

## VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DE PROJETO DE DIFERENTES LÍQUIDOS EM SOLO COM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

**J. A. C. SILVA<sup>1</sup>, C. B. M. CALHEIROS<sup>2</sup>, J. P. V. COSTA<sup>3</sup>, J. L. X. L. CUNHA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Engº Agrônomo, Mestrando, Universidade Federal de Alagoas, CEP: 57100-000, Rio Largo - AL, Fone: (0 xx 82 3261-1688), e-mail: [jandrec.s@bol.com.br](mailto:jandrec.s@bol.com.br); <sup>2</sup> Prof. Dr. do Setor de Irrigação e Drenagem, UFAL, Rio Largo - AL; <sup>3</sup> Prof. Dr. do Setor de Fertilidade do Solo, UFAL, Rio Largo-AL <sup>4</sup> Engº Agrônomo, Mestrando, UFAL, Rio Largo-AL.

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo a definição da velocidade de infiltração de projeto (VIP) de 3 líquidos água pura (AP), vinhaça pura (VP) e vinhaça misturada com água (VA), na proporção de 3:1, respectivamente, em uma área de Tabuleiros Costeiros com Espodossolo, pertencente à Usina Caeté, unidade Cachoeira, situado no Município de Maceió, Estado de Alagoas, explorado há dezoito anos com a cultura da cana-de-açúcar, sendo no momento do trabalho cultivada com a variedade SP791011, com brotação da quinta folha. Foram realizados estudos da (VBI) da (AP), (VP) e da (VA), no qual os dados foram obtidos segundo um plano amostral. Cada tratamento teve 8 repetições, totalizando 24 pontos. A técnica na determinação da velocidade de infiltração foi a do (IANC). O modelo de equação da velocidade de infiltração (VI) utilizado foi o de Kostiakov. Na avaliação dos dados, realizaram-se análises estatísticas e pelo teste de tukey a 1% de probabilidade de erro, conclui-se que não é viável adotar a (VIP) da água pura em vinhaça misturada com água, e muito menos em vinhaça pura, para que não prejudique a capacidade de suporte do solo, contudo, não afetar a qualidade da água do lençol freático e que possa minimizar a degradação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** água, variabilidade, vinhaça.

## SPEED OF INFILTRATION OF PROJECT OF DIFFERENT LIQUIDS IN GROUND WITH CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

**ABSTRACT:** The present work has as objective the definition of the speed of infiltration of project (VIP) of 3 liquids pure water (AP), vinhaça pure (VP) and vinhaça mixed with water (VA), in the ratio of 3:1, respectively, in a Coastal Tray area with Espodossolo, pertaining to the Plant Caeté, unit Waterfall, situated in the City of Maceió, State of Alagoas, explored has eighteen years with the culture of the sugar cane-of-sugar, being at the moment of the work cultivated with variety SP791011, brotação of the fifth leaf. Studies had been carried through of

(*VBI*) of (*AP*), (*VP*) and of (*VA*), in which the data had been gotten according to a amostral plan. Each treatment had 8 repetitions, totalizing 24 points. The technique in the determination of the infiltration speed was of (*IANC*). The model of equation of speed of infiltration (*VI*) used was of Kostiakov. In the evaluation of the data, statistical analyses had been become fullfilled and for the test of tukey 1% of error probability, conclude that it is not viable to adopt the *VIP* of the pure water in vinhaça mixed with water, in vinhaça much less pure, so that it does not harm the capacity of support of the ground, however, not to affect the quality of the water of the freático sheet and that it can minimize the ambient degradation.

