar que as formas de aplicação de uréia (sistema convencional e dissolvida), não alteram a produtividade, podendo assim utilizar o sistema de fertirrigação e evitar o tráfego de máquinas para fazer a aplicação.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. H. P. et al. Análise de causa e efeito para produção de colmos e seus componentes na seleção de famílias de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife, PE: [S. n.], 2002. p. 366-370.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar**. Safra 2007/2008, terceiro levantamento, novembro/2007/. Brasília, DF: Conab, 2007. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3lev-cana.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2008.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-SPI, 1999.

GAVA, G. J. C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n.

11, p. 1347-1354, nov. 2001.

MARTINS, L. M., LANDELL, M. G. A. **Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no Programa Cana IAC.** Pindorama, SP: [S.n.], 1995.

MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-de-açúcar na região de Araraquara – SP. **Revista da STAB**, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 45-47, 1999.

SILVA, A. J. N. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 76–83, 2006.

VASCONCELOS, A. C. M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita.** 2002. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Recebido em: 21 Janeiro 2010

Aceito em: 01 Março 2010