

BRAGANTIA

Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 27

Campinas, junho de 1968

N.º 18

RESTAURAÇÃO DO SOLO PARA A CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

III — PERÍODO 1958-61 E CONSIDERAÇÕES GERAIS (1)

ANTÔNIO CARLOS PIMENTEL WUTKE, *engenheiro-agrônomo, Seção de Agrogeologia, e*
RAPHAEL ALVAREZ, *engenheiro-agrônomo, Seção de Cana-de-Açúcar, Instituto*
Agrônomo (2)

SINOPSE

São apresentados novos resultados de um ensaio de restauração de solo para cultura de cana-de-açúcar iniciado em 1954 para avaliação dos efeitos da calagem e das adubações verde e mineral.

Verificaram-se efeitos notáveis da calagem e da adubação potássica. A leguminosa *Crotalaria juncea* L. e a adubação nitrogenada foram inócuas em presença da calagem e depressivas quando o corretivo foi omitido.

A produtividade do solo elevou-se mais ainda, no período indicado, o que se atribui à melhoria da fertilidade. Análises químicas do solo revelaram efeitos sensíveis da calagem e da adubação mineral sobre a acidez e sobre o teor de Ca, Mg e PO_4 .

1 — INTRODUÇÃO

Êste estudo foi conduzido em um solo originalmente de baixa fertilidade e de acidez elevada, já explorado durante alguns anos com a cultura da cana-de-açúcar. Em virtude de sua baixa produtividade, a área utilizada não estava mais em cultivo em 1954, quando foi iniciado o experimento.

Procurou-se avaliar os efeitos da calagem e das adubações mineral (NPK) e verde na elevação da produtividade desse solo, a fim de tornar a sua exploração economicamente vantajosa. O ensaio foi planejado para um período de anos relativamente longo, indispensável para a avaliação do efeito cumulativo das práticas em estudo e imposto pelas características do ciclo cultural da cana-de-açúcar.

(1) Recebido para publicação em 4 de março de 1968.

(2) Os autores expressam os seus agradecimentos aos senhores proprietários da Usina Açucareira Ester e ao engenheiro-agrônomo Luís Andrade Maia, Chefe de Cultura da referida usina, pelas facilidades que proporcionaram para a execução deste trabalho.

Os resultados dos dois primeiros períodos de observações já foram publicados (9 e 20). Nesses períodos não houve aproveitamento de soqueiras, porque o objetivo era obter, preliminarmente, produções mais elevadas no primeiro corte, em função da melhoria da produtividade do solo. Esse resultado, obviamente sempre desejável, reveste-se de particular importância para a cultura canavieira, cujas peculiaridades técnico-econômicas apresentam sérias restrições ao seu deslocamento para áreas distantes das moendas.

Neste trabalho são apresentados os dados do terceiro período, em que, obtida produção satisfatória de cana-planta, pôde-se prolongar o ciclo cultural até o segundo corte. São discutidas, também, as variações da produtividade e da fertilidade do solo ocorridas nos três primeiros períodos de condução do ensaio.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio está instalado em gleba já explorada durante alguns anos com a cultura da cana, na Usina Açucareira Ester, município de Cosmópolis, Estado de São Paulo. O solo, de baixa fertilidade e acidez elevada, inicialmente foi considerado como proveniente de arenito do Glacial (16). Segundo classificação mais recente (17), pertence ao grande grupo Latossolo Vermelho Amarelo Húmico. As principais características físicas e químicas da camada superficial, até 30 cm de profundidade, são as seguintes:

Argila (menor que 0,002 mm)	37,5%
Limo (entre 0,002 e 0,02 mm)	8,5%
Areia fina (entre 0,02 e 0,2 mm)	16,0%
Areia grossa (entre 0,2 e 2,0 mm)	38,0%
Classificação textural	Barrento
pH	4,65
C (total)	1,81%
N (total)	0,10%
PO ₄ ⁻³ (1) e.mg/100 g de solo sêco	0,22
K ⁺ trocável, » » » » » »	0,05
Ca ⁺² » » » » » »	0,33
Mg ⁺² » » » » » »	0,02
H ⁺ + Al ⁺³ » » » » » »	8,24

O delineamento não sofreu alteração alguma. Apenas adapta-

(1) Extraído com H₂SO₄ 0,05 N. Nos trabalhos anteriores o resultado analítico correspondente foi transcrito erradamente, com o valor de 0,09 e.mg por 100 g de solo sêco.

ram-se as doses de fertilizantes às novas condições de fertilidade do solo e às respostas anteriormente obtidas.