**KEY-WORD:** water, variability, vinhaça.

**INTRODUÇÃO:** A vinhaça, conhecido líquido poluente e corrosivo, sempre foi um problema nas destilarias de álcool, contudo dado a sua riqueza em potássio, matéria orgânica e teor de água, passou a ser aplicada na lavoura, com grande sucesso econômico, porém, devem ser adotadas dosagens adequadas, mensuradas de acordo com as características de cada solo, uma vez que com a aplicação de vinhaça, que possui quantidades desbalanceadas de elementos químicos, pode ocorrer a lixiviação de vários desses elementos, principalmente do nitrato e do potássio, os quais estão presentes em grande quantidade nesse resíduo. Sendo importante o conhecimento da velocidade básica de infiltração (*VBI*), pois a partir dela definimos a (*VIP*), para um melhor dimensionamento e escolha do sistema de irrigação, pois uma má definição desta, poderá diminuir a eficiência do sistema, aumentar os custos de operação, gastos de energia e o consumo de líquido; e maximizar impactos ambientais como: erosão do solo, lixiviação de nutrientes, salinização, entre outros danos. Devido à deficiência de estudos no Brasil com relação a *VIP* com água, vinhaça pura e misturada com água, este trabalho tem o objetivo de identificar e compara a *VIP* da água, vinhaça pura e misturada levando em consideração a situação de irrigação em Tabuleiros Costeiros.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido em uma área de Tabuleiros Costeiros com altitude média em torno de 156 metros e coordenadas 9°35'04'' de latitude Sul e 35°76'12'' de longitude Oeste, localizado no talhão B da Fazenda três bocas (chá do lobisomem), pertencente à Usina Caeté, unidade Cachoeira, situado no Município de Maceió, Estado de Alagoas. A paisagem da região é caracterizada por áreas planas ligadas à presença de depressões fechadas. A vegetação primária da região é caracterizada por florestas tropicais subperenifolia (Mata Atlântica), muito rica em espécies. O clima da região é do tipo As', de Köpper, classificado como tropical quente úmido com estação seca de primavera-verão e chuvosa de

outono-inverno. Os solos da área, conforme um pré-levantamento realizado pelo grupo de pedologia e classificação da UFAL e baseado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), apresenta grande heterogeneidade com predominância da classe Espodosolo. A área estudada apresenta um histórico de dezoito anos de cultivo intensivo da cana-de-açúcar, sendo no momento do trabalho cultivada com a variedade SP791011, com brotação da quinta folha. Após o corte, a colheita e todos os tratos culturais realizados, a área foi demarcada com auxílio de miras, piquetes e trena métrica. Foram realizados estudos da velocidade de infiltração básica (*VBI*) para obtenção da *VIP* da água pura (*AP*), vinhaça pura (*VP*) e vinhaça e água (*VA*), na proporção de 3:1, respectivamente, no qual os dados foram obtidos segundo um espaçamento em um plano amostral constituído de fileiras paralelas entre os ensaios com água pura(*AP*), vinhaça pura(*VP*) e vinhaça e água(*VA*); distando um teste dos outros em 1,5m, cada tratamento teve 8 repetições, totalizando 24 pontos. A técnica utilizada na definição da velocidade básica de infiltração foi a do infiltrômetro de anéis (*IANC*), com pequenas adaptações no protocolo apresentado por BERNARDO (1995). Sendo uma delas, à utilização apenas do cilindro de diâmetro maior, cuja altura de 30 cm e diâmetro de 50 cm, já que as leituras foram efetuadas através de uma régua fixada no centro do mesmo, eliminando deste modo a influência da infiltração no sentido horizontal e reduzindo o volume de líquido na realização dos ensaios. Outra modificação foi na instalação do cilindro, realizada por um conjunto composto de uma cruzeta feita de madeira e um batedor de maçaranduba com diâmetro de 35 cm e comprimento de 50 cm. Esta modificação diminuiu o efeito da deformação na estrutura natural do solo, uma das grandes causas de variação na obtenção da *VBI* pela técnica do *IANC* na opinião de (PINTO ET AL., 1976; BARTH ET AL., 1987; BRITO, 1994). Os parâmetros da equação de infiltração de Kostikov foram obtidos por regressão. Para avaliar o desempenho entre os valores da velocidade de infiltração obtidos em campo e os valores calculados utilizou-se do modelo empírico de KOSTIAKOV (1932) para os 24 testes de infiltração. Os dados obtidos experimentalmente foram analisados pelo método da estatística descritiva. E para avaliar a hipótese de igualdade entre os valores da *VIP* com *AP*, *VP* e *VA* em cana-de-açúcar, foi realizado análise de variância aos níveis de 1% de probabilidade de erro.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na tabela 1 estão apresentados os dados da *VBI* com *AP*, *VP* e *VA* da cana-de-açúcar. O tempo de duração de cada ensaio variou de 4 a 6,5 horas, apresentando maior concentração entre 5 horas de duração. Tempos semelhantes aos obtidos por ARAÚJO FILHO & RIBEIRO (1996), que trabalhou com 48 ensaios e teve variação entre 4 e 6 horas. Esta variação é explicada pela variabilidade espacial dos atributos físicos do solo

(umidade do solo, porosidade, textura, etc) que exerce grande influência sobre o movimento do líquido no solo.

**Tabela 1. Ensaios de Infiltração da VBI da água pura (AP), vinhaça pura (VP) e vinhaça + água (VA) estimada pela equação e coeficiente de ajuste ( $R^2$ ) das equações da velocidade de infiltração.**

Ensaios com água pura				Ensaios com vinhaça pura				Ensaios com vinhaça + água			
Nº de Ensaio	T.D.E. (h)	VBI (mmh <sup>-1</sup> )	C.A. (R <sup>2</sup> )	Nº de Ensaio	T.D.E. (h)	VBI (mmh <sup>-1</sup> )	C.A. (R <sup>2</sup> )	Nº de Ensaio	T.D.E. (h)	VBI (mmh <sup>-1</sup> )	C.A. (R <sup>2</sup> )
1	4,058	133,72	0,9735	1	5,575	10,07	0,8897	1	4,508	34,21	0,8379
2	4,475	68,84	0,8866	2	5,525	20,34	0,8796	2	4,925	21,73	0,9268
3	4,175	168,47	0,8773	3	4,675	57,54	0,8716	3	6,292	46,92	0,8457
4	4,321	121,07	0,804	4	5,842	8,76	0,8968	4	6,208	25,07	0,9435
5	5,275	62,82	0,9257	5	6,258	20,61	0,9137	5	5,654	101,99	0,9558
6	4,404	114,22	0,9436	6	4,508	47,38	0,8526	6	5,375	27,73	0,9441
7	5,858	87,29	0,9027	7	4,542	10,00	0,9064	7	5,858	51,30	0,8843
8	4,792	83,40	0,7707	8	4,175	4,14	0,9378	8	4,158	94,84	0,7785

T. D. E. - tempo de duração do ensaio, em horas; VBI - velocidade básica de infiltração estimada pela equação, em mm.h<sup>-1</sup>; C.A. (R<sup>2</sup>) – coeficiente de ajuste das equações da VI.

Observando os valores de mínimo e máximo dos dados da VBI e, conseqüentemente, a amplitude total, na tabela 2, verifica-se a grande variabilidade dos valores da VBI. Para o caso da irrigação por aspersão, a velocidade de infiltração determina a intensidade de precipitação máxima que poderá ser aplicada ao solo, ao conhecer esta variabilidade favorecerá o dimensionamento da velocidade de infiltração de projeto. Para CICHOTA et al. (2003) a VBI tem importância agrônômica pelo seu papel na formação de enxurrada, agente erosivo, e na determinação de taxas viáveis de irrigação. Os valores das VBI apresentaram boa precisão, pois os valores do  $s(\hat{m})$  para cada tratamento apresentaram-se menores (tabela 2), que os obtidos por ARAÚJO FILHO & RIBEIRO (1996), que trabalhando com quatro sub-área e doze repetição de ensaios de infiltração em cada, variou entre 14 e 35 mmh<sup>-1</sup>.

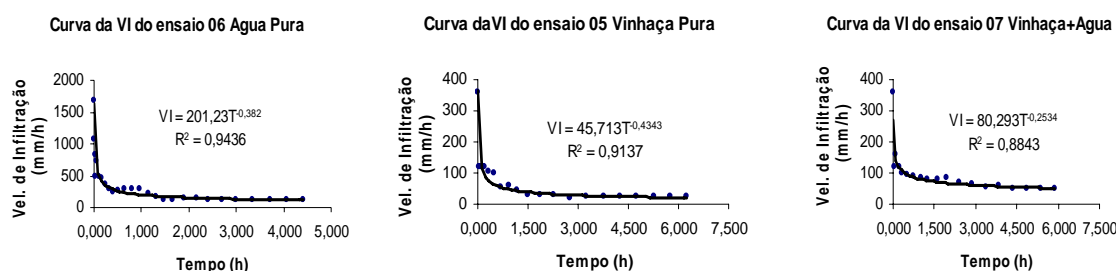
**Tabela 2. Estatística descritiva da VBI (mmh<sup>-1</sup>) com água pura (AP), vinhaça pura (VP) e vinhaça + água(VA)no solo com cana-de-Açúcar.**

Tratamentos	Média	Mínimo	Máximo	A. Total	S <sup>2</sup>	E. P. da Média	CV(%)
Água Pura	104,98	62,82	168,47	165,65	1294,78	12,72	34,28
Vinhaça Pura	22,35	4,14	57,54	53,4	384,5	6,93	87,73
Vinhaça + Água	50,47	21,73	101,99	80,26	984,13	11,09	39,08

A. Total - Amplitude Total; S<sup>2</sup> - Variância; E.P.Média - Erro Padrão da Média.

O Coeficiente de variação (CV) deve ser analisado com cautela, tendo como base para esta afirmação os valores constantes na tabela 2, que no presente trabalho foi obtido um alto valor do CV. Estes valores podem ser explicados pela variabilidade natural do solo e pelas características da exploração agrícola da área: manejo intensivo do solo há dezoito anos, compactação por transporte da safra em locais de realização dos ensaios.

Figura 1. Curva da velocidade de infiltração ( $\text{mmh}^{-1}$ ) representativa dos ensaios com água pura, vinhaça pura e vinhaça + água.



Na figura 1 estão as curvas da *VI* dos ensaios que mais se aproximaram da velocidade de infiltração de projeto (*VIP*) dos três líquidos, podendo assim visualizar melhor as diferentes taxa de velocidade da *AP*, *VP*, *VA*. Nota-se que a *VI* da *VP* é mais lenta que os outros líquidos, devido à alta concentração de matéria orgânica que existe nesse líquido, dificultando, assim a sua infiltração no solo. A vinhaça quando depositada no solo, promove melhoria em sua fertilidade, todavia, quando usada para esse fim, às quantidades não devem ultrapassar a capacidade de retenção de água do solo (VIEIRA, 1986). Na tabela 3 há o registro da análise de variância e do teste de tukey da *VIP* ( $\text{mmh}^{-1}$ ), onde constatou que a *VIP* da *AP* apresentou diferença significativa em relação a *VBI* da *VP* e *VA* a uma probabilidade de 1% de erro. Porém, o teste de tukey não constatou diferença significativa da *VBI* entre a *VP* e a *VA*.

Tabela 3. Dados da *VBI* ( $\text{mmh}^{-1}$ ) de três líquidos em cana-de-açúcar, e valores de *GI* resíduo, *F* e  $\Delta$ .

Líquido	<i>VBI</i> <sup>1/</sup>	Teste Tukey ( $\Delta$ )
Água Pura	104,98 <sup>a</sup>	$\hat{Y}_1 = 82,63^{**}$
Vinhaça Pura	22,35 <sup>b</sup>	$\hat{Y}_2 = 54,51^{**}$
Vinhaça + Água	50,47 <sup>b</sup>	$\hat{Y}_3 = 28,12^{ns}$
<i>GI</i> do Resíduo		21
QMR		878,8
<i>F</i>		16,06 <sup>**</sup>

<sup>1/</sup>Dados médios de 8 repetições do delineamento inteiramente casualizado.

<sup>a</sup> Tratamento que difere estatisticamente dos outros.

<sup>b</sup> Tratamentos iguais estatisticamente.

$\hat{Y}$  = contrastes estatístico do teste tukey.

**CONCLUSÃO:** A *VIP* da água pura foi de  $104,98 \text{ mmh}^{-1}$ , já a da vinhaça misturada com água foi de  $50,47 \text{ mmh}^{-1}$ , enquanto que a da vinhaça pura foi  $22,35 \text{ mmh}^{-1}$ . Essas diferenças de velocidade de infiltração estão ligadas aos teores de solutos dos líquidos, quanto maior os teores de solutos, menor será a sua infiltração no solo. Portanto a *VIP* da vinhaça pura e da vinhaça misturada com água não deve ser a mesma adotada pela *VIP* da água pura, prática muito usada equivocadamente na região de Tabuleiros Costeiros de Alagoas, pois a velocidade de infiltração de projeto, com vinhaça pura e vinhaça misturada com água deve ser menor em relação ao da água, tendo assim, maior segurança na sustentabilidade do projeto de irrigação, evitando o excesso desse líquido no solo, pois ele favorecerá a perda de nutrientes e de solo, além de contaminar os lençóis freáticos.

**AGRADECIMENTO:** A todos os integrantes da Usina Caeté S/A, Unidade Cachoeira, que colaboraram direta e indiretamente com a realização desse trabalho.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R. Infiltração da água em cambissolos do baixio de Irecê - Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, n.20, p.363-370, 1996.

BARTH, F.T.; POMPEU, C.T.; FILL, H.D.; TUCCI, C.E.M.; KELMAN, J. E BRAGA Jr, B.P.F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel, 1987. 526 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV - Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BRITO, L.T. de L. **Velocidades de infiltração determinadas por simulador de chuvas e por infiltrômetro de anel**. Viçosa: UFV, 1994. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

CICHOTA, R.; JONG van LIER, Q.; LEGUIZAMÓN ROJAS, C.A. Variabilidade espacial da taxa de infiltração em Argissolo Vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, n.27, p.789-798, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999.

KOSTIAKOV, A.N. **On The dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration**. **Trans.** 6<sup>th</sup> Comm. Intern. Soc.Soil Sci., Mosco, Part A, p.17-21, 1932.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 278 p.

VIEIRA, D. B. Fertilização sistemática da cana-de-açúcar com vinhaça, **Álcool & Açúcar**, n.6, p.26-30, 1986.