

PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR EM RELAÇÃO A CLIMA E SOLOS DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO⁽¹⁾

**F. L. F. DIAS⁽²⁾, J. A. MAZZA⁽³⁾, S. MATSUOKA⁽⁴⁾,
D. PERECIN⁽⁵⁾ & R. F. MAULE⁽⁶⁾**

RESUMO

O trabalho baseou-se em seis experimentos que continham seis variedades comuns, instalados na região noroeste do estado de São Paulo. Em cada local, efetuou-se levantamento pedológico, seguido de amostragem para caracterização química, física e físico-hídrica em amostras deformadas e indeformadas, coletadas até à profundidade de aproximadamente 150 cm, por horizontes. Foram ainda coletados dados de clima e os rendimentos agrícolas referentes à cana-planta da safra 96/97. Para determinar os fatores do solo e do clima que melhor se relacionaram com a produtividade agrícola, foram feitas análises conjuntas, correlações e regressões lineares múltiplas para os diferentes conjuntos de dados de locais e variedades. As características químicas, físicas e hídricas da camada subsuperficial (B) apresentaram significativas correlações com o rendimento da cultura; o procedimento “stepwise” selecionou o Ca da camada B como a variável que mais se correlacionou com o rendimento da cana. O regime hídrico dos solos mostrou-se um fator importante para avaliação do potencial agrícola dos solos. Os Podzólicos eutróficos apresentaram maior capacidade potencial de produção na região considerada.

Termos de indexação: graus-dia, déficit hídrico, regressão múltipla, modelagem.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP. Recebido para publicação em março de 1997 e aprovado em março de 1999.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). Bolsista da CAPES/MEC.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos da ESALQ/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Biotecnologia Vegetal. CCA/UFSCar-Araras, CEP 13600-970 Araras (SP).

⁽⁵⁾ Professor Titular do Departamento de Ciências Exatas da FCAVJ/UNESP, CEP 14870-000 Jaboticabal (SP).

⁽⁶⁾ Pós-graduando do curso de Solos e Nutrição de Plantas ESALQ/USP. Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba (SP).

SUMMARY: *PRODUCTIVITY OF SUGARCANE IN RELATION TO CLIMATE AND SOILS OF THE NORTHWESTERN SÃO PAULO STATE*

This work was based on six experiments carried out in the northwestern region of the state of São Paulo, using six common varieties of sugarcane. The soil of each locality was classified and both deformed and undeformed samples of soils were collected in a 150 cm deep profile, by horizon, for chemical, physical and physico-hydric characterization. Data on climate and sugarcane plant-cane yield for the 96/97 harvest season were also collected. To determine which factors were better correlated with productivity, group analysis and multiple linear regressions and correlations were determined for the different groups of data concerning site and variety. The chemical, physical and hydric characteristics of the undersurface (B) layer presented significant correlations with the crop yield; the "stepwise" procedure selected Ca from the B layer as the variable that best correlated with the sugarcane yield; the water regime of the soils were an important parameter to evaluate the yield potential of soils; the eutrofic Podzolic soils showed the highest yield potential capacity in the region.

Index terms: sugarcane, degrees-day, hydric balance, multiple regression, crop modelling.

INTRODUÇÃO

Em agricultura, a produtividade depende da interação dos fatores genéticos da planta, do clima e solo do local considerado, sob o manejo antrópico. Ante a globalização, é cada vez mais premente a necessidade de se obterem maiores produtividades, a custos menores. Assim, torna-se primordial a caracterização mais detalhada possível do ambiente em que a cultura em exploração se insere, bem como a resultante interação genótipo-ambiente. Cabe, portanto, ao setor de ciência e tecnologia de qualquer instituição direcionar seus estudos para caracterizar a resposta específica de variedades aos elementos meteorológicos e de solo da região considerada.

O noroeste do estado de São Paulo é uma região muito importante em termos agropastoris. Contudo, ela é pouco estudada, ainda mais em se tratando da produção de cana-de-açúcar. Essa cultura teve grande incremento local a partir de fins da década de 70, em razão dos incentivos do Proálcool, mas baseando-se quase que exclusivamente em tecnologia importada de outras regiões (Pinazza et al., 1991).

O presente trabalho teve como objetivo analisar as condições de solo e clima interferentes na produtividade da cana-de-açúcar, com vistas em caracterizar melhor os elementos ambientais naturais que mais interfeririam no comportamento agrícola de algumas das modernas variedades. Essas informações não só teriam valor prático imediato em termos de orientação de manejo varietal a ser repassada aos agricultores, mas também serviriam para compor um modelo matemático em que se considerariam os níveis de influência dos elementos meteorológicos, físicos, químicos e hídricos na produtividade da cana-de-açúcar nas condições prevalentes na região.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho baseou-se em dados de levantamento de solos, de clima e de produtividade de algumas variedades de cana-de-açúcar obtidos na região noroeste do estado de São Paulo. Foram considerados seis experimentos de competição varietal, instalados pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, campus de Araras, em 1995, nos municípios de Araçatuba (21°12'S 50°26'W e h = 390 m), Clementina (21°12'S 50°52'W e h = 380 m), Estrela D'Oeste (20°16'S 50°20'W e h = 370 m) e Valparaíso (21°16'S 50°20'W e h = 380 m). Seis variedades foram comuns a todos os experimentos: RB72454, RB835089, RB835486, RB845210, SP79-1011 e SP81-2590.

Em cada área, os solos foram caracterizados morfológicamente e amostras deformadas e indeformadas para as análises físicas, hídricas e químicas foram coletadas por horizontes até a profundidade de aproximadamente 150 cm (Quadros 1 e 2). As determinações seguiram os métodos propostos por Raij & Quaggio (1983), Camargo et al. (1986) e Vitti (1989).

Tanto para a classificação climática como para o cálculo da evapotranspiração e do balanço hídrico, utilizaram-se valores de precipitação, coletados nas estações meteorológicas da rede oficial e os disponíveis nas unidades sucroalcooleiras mais próximas de cada área, e temperaturas médias mensais estimadas por regressão baseada em altitude. As áreas sob a mesma classificação climática, segundo os sistemas de Köppen e Thornthwaite, considerando uma profundidade de 125 cm para a capacidade de água disponível, foram Amg' e C2rA'a', respectivamente. Para calcular a evapotranspiração e o balanço hídrico, utilizou-se o

Quadro 1. Propriedades físicas e físico-hídricas dos perfis dos solos

Camada	Profundidade	Granulometria			Retenção de umidade			Ds ⁽²⁾	Porosidade	
		AT ⁽¹⁾	Silte	Argila	0,000 MPa	0,006 MPa	1,500 MPa		Macro	Micro
	cm	g kg ⁻¹			% peso			kg dm ⁻³	%	
Área 1 - PVe ab a/m (Valparaíso, SP)										
A	00-30	800	130	70	24	20	14	1,7	7	34
B	30-150	740	110	150	31	19	10	1,5	19	28
Área 2 - PVI a a/m (Valparaíso, SP)										
A	00-25	780	140	80	34	18	11	1,4	23	24
B	25-150	750	130	120	29	20	14	1,5	15	31
Área 3 - LVd m (Estrela D'Óeste, SP)										
A	00-25	770	100	130	24	19	14	1,7	9	32
B	25-150	730	110	160	31	19	13	1,4	17	28
Área 4 - PVe a/m (Clementina, SP)										
A	00-20	760	140	100	29	18	12	1,5	17	26
B	20-150	780	100	120	25	18	12	1,6	12	29
Área 5 - PVe a/m (Araçatuba, SP)										
A	00-30	740	180	80	24	20	15	1,8	8	34
B	30-150	750	130	120	21	18	14	1,7	7	30
Área 6 - AQ a a/m (Araçatuba, SP)										
A	00-25	800	80	120	32	20	8	1,4	17	27
B	25-150	830	30	140	24	16	11	1,7	13	28

(1) Areia total. (2) Densidade do solo.

Quadro 2. Propriedades químicas dos perfis dos solos

Camada	Profundidade	pH	M.O.	P	S-SO ₄	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m
	cm													
Área 1 - PVe ab a/m (Valparaíso, SP)														
A	00-30	4,5	16	7	11	2,4	17	7	4	22	26	48	54	13
B	30-150	4,8	10	3	7	2,5	24	6	1	18	33	51	65	3
Área 2 - PVI a a/m (Valparaíso, SP)														
A	00-25	4,0	16	4	13	2,1	9	7	8	28	18	46	39	31
B	25-150	3,8	10	2	9	1,4	5	4	9	31	10	41	24	47
Área 3 - LVd m (Estrela D'Óeste, SP)														
A	00-25	4,0	13	7	9	0,8	10	5	6	28	16	44	36	27
B	25-150	3,8	8	3	26	0,5	8	5	6	25	14	39	36	30
Área 4 - PVe a/m (Clementina, SP)														
A	00-20	4,2	15	4	7	2,0	13	7	13	22	22	44	50	37
B	20-150	4,6	11	2	9	2,6	16	7	2	16	26	42	62	7
Área 5 - PVe a/m (Araçatuba, SP)														
A	00-30	5,3	20	9	7	1,6	45	19	0	16	66	82	80	0
B	30-150	4,8	11	6	6	1,0	27	8	0	16	36	52	69	0
Área 6 - AQ a a/m (Araçatuba, SP)														
A	00-25	5,5	15	7	5	0,4	20	9	0	12	29	41	71	0
B	25-150	3,6	7	8	9	0,4	3	2	8	28	5	33	15	62

método descrito por Thornthwaite & Mather (1955), com algumas modificações, adotando o critério de Dourado Neto & Lier (1991), baseado em temperatura, precipitação e comprimento do dia, para o cálculo dos valores da evapotranspiração real e potencial, armazenamento de água, déficit hídrico e excedente hídrico. A capacidade de água disponível foi calculada pela diferença entre a umidade na tensão de 0,006 e 1,5 MPa, nas camadas superficiais (A) e subsuperficiais (B), até uma profundidade de 150 cm, profundidade esta considerada normal para cana-de-açúcar com exploração de umidade em solos arenosos e argilosos.

Para avaliar a influência do suprimento de água na produção da cana-de-açúcar, foram consideradas a relação entre a evapotranspiração real e potencial (ET_r/ET_p), utilizada por Chang et al. (1963), Oguntoyinbo (1966) e Ribeiro et al. (1984), e a deficiência hídrica anual, usada por Oguntoyinbo (1966), Reis (1978) e Ribeiro et al. (1984). Os fatores de déficit hídrico foram calculados em relação ao balanço hídrico durante o ciclo da cultura para cada área, variando, na região noroeste do estado, de 16 a 18 meses (março/setembro). A cultura sofreu dois períodos de déficit hídrico: o primeiro, quando a planta estava no início do desenvolvimento (4^o - 5^o mês), e o segundo, no 14^o mês, na fase de amadurecimento.

Os graus-dia acumulados, que refletem o acúmulo diário de energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta, foram calculados pelo somatório térmico acumulado no período (ciclo da cultura), empregando-se o modelo baseado na fórmula de Thom (1954), citado por Maniero (1980). A temperatura-base escolhida para a cultura da cana-de-açúcar foi de 20°C, conforme Ayyar et al. (1965) e Bacchi & Sousa (1978).

Com vistas em determinar as características mais relacionadas com a produtividade, os dados referentes ao solo (pH, M.O., P, S, K, Ca, Mg, Ca/Mg, Al, H + Al, SB, T, V e m %, areia, silte, argila, argila B/A, macro/microporos) e ao clima (ET_r/ET_p, déficit

hídrico e graus-dia) foram submetidos a análises de correlações e regressões múltiplas no SAS. Os dados dos solos foram considerados separadamente nas camadas superficiais (A) e subsuperficiais (B) e codificados para computação juntamente com os dados climáticos e dados de produtividade. Para efetuar as análises de regressão múltiplas, utilizou-se o procedimento "stepwise", tendo o nível de significância do valor F da variável como 50% de probabilidade para a inclusão de variáveis no modelo e de 15% de probabilidade para a exclusão de variáveis, tendo sido os rendimentos considerados como variáveis dependentes e os fatores de solo e clima como variáveis independentes, para os diferentes conjuntos de valores dos locais e variedades. Realizaram-se, ainda, análises conjuntas, para a comparação entre as áreas, utilizando os dados de rendimentos médios referentes a cada área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 3, é apresentado um resumo dos dados climáticos e respectivos rendimentos agrícolas (média das seis variedades), para cada área experimental da região noroeste do estado de São Paulo.

Nota-se, neste quadro, grande variabilidade dos dados relacionados com a deficiência de água (precipitação, CAD, excedente hídrico, déficit hídrico e relação ET_r/ET_p) para cada área, mostrando que cada tipo de solo apresenta comportamento diferenciado em relação ao armazenamento e suprimento de água para a cultura. Com relação à ET_r/ET_p, pôde-se verificar os valores de 0,63 a 0,90, ou seja, esta relação aumenta quando a evapotranspiração real se aproxima da máxima, ou quando a deficiência hídrica é minimizada em consequência do aumento ou melhor distribuição das precipitações e, em menor proporção, da alta capacidade de retenção de umidade dos solos. pObserva-se, ainda,

Quadro 3. Resumo dos parâmetros de deficiência hídrica e respectivos rendimentos agrícolas para cada área

Área	P/C ⁽²⁾	Ciclo	Prec ⁽³⁾	CAD ⁽⁴⁾	EH ⁽⁵⁾	DH ⁽⁶⁾	ET _r /ET _p	GD ⁽⁷⁾	RA ⁽¹⁾
	data	dia	mm						t ha ⁻¹
1	10-04-95/17-08-96	495	1.698	181	312	235	0,87	1.584	144,3 b
2	10-03-95/25-07-96	502	1.746	137	231	172	0,90	1.699	95,3 d
3	29-04-95/29-08-96	487	1.279	126	191	438	0,73	1.403	108,2 c
4	03-03-95/13-08-96	528	1.428	143	34	399	0,79	2.075	110,9 c
5	15-03-95/05-09-96	540	1.274	109	65	751	0,63	2.083	171,2 a
6	17-03-95/03-09-96	535	1.268	148	63	648	0,67	2.055	84,8 e

(¹) Rendimento agrícola. (²) Data plantio/corte. (³) Precipitação. (⁴) Capacidade de água disponível. (⁵) Excedente hídrico. (⁶) Déficit hídrico. (⁷) Graus-dia acumulado. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

maior variabilidade em relação aos graus-dia acumulados, considerando a época de plantio e corte, os quais influenciaram a temperatura média do período e o desvio-padrão desta, durante o ciclo da cultura, que, por sua vez, teve pouca variabilidade. Desse modo, as áreas sob a mesma classificação climática (Amg' e C2rA'a', Köppen e Thorntwaite, respectivamente) e com o mesmo elenco varietal revelaram diferenças significativas a 5% sobre os rendimentos médios agrícolas, os quais variaram de 84,8 a 171,2 t ha⁻¹, mostrando, desse modo, comportamentos diferenciados entre as áreas.

Assim, procurou-se por meio de análises de correlações e de regressões múltiplas relacionar o rendimento médio agrícola com os dados de solo e clima, com vistas em obter respostas sobre os diferentes comportamentos apresentados para cada área.

No quadro 4, encontram-se os coeficientes de correlação entre os rendimentos médios agrícolas e os dados de solo e clima. Verificam-se correlações significativas com a matéria orgânica, cálcio, magnésio, soma de bases trocáveis (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC) e silte da camada A e com pH, cálcio, magnésio, Ca/Mg, alumínio, H + Al soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%) da camada B, tendo sido observadas as melhores correlações na camada B.

Quadro 4. Coeficientes de correlação entre o rendimento médio da cultura e os atributos solo e clima

Atributo	Horizonte	
	A	B
pH	0,22*	0,77**
Matéria orgânica	0,71**	0,59**
Fósforo disponível	0,56**	0,03
Enxôfre	0,03	-0,29**
Potássio	0,40**	0,21*
Cálcio	0,70**	0,87**
Magnésio	0,67**	0,75**
Ca/Mg	0,54**	0,80**
Alumínio	-0,28**	-0,79**
H + Al	-0,13	-0,69**
Soma de bases trocáveis (SB)	0,71**	0,84**
CTC	0,80**	0,86**
V %	0,43**	0,77**
m %	-0,33**	-0,76**
Areia	-0,54**	-0,47**
Silte	0,73**	0,55**
Argila	-0,57**	-0,19*
Argila B/A	0,50**	-
Macro/microporos	-0,67**	-0,44**
Graus-dia	0,12	-
ETr/Etp	-0,23*	-
Déficit hídrico	0,28*	-

* e **, significativos a 5 e 1%, respectivamente.

Tanto o pH como a saturação por bases (V%) da camada B tiveram boas correlações com o rendimento agrícola, confirmando os valores obtidos para o valor SB e CTC. O alumínio e saturação por alumínio (m%) também mostraram correlações significativas (negativas) na camada B, mostrando que, quanto maior a acidez presente no solo, mesmo em profundidade, menor o rendimento agrícola.

Os dados climáticos ETr/ETp, déficit hídrico e graus-dia não mostraram boas correlações ($r = 0,23^*$, $r = 0,28^*$ e $r = 0,12$; respectivamente) com o rendimento agrícola. Esses resultados não concordam com os obtidos por Ribeiro et al. (1984) para ETr/ETp e déficit hídrico, que encontraram boas correlações ($r = 0,69^{**}$ e $r = -0,69^{**}$, respectivamente) para esses dois fatores. O motivo para tal fato pode ter sido o reduzido número de ambientes considerados neste trabalho.

Para a análise de regressão múltipla, consideraram-se os rendimentos como variável dependente e os fatores de solos e clima como variáveis independentes. Considerando as inter-relações entre as variáveis, é provável que as que mostraram correlações significativas com os rendimentos (Quadro 4) não contribuam significativamente para a previsão de rendimento agrícola, quando analisadas juntamente com outras variáveis, numa equação de regressão.

Como se pode observar no quadro 5, quando se utilizaram os rendimentos de todas as variedades e locais, foram selecionadas as variáveis Ca_(B), pH_(B) e MO_(B), as quais contribuíram individualmente com R² de 0,7561; 0,0621 e 0,0113, respectivamente, somando um total de 0,8295 para a equação de regressão. Comparando as variedades, foram obtidos elevados R² para as equações, e as variáveis que contribuíram para cada equação foram semelhantes. Por exemplo, o Ca_(B) contribuiu com um R² em torno de 0,75, ou seja, o Ca_(B) contribuiu com 75% da variação, mostrando ser esta uma variável bastante representativa para as equações e, conseqüentemente, para os rendimentos da cultura da cana-de-açúcar. Verifica-se também que as variáveis foram praticamente todas da camada B, mostrando ser esta a camada de fundamental importância na determinação dos rendimentos da cana-de-açúcar, pelo menos nos tipos de solos considerados.

Dados semelhantes para regressão linear múltipla também foram obtidos por Ibrahim (1978), Ribeiro et al. (1984) e Beauclair (1991) em cana-de-açúcar. Ibrahim (1978), relacionando o rendimento com características do solo (0-20 cm de profundidade), obteve R² de 0,80, indicando ainda que 64% da variabilidade observada sobre o rendimento foi devida às variáveis CE, pH, K, Na, C/N e conteúdo de argila, tendo as variáveis K e conteúdo de argila contribuído com 43% da variabilidade, mostrando, desse modo, a existência e a importância das inter-relações entre as variáveis.

Quadro 5. Resumo do stepwise para todas as áreas e por variedade

Variedade	Variável	R ²		Equação de Regressão
		Parcial	Regressão	
Todas as áreas	Ca _(B)	0,7561	0,7561	$\hat{Y} = 335,42 - 84,47pH_{(B)} + 4,63MO_{(B)} + 7,04Ca_{(B)}$
	pH _(B)	0,0621	0,8182	
	MO _(B)	0,0113	0,8295	
RB 835486	T _(B)	0,8465	0,8465	$\hat{Y} = -73,08 - 7,80K_{(B)} + 4,72T_{(B)}$
	K _(B)	0,0388	0,8853	
RB 72454	Ca _(B)	0,7657	0,7657	$\hat{Y} = 268,90 - 0,11ETr - 23,02(Ca/Mg)_{(A)} + 3,47Ca_{(B)}$
	ETr	0,1240	0,8897	
	(Ca/Mg) _(A)	0,0300	0,9197	
RB 835089	Ca _(B)	0,8119	0,8119	$\hat{Y} = 77,44 + 16,14K_{(A)} - 25,45K_{(B)} + 4,47Ca_{(B)}$
	K _(B)	0,0851	0,8970	
	K _(A)	0,0171	0,9141	
SP79-1011	Ca _(B)	0,7161	0,7161	$\hat{Y} = 27,93 + 4,37Ca_{(B)} + 0,85m_{(B)}$
	m _(B)	0,0829	0,7990	
SP81-2590	T _(B)	0,9046	0,9046	$\hat{Y} = -26,89 - 91,74ETr/ETp + 5,09T_{(B)}$
	ETr/ETp	0,0616	0,9662	
RB 845210	Ca _(B)	0,8004	0,8004	$\hat{Y} = 147,87 + 2,47Ca_{(B)} - 22,21Argila\ B/A - 80,59$ (Macro/micro) _(A)
	(Macro/Micro) _(A)	0,0990	0,8994	
	Argila B/A	0,0282	0,9276	

(A) e (B) - Camadas A e B, respectivamente.

Ribeiro et al. (1984), também analisando os rendimentos da cana-de-açúcar com as propriedades químicas e fatores climáticos das terras do nordeste brasileiro, selecionaram numa equação a soma de bases do horizonte B e a ETr/ETp, sendo a soma de bases responsável por 27 dos 71% da variabilidade atribuída à regressão; em outra equação, relacionaram novamente a soma de bases do horizonte B e a deficiência hídrica, tendo a soma de bases representado 28 dos 71% da variabilidade atribuída à regressão. Beauclair (1991), analisando amostras de terra (0-25 cm de profundidade), conseguiu relacionar os rendimentos da cana-de-açúcar com as variáveis Mg e P, com valor de R² de 0,15 e que o Mg indicou estar relacionado com o P, principalmente nos dois primeiros cortes. Este fato pode ser verificado para o Ca, presente em quase todas as regressões, proporcionando valores de R² elevados e contribuindo, de forma marcante, nas inter-relações com as outras variáveis.

Conforme foi destacado anteriormente, dentre os diversos dados avaliados, a influência do solo no rendimento agrícola da cana-de-açúcar é bastante clara. Basta observar que, em um mesmo ano agrícola, a média de produtividade no PVe a/m (Área 5) foi de 171,2 t ha⁻¹, enquanto na AQ a a/m (Área 6) foi de 84,8 t ha⁻¹, resultando numa diferença positiva de 86,4 t ha⁻¹ para o melhor solo. É possível que a diferença significativa seja devida ao contraste entre os solos, já que ambos encontram-se na mesma condição climática (Deficiência Hídrica ~700 mm,

Quadro 3) e com o mesmo elenco varietal. Analisando os dados das camadas dos solos (Quadro 2), verificam-se significativas diferenças entre os teores de potássio, cálcio e magnésio nos perfis dos solos em questão, cujo efeito somatório pode ser notado por meio dos valores SB, CTC e, conseqüentemente, V e m%.

Ainda na comparação entre esses dois solos, destacam-se dois aspectos. O primeiro é que, conforme pode ser observado nos quadros 1 e 3, onde são apresentadas as características físicas e físico-hídricas dos perfis considerados, a água disponível (considerando-se a diferença entre 0,006 e 1,5 MPa) na AQ é maior do que no PVe, para a profundidade de 0-150 cm, e no que se refere ao aspecto químico (Quadro 2), na camada de 0-25 cm a AQ apresenta-se com 71% de saturação por bases, o que atende às recomendações usuais para uso de corretivos. No entanto, as contrastantes produtividades médias dos dois solos revelam que, no aspecto químico, o perfil deve ser considerado a maiores profundidades, ou seja, além da camada superficial. Dessa forma, no PVe, apesar da DH de 700 mm, a produtividade superou até mesmo os solos classificados de forma semelhante, em locais com deficiência hídrica ao redor de 200 mm (PVe ab a/m, Área 1), provavelmente em função de maior desenvolvimento radicular no perfil, aproveitando não somente os maiores teores absolutos em nutrientes, como também a água armazenada na camada B. Sem isso não seria possível uma produtividade média de 171,2 t ha⁻¹ de colmos, com a deficiência hídrica constatada.

Assim, torna-se possível justificar os elevados coeficientes de correlação obtidos (Quadro 4) para os fatores do solo que relacionam a produtividade com a camada B, citando-se principalmente SB, CTC, V e m%. Se os coeficientes de correlação mais elevados relacionados com a produtividade foram os da camada B, pode-se dizer que a acentuada deficiência hídrica (700 mm) não foi sentida pela cultura, uma vez que esta, supostamente em função do desenvolvimento de raízes nessas camadas, não foi submetida a déficits hídricos. Isto significa que o regime hídrico do solo, em função de suas características e não da caracterização climática (dados atmosféricos), conferiu pouca ou nenhuma deficiência hídrica à cultura.

Pode-se estabelecer outra comparação, ou seja, sob baixos níveis de deficiência hídrica, ao redor de 200 a 250 mm, entre os PVe (Área 1) e PVI al (Área 2). A diferença de produtividade média neste caso é de 49,0 t ha⁻¹ (144,3-95,3 t ha⁻¹) em favor do solo eutrófico. As mesmas considerações são válidas, sendo os valores SB potencialmente iguais, diferindo no aspecto químico, nos teores de nutrientes em todo o perfil. Podem ser citados os teores de K, Ca, Mg, S, P e, conseqüentemente, os valores SB, V e m%.

Ainda, sob uma deficiência hídrica intermediária, ao redor de 400 mm, podem ser comparados os resultados médios de produtividade agrícola obtidos no PVe a/m (Área 4) e no LVd a/m (Área 3), os quais não diferem entre si, com respectivamente 110,9 e 108,2 t ha⁻¹. Neste caso, apesar da tentativa de padronização de outros fatores de produção, verifica-se, no quadro 3, uma diferença significativa na época de plantio entre ambos. No PVe a/m, o qual deveria apresentar maior produtividade, em função de suas

características químicas, plantou-se no início de março, enquanto, no experimento do LVd a/m, isso se deu no final de abril, portanto com praticamente dois meses de diferença. Diversos resultados obtidos pela comparação entre variedades e épocas de plantio (em regiões sujeitas à deficiência hídrica, a exemplo de Conde & Salata, 1985), têm indicado que o plantio tardio, em função do menor desenvolvimento vegetativo, expõe a cultura a uma menor perda evapotranspirativa, visto que, em função de seu pequeno porte, não desenvolve colmos ao longo dos meses secos do ano. Por outro lado, o estabelecimento da cultura precocemente, fevereiro-março, permite que ela desenvolva elevados índices de área foliar, iniciando o desenvolvimento de colmos. No período seco, os internódios do colmo desenvolvem-se menos, estrangulando o posterior desenvolvimento dos novos internódios por ocasião do retorno da estação úmida.

Outra questão a ser considerada é o comportamento das variedades nesses ambientes distintos (solo x clima). Comparando os rendimentos obtidos pelas seis variedades estudadas (Figura 1), no PVe a/m (Área 5) e na AQ a/m (Área 6), ambos sob “mesma deficiência hídrica” ~ 700 mm, verifica-se que a amplitude de variação do rendimento das variedades no PVe a/m foi bem maior que na AQ a/m. Provavelmente no melhor ambiente, as variedades puderam expressar melhor seu potencial genético, já que a variação de rendimento foi aproximadamente de 51 t ha⁻¹ (199 t ha⁻¹, para a variedade RB 835089, e 148 t ha⁻¹, para a variedade SP79-1011), enquanto na AQ a/m, para as mesmas variedades, foi aproximadamente de 14 t ha⁻¹ (92 t ha⁻¹, para a variedade SP 79-1011, e 78 t ha⁻¹, para a variedade RB 845210).

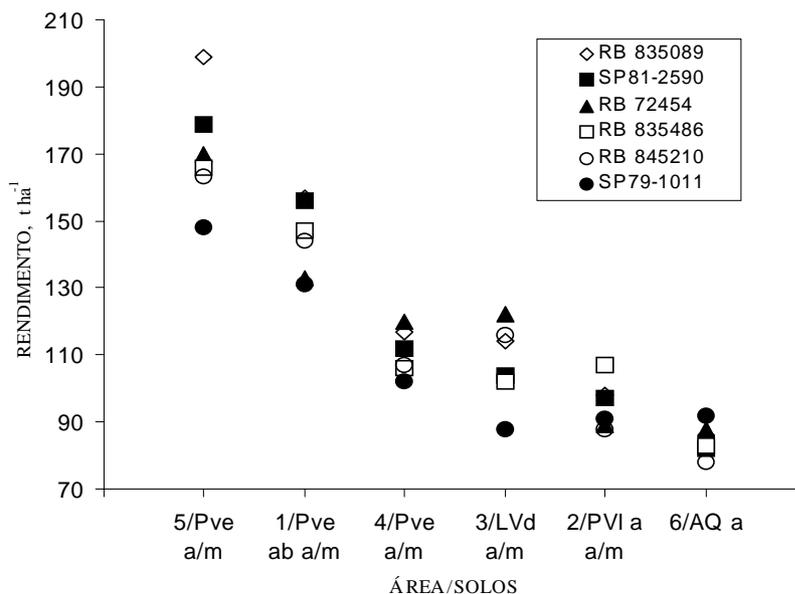


Figura 1. Produtividade das variedades de cana-de-açúcar estudadas nos seis locais.

Assim, pode-se inferir que, no solo eutrófico, com variação textural no perfil, atribui-se um regime hídrico de solo não-limitante ao desenvolvimento da cultura, de tal maneira que as seis variedades estudadas puderam expressar melhor seu potencial genético de produtividade, enquanto, no solo álico, sem relação textural ou de elevada drenagem, atribui-se um regime hídrico de solo limitante, apresentando as variedades com baixos rendimentos agrícolas, estando, portanto, longe de se aproximar do potencial genético de produtividade.

CONCLUSÕES

1. Fatores climáticos, como graus-dia e deficiência hídrica, não apresentaram correlações significativas com o rendimento agrícola da cana-de-açúcar.

2. As características químicas, físicas e hídricas do horizonte subsuperficial apresentaram significativas correlações com a produtividade agrícola da cultura.

3. Na análise de regressão linear múltipla, o procedimento "stepwise" selecionou o Ca do horizonte B como a variável que mais se correlacionou com a produtividade agrícola da cana-de-açúcar.

4. O regime hídrico mostrou-se potencialmente importante na avaliação do potencial agrícola dos solos.

5. Os Podzólicos eutróficos apresentaram-se como os de maior capacidade potencial de produção da cana-de-açúcar na região considerada.

AGRADECIMENTOS

Às empresas sucroalcooleiras Univalem, Clealco, Vale do Rio Turvo, Agrícola Arakaki, Generalco, Aralco, Unialco, Benalco, Centralco, Alcoazul, pelo apoio recebido para o desenvolvimento deste trabalho. À UFSCar - Estação Experimental de Valparaíso e, especialmente, ao Lungas Lopes Menezes, pelas relevantes contribuições.

LITERATURA CITADA

AYYAR, P.S.; RAO, R. & BANERJEE, J.R. Influence of day-degree on the elongation of sugarcane. *Ind. Sug. J.*, 9:212-216, 1965.

BACCHI, O.O.S. & SOUSA, J.A.G.C. Minimum threshold temperature for sugarcane growth. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16, São Paulo, 1977. Proceedings. São Paulo, ISSCT, 1978. p.1733-1741.

BEAUCLAIR, E.G.F. Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-açúcar, através de regressão linear múltipla. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1991. 90p. (Tese de Mestrado)

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e físicas dos solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 1986. 93p. (Boletim Técnico, 106)

CHANG, J.H.; CAMPBELL, R.B. & ROBINSON, F.E. On the relationship between water and sugarcane yield in Hawaii. *Agron. J.*, 55:450-453, 1963.

CONDE, A.J. & SALATA, J.C. Épocas de plantio x época de corte em 6 variedades. Quatá, SP, Dept. Agron. da Cia. Agrícola Quatá, 1985. 9p. (Relatório)

DOURADO NETO, D. & LIER, Q.J. van Programa para elaboração do balanço hídrico para culturas anuais e perenes: manual do usuário. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1991. 58p.

IBRAHIM, H.S. Effects of soil properties on sugarcane yield in Sudan. *Exp. Agric.*, 14:273-276, 1978.

MANIERO, M.A. Aplicação de graus-dia em cana-de-açúcar. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 76p. (Tese de Mestrado)

OGUNTOYINBO, J.S. Evapotranspiration and sugarcane yields in Barbados. *J. Trop. Geogr.*, 22:38-48, 1966.

PINAZZA, A.H.; ROLIM, J.C.; RUAS, D.G.G. & SALIBE, A.C. A tecnologia agrícola nas destilarias do oeste paulista. *STAB: Açúc., Álcool Subprod.*, 9:14-19, 1991.

RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 31p.

REIS, A.C.S. Aptidão climática de Pernambuco para os principais produtos agrícolas. Recife, Comissão Estadual de Planejamento Agrícola, 1978. 18p.

RIBEIRO, M.R.; HALSTEATED, E.H. & JONG, E. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microregião da mata norte de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:209-213, 1984.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. The water balance. *Publications in Climatology*. Centerton, N. J. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. v.3. 86p.

VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxôfre no solo e na planta. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 37p.