Os tratamentos, distribuídos em blocos ao acaso e com quatro repetições, são os seguintes:

- 1) Testemunha;
- 2) P + calcário + leguminosa;
- 3) PK + leguminosa;
- 4) PK + calcário + leguminosa;
- 5) NPK;
- 6) NPK + leguminosa;
- 7) NPK + calcário;
- 8) NPK + calcário + leguminosa.

Os canteiros continuaram com seis linhas de dez metros de comprimento, aproveitando-se as quatro centrais. As aplicações dos fertilizantes e do corretivo e o plantio da leguminosa foram repetidos exatamente nos mesmos canteiros.

As análises de amostras de solo, coletadas após o corte de cana do período anterior, evidenciaram a conveniência de nova aplicação de calcário, o que foi feito em novembro de 1958, na quantidade de três toneladas do corretivo, por hectare. Como no primeiro período, foi empregado calcário dolomítico com 25% de CaO e 18% de MgO.

Em fins de novembro foi semeada a leguminosa (*Crotalaria juncea* L.), inoculando-se as sementes com material fornecido pelo Laboratório de Microbiologia, do Instituto Agrônomo. O corte e o enterrio do adubo verde se processaram em fevereiro de 1959, por meio de grade de discos.

A cana foi plantada em 17 de março de 1959, empregando-se a variedade CB 41/76. Procurou-se a coincidência dos sulcos com os que foram feitos nos plantios anteriores, tendo em vista a avaliação do efeito cumulativo dos tratamentos num período de tempo mais curto.

A adubação foi de 90-80-120 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e nas formas de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. O fósforo e o potássio foram colocados em doses únicas e nos sulcos, por ocasião do plantio. O nitrogênio foi parcelado, colocando-se nos sulcos apenas a dose de 25 kg/ha. Posteriormente

fizeram-se mais duas aplicações em cobertura, em junho e novembro, e de 25 e 40 kg/ha, respectivamente.

Em 16 de agosto de 1960 retiraram-se amostras para análise do caldo, constituídas de 20 colmos de cada canteiro. O corte da cana foi efetuado 15 dias após, fazendo-se as pesagens no local.

Segundo corte — Como as produções de cana foram bastante satisfatórias, nos melhores tratamentos, resolveu-se prolongar o ciclo até o segundo corte.

Na adubação da soqueira o fósforo foi omitido, devido ao seu elevado teor nas amostras de solo coletadas após o primeiro corte. Repetiu-se a adubação nitrogenada para avaliar o seu efeito também sobre a soca, uma vez que o solo em questão apresentou teor relativamente baixo desse elemento. A dose empregada foi de 60 kg/ha de N, divididos em dois parcelamentos iguais. O potássio foi novamente incluído na adubação, na quantidade de 90 kg/ha de K_2O , não só devido aos resultados do primeiro corte, mas também por se encontrar em níveis bastante baixos no solo.

Em fins de novembro de 1960 foram colocadas em sulcos, abertos ao lado das linhas de cana, a primeira parcela de nitrogênio e a quantidade total de potássio. No início de janeiro de 1961 foi aplicado o restante do nitrogênio, em cobertura.

Em agosto foram retiradas amostras para análise do caldo, e no início de setembro procedeu-se ao corte.

Para o cálculo do açúcar teoricamente produzido, nos dois cortes, empregou-se a fórmula de Winter-Carp, Geerligns, modificada por Arceneaux (1), com os fatores de correção 0,985 para o brix, 0,970 para a sacarose, 76% para a extração e 88% como eficiência das caldeiras.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período em discussão a leguminosa finalmente encontrou condições para o seu desenvolvimento normal, nos canteiros que receberam calagem, o que lhe permitiu atingir a altura média de 2,30 metros, na época do florescimento, enquanto nos canteiros sem calcário não passou de 1 metro. Infelizmente, a documentação fotográfica desse confronto não pôde ser aproveitada para publicação. É interessante

assinalar que no período seguinte se acentuaram, ainda mais, essas diferenças. Nos canteiros sem calcário a leguminosa foi praticamente aniquilada, dominada inteiramente pela vegetação espontânea, de gramíneas. As fotos das figuras 1 e 2, que comprovam êsse fato, foram incluídas neste trabalho, antecipadamente, pela expressividade dêsse contraste.

Os diversos tratamentos apenas afetaram as produções de cana, não induzindo variações na riqueza do caldo.

3.1 — PRODUÇÕES DE CANA

As produções de cana, em toneladas por hectare, correspondentes ao primeiro e segundo cortes e às médias de ambos, encontram-se no quadro 1. A análise dêsses dados mostrou — como se depreende já do exame dêsse quadro — que os efeitos dos tratamentos sôbre a produção tiveram sempre o mesmo sentido e significância, diferindo apenas nas amplitudes de variação. Por êsse motivo, e para simplificar a exposição, serão discutidos conjuntamente os resultados.

A análise da variância das produções, cujos coeficientes foram de 8,9%, 10,9% e 8,5% para os dois cortes e suas médias, evidenciou efeitos altamente significativos dos tratamentos. A decomposição da variação em **tratamentos adubados X testemunha** e **entre tratamentos adubados** mostrou, também, valores altamente significativos para os dois confrontos, donde se conclui que a adubação elevou a produtividade do solo, de modo geral, e que entre os diversos tratamentos com adubação também houve diferenças.

Os efeitos dos diversos tratamentos podem ser detalhados, quer considerando a parte fatorial do delineamento, com o calcário e a leguminosa a dois níveis e o tratamento NPK como nível zero, quer utilizando as comparações que o método de Tukey possibilita.

Parte fatorial do delineamento — O efeito do calcário, bastante pronunciado, como nos períodos anteriores, foi altamente significativo, atingindo os valores de 47,9 t/ha no primeiro corte, 29,8 t/ha no segundo e 38,9 t/ha na média dos dois. Na inspeção realizada três meses após o plantio, já eram bem evidentes os sintomas de deficiência de cálcio nas plantas dos tratamentos sem calcário. As folhas mais velhas

QUADRO 1 — Produções médias de cana e de açúcar provável, no primeiro e segundo cortes do terceiro período do ensaio e média dos dois cortes

Tratamento	Primeiro corte		Segundo corte		Média dos dois cortes	
	Cana	Açúcar provável	Cana	Açúcar provável	Cana	Açúcar provável
	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
Testemunha	35,7	4,3	23,9	3,0	29,8	3,6
P + calcário + leguminosa	70,3	8,7	38,7	4,8	54,4	6,2
PK + leguminosa	87,6	10,6	47,4	5,7	67,5	8,2
PK + calcário + leguminosa	115,7	13,7	64,0	8,0	89,8	10,8
NPK	83,6	10,0	43,4	5,3	63,5	7,6
NPK + leguminosa	66,0	7,9	36,8	4,5	51,4	6,2
NPK + calcário	122,5	14,2	72,4	8,9	97,4	11,5
NPK + calcário + leguminosa	122,9	14,3	67,3	8,4	95,1	11,3
d.m.s. (Tukey)	18,8	2,5	12,9	1,5	13,9	1,7
Coefficiente de variação	8,9%	10,5%	10,9%	10,2%	8,5%	8,9%

já apresentavam os bordos e as pontas secas, além da clorose generalizada e das pontuações pardo-avermelhadas características. Esse quadro oferecia contraste marcante com o aspecto e com a coloração das folhas normais, nos tratamentos que receberam o corretivo.

Nos tratamentos sem calcário a leguminosa, ainda que pouco desenvolvida, teve efeito depressivo e significativo sobre a produção de cana, nos dois cortes e nas suas médias. À primeira vista esse resultado parece bastante estranhável, contrariando o conceito generalizado dos benefícios da adubação verde e os resultados obtidos por Cardoso (2), em estudo específico dessa prática para a cultura da cana-de-açúcar. Considerando, todavia, os trabalhos de Mattson (13) e de Elgabaly e Wiklander (7), entre outros, que demonstraram que as leguminosas têm maior capacidade de extração de cátions bivalentes do solo do que as gramíneas, infere-se que a crotalaria teria agravado as deficiências de cálcio e de magnésio do solo, não liberando para a cana, em tempo útil, as quantidades desses elementos por ela retirados. Em presença de calagem a leguminosa, embora atingindo desenvolvimento normal, não afetou a produção de cana, em qualquer sentido. É preciso considerar que a própria cana incorpora ao solo apreciável quantidade de matéria orgânica, que só de raízes é da ordem de 8 t/ha aos 18 meses, para a produção de 100 t de colmos (11).

Comparações pelo método de Tukey — Para essas comparações os valores da **d. m. s.** das produções dos dois cortes e de suas médias são, respectivamente, de 18,8 t/ha, 12,9 t/ha e 13,8 t/ha.

Para avaliar o efeito do potássio temos as comparações do quadro 2. Como se verifica, os efeitos desse nutriente sobre as produções de cana foram altamente significativos e positivos, nos dois cortes e nas suas médias.

Os efeitos do nitrogênio podem ser apreciados na presença e na ausência de calagem, estabelecendo-se os confrontos apresentados no quadro 3.

Nos tratamentos com calcário o nitrogênio proporcionou pequenos aumentos de produção, que não alcançaram significância. E, quando o calcário foi omitido, a adubação nitrogenada teve efeito negativo e significativo no primeiro corte e na média dos dois e apenas negativo no segundo. É possível que tenha ocorrido distúrbios no metabolismo

QUADRO 2. — Efeitos da adubação potássica sôbre as produções de cana-de-açúcar, no terceiro período do ensaio. Comparações segundo Tukey, a 5%

Tratamento	Produção, em t/ha		
	Primeiro corte	Segundo corte	Média dos dois cortes
PK + calcário + leguminosa	115,7	64,0	89,8
P + calcário + leguminosa	70,3	38,7	54,4
Diferença	45,4**	25,3**	35,4**
d.m.s.	18,8	12,9	13,9

QUADRO 3. — Efeitos da adubação nitrogenada sôbre as produções de cana-de-açúcar, no terceiro período do ensaio. Comparações na presença (a) e na ausência (b) de calagem, segundo Tukey, a 5%

Tratamento	Produção, em t/ha		
	Primeiro corte	Segundo corte	Média dos dois cortes
a) NPK + calc. + leguminosa	122,9	67,3	95,1
PK + calc. + leguminosa	115,7	64,0	89,8
Diferença	7,2	3,3	5,3
b) NPK + leguminosa	66,0	36,8	51,4
PK + leguminosa	87,6	47,4	67,5
Diferença	— 21,6*	— 10,6	— 15,9*
d.m.s.	18,8	12,9	13,9

do nitrogênio nas plantas, por deficiência de molibdênio. Essa suposição se fundamenta na forma do fertilizante nitrogenado empregado (sulfato de amônio) e nas condições de acidez do solo. Segundo Stout e outros (18), os íons sulfato acarretam depressão na absorção e na translocação do molibdato, pela competição direta entre os dois ânions bivalentes de mesma dimensão. Por outro lado, Mulder (15), trabalhando com tomateiro, demonstrou que o molibdênio é indispensável para a redução do nitrato nas plantas e que na ausência daquele elemento praticamente não eram formados compostos solúveis de nitrogênio orgânico e proteínas. Esta hipótese, apresentada com as devidas reservas, será objeto de pesquisa no atual período, com o auxílio da análise foliar.

Como se depreende dos dados apresentados no quadro 4, em tôdas as comparações possíveis, segundo Tukey, os efeitos da aplicação do cal-

QUADRO 4. — Efeitos da calagem sôbre as produções de cana-de-açúcar, no terceiro período do ensaio. Comparações em presença de leguminosa e adubação mineral (NPK) completa (a), de adubação mineral completa (b) e de leguminosa e adubação mineral sem N (c)

Tratamento	Produção, em t/ha		
	Primeiro corte	Segundo corte	Média dos dois cortes
a) NPK + calc. + leguminosa	122,9	67,3	95,1
NPK + leguminosa	66,0	36,8	51,4
Diferença	56,9**	30,5**	43,7**
b) NPK + calcário	122,5	72,4	97,4
NPK	83,6	43,4	63,5
Diferença	38,9**	29,0**	33,9**
c) PK + calc. + leguminosa	115,7	64,0	89,8
PK + leguminosa	87,6	47,4	67,5
Diferença	28,1**	16,6**	22,3**
d.m.s.	18,8	12,9	13,9

cário se revelaram positivos e altamente significativos, como já tinha sido concluído da análise da parte fatorial do delineamento.

3.2 — PRODUÇÕES DE AÇÚCAR

Como já enunciado, não se verificaram influências significativas dos tratamentos sôbre a riqueza do caldo. Dêste modo, as quantidades de açúcar provável, em t/ha, se estabeleceram em função das produções de cana e, portanto, dispõem maiores considerações.

4 — PRODUTIVIDADE DO SOLO

Embora nos diversos plantios tenham sido utilizadas variedades distintas de cana, como medida de precaução contra possível degenerescência ou incidência de moléstias, pode-se afirmar que a produtividade do solo foi sendo elevada, de um período para o outro. É o que demonstra o gráfico da figura 3, que reúne as produções de cana-planta dos três períodos e, mais, as médias dos dois cortes do terceiro. Em valores absolutos de produção máxima do primeiro corte (tratamento NPK + calcário + leguminosa), obtiveram-se 88 t/ha no primeiro período, 100 t/ha no segundo e 123 t/ha no terceiro. Por outro lado, as amplitudes de variação das produções mais baixas (tratamento testemunha) para aquelas máximas foram, respectivamente, de 36 t/ha, 69 t/ha e 87 t/ha. Verifica-se, ainda, que a maior produção média dos dois cortes do terceiro período foi superior à correspondente de cana-planta do primeiro e pouco inferior à do segundo.

As variações climáticas não justificam êsses aumentos de produtividade. Isto é evidenciado no gráfico da figura 4, onde são representadas as disponibilidades hídricas no solo, durante os ciclos de cana-planta dos três períodos e determinadas segundo o método do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather — 1955 (125 mm) (19). Os cálculos (2) foram feitos para Campinas, localidade com dados disponíveis mais próxima do ensaio.

Resta, pois, verificar quais as características do solo que foram modificadas, possibilitando êsse aumento de sua produtividade.

(2) Os cálculos foram efetuados pela Seção de Climatologia Agrícola.

Quadro 5. — Resultados analíticos de amostras de solo, coletadas após o corte do segundo período (2.º) e após o primeiro corte do terceiro período. Neste último, foram retiradas amostras de solo das entrelinhas (3.ºE) e das linhas de cana (3.ºL)

Tratamento	pH			C%			N%			K ⁽¹⁾			PO ₄ ⁽²⁾			Ca ⁽¹⁾			Mg ⁽¹⁾			H+Al ⁽²⁾		
	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL	2.º	3.ºE	3.ºL
Festemunha	4,7	4,8	4,9	1,7	1,9	1,7	0,13	0,11	0,11	0,04	0,03	0,03	0,23	0,36	0,32	0,40	0,65	0,35	0,19	tr.	0,02	9,5	10,1	9,2
P + calc. + leg.	5,8	5,9	6,0	1,9	—	1,7	0,12	0,10	0,11	0,05	0,03	0,03	0,23	0,34	0,72	2,64	3,30	4,19	1,50	0,40	0,84	6,6	7,0	6,1
PK + leguminosa	4,8	4,8	4,8	1,8	—	1,8	0,12	0,12	0,13	0,04	0,03	0,06	0,26	0,42	0,88	0,40	0,61	0,45	0,19	tr.	0,02	9,2	9,6	9,3
PK + calc. + leg.	5,9	6,1	5,8	2,0	—	1,7	0,13	0,11	0,12	0,05	0,03	0,04	0,23	0,64	0,88	2,40	3,50	3,36	1,25	0,76	0,58	6,7	7,2	7,1
NPK	4,5	4,6	4,4	2,1	—	1,7	0,11	0,11	0,11	0,05	0,03	0,05	0,25	0,56	0,72	0,26	0,77	0,35	0,12	0,01	0,02	9,7	9,7	9,9
NPK + leguminosa	4,4	4,6	4,5	1,9	—	1,8	0,13	0,11	0,09	0,04	0,04	0,04	0,27	0,72	0,72	0,26	0,48	0,35	0,12	0,05	tr.	9,7	10,2	10,5
NPK + calcário	5,9	5,8	5,6	1,9	—	1,9	0,13	0,13	0,12	0,05	0,04	0,04	0,27	0,48	1,20	2,66	2,80	3,48	1,59	0,60	0,36	6,3	7,5	7,1
NPK + calc. + leg.	5,8	5,7	5,5	2,0	—	1,8	0,14	0,12	0,12	0,05	0,04	0,04	0,22	0,48	1,36	2,14	3,08	2,92	1,29	1,09	0,43	7,2	7,8	7,9
Teores iniciais	4,65			1,81			0,10			0,05			0,22			0,33			0,02			8,2		

(1) e. mg por 100 g de solo seco ao ar. Teor trocável.

(2) e. mg por 100 g de solo seco ao ar. Teor solúvel em H₂SO₄ 0,05 N.

Restauração do solo para a cultura de Cana de Açúcar

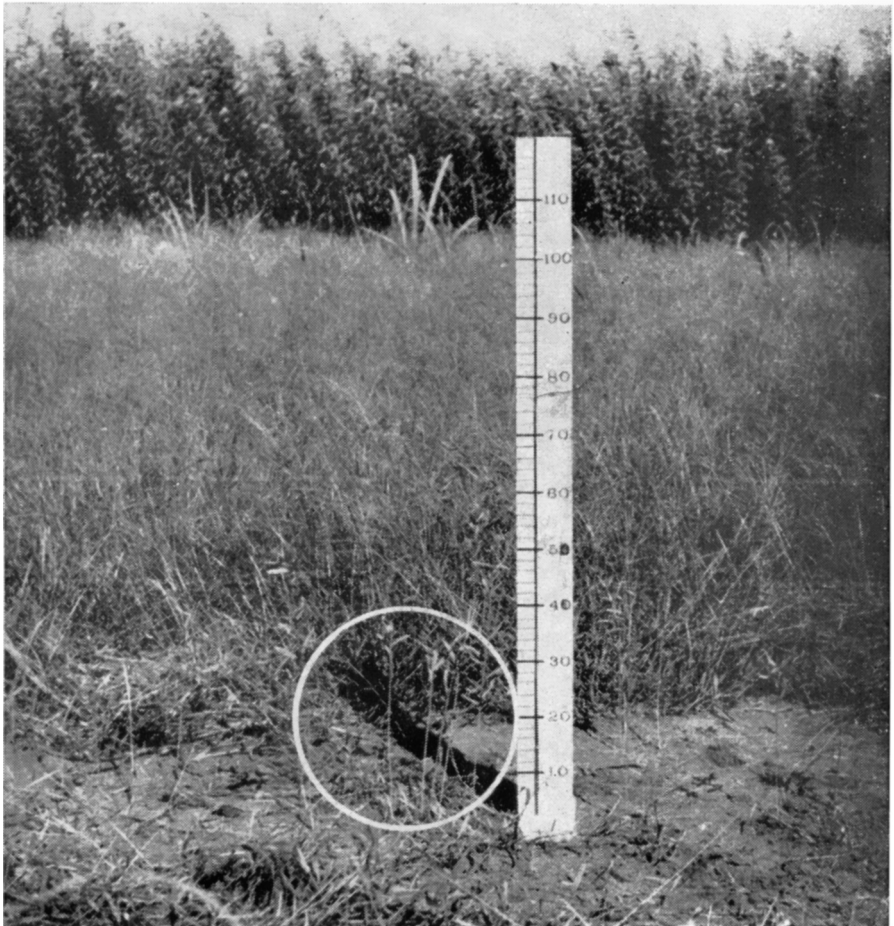


FIGURA 1. — Resposta da leguminosa (*Crotalaria juncea* L.), à calagem. No primeiro plano, no círculo, as plantas remanescentes, no tratamento NPK + leguminosa; nota-se, atrás, o canteiro totalmente tomado pela vegetação espontânea, de gramíneas. No segundo plano, ao fundo, a mesma leguminosa com desenvolvimento normal, no tratamento NPK + calcário + leguminosa. Fotografia do quarto período.

Restauração do solo para a cultura de Cana de Açúcar



FIGURA 2. — Influência progressiva da calagem no desenvolvimento da leguminosa (*Crotalaria juncea* L.). À direita da linha pontilhada, canteiro do tratamento NPK + calagem + leguminosa. À esquerda, tratamento NPK + leguminosa; as plantas mais próximas dos limites do canteiro se beneficiaram do pouco do calcário que ultrapassou os limites do canteiro vizinho ou daquele que as raízes alcançaram. Fotografia do quarto período.

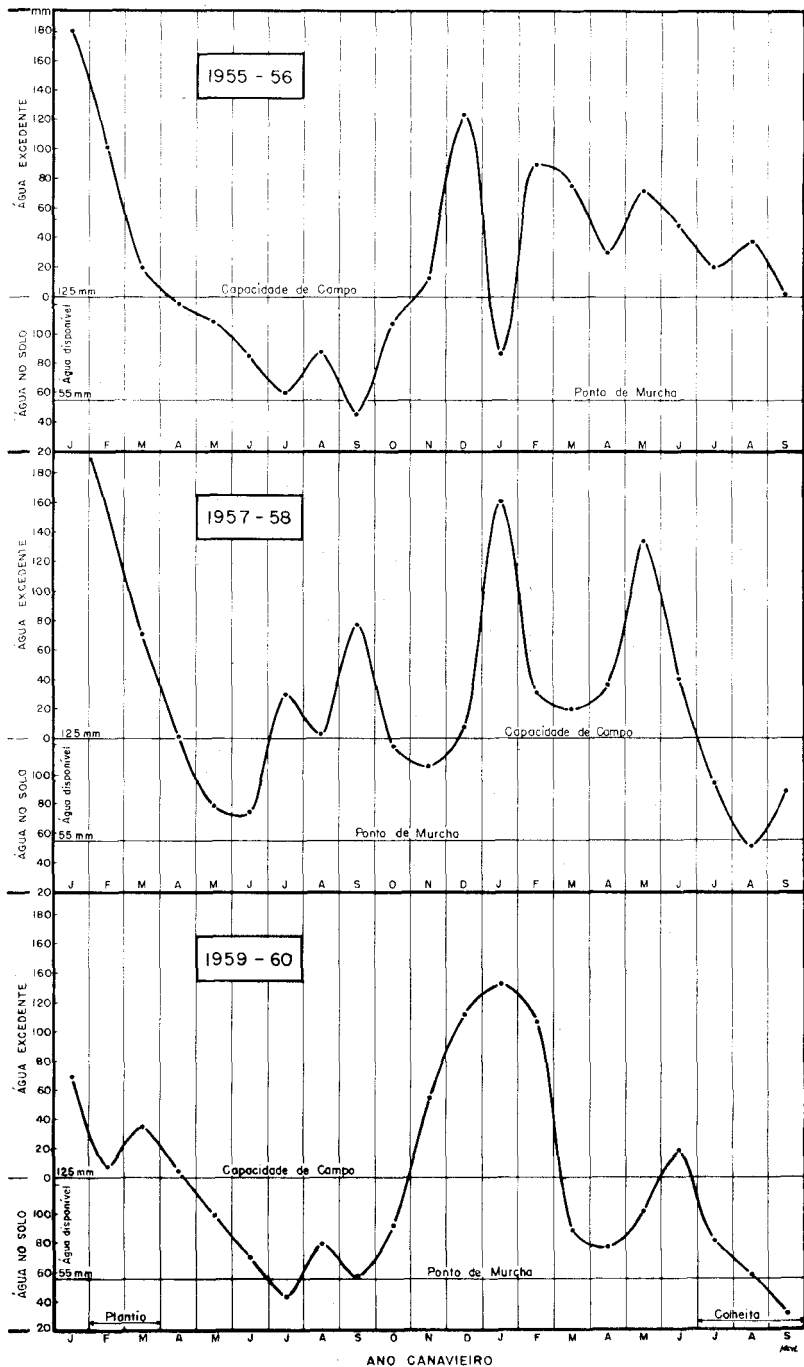


FIGURA 4. — Disponibilidades hídricas no solo, segundo o método do balanço hídrico de "Thornthwaite & Mather — 1955" (125 mm). Determinações feitas para os ciclos de cana-planta dos três períodos, utilizando-se os dados de Campinas.

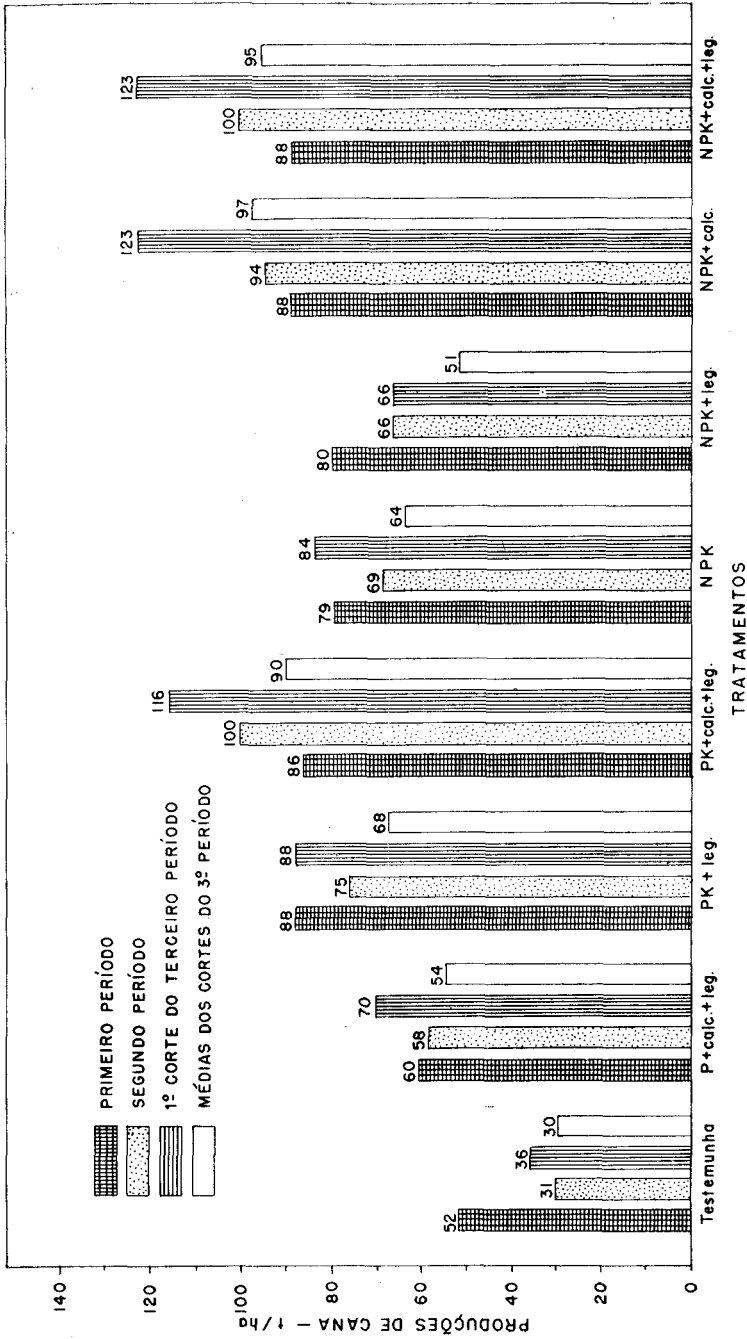


FIGURA 3. — Produções de cana do primeiro corte dos três períodos e médias dos dois cortes do terceiro, em t/ha.

Restauração do solo para a cultura de Cana de Açúcar

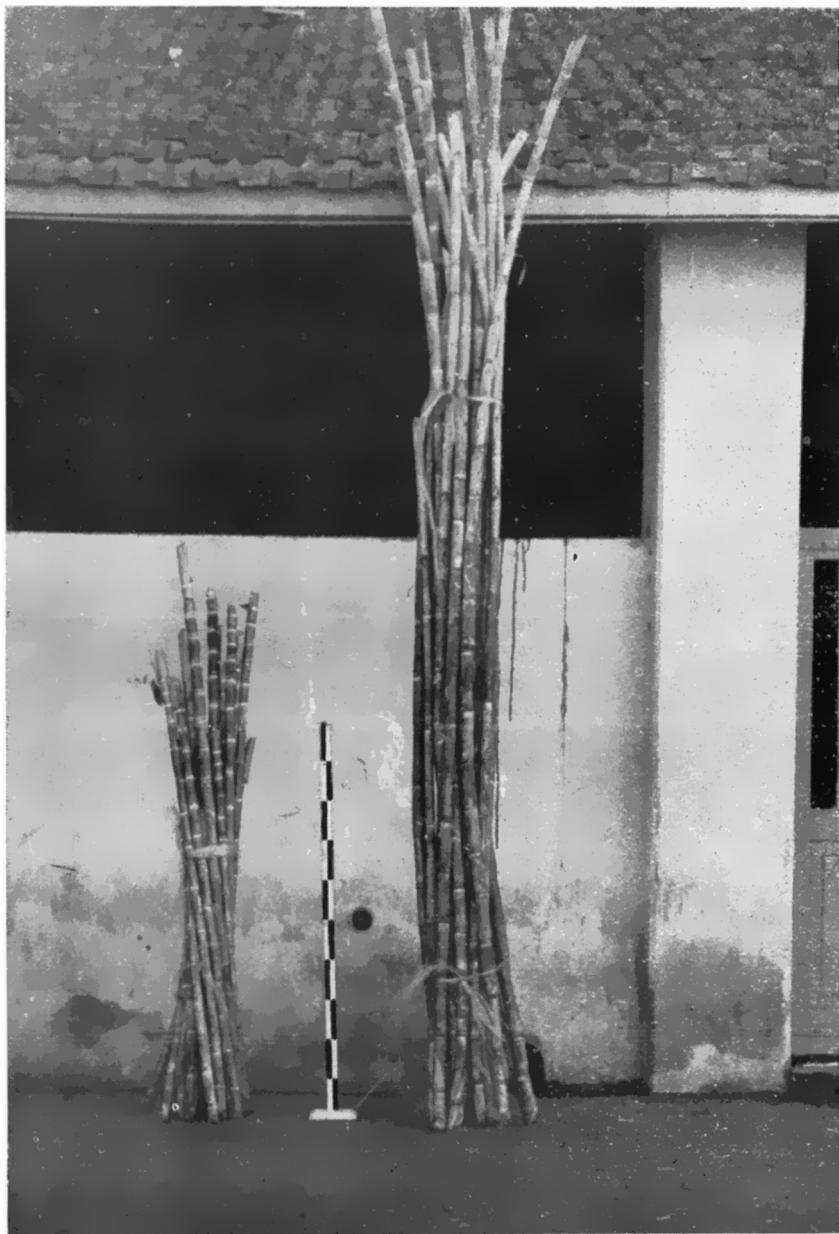


FIGURA 5. — Aumento da produtividade do solo pela elevação de sua fertilidade. À esquerda, tratamento testemunha, com a produção média de 36 t/ha de cana. À direita, NPK + calagem + leguminosa, com a produção média de 123 t/ha. Produções do primeiro corte do terceiro período.

4.1 — CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

O solo em estudo já apresenta, em condições naturais, profundidade e permeabilidade satisfatórias, aliadas à textura barrenta, que confere a maior disponibilidade de água para as plantas (14). Não obstante, procurou-se constatar se ocorreram modificações que pudessem responder pelo aumento de produtividade obtido, mesmo que parcialmente.

Após o segundo corte do terceiro período fizeram-se determinações da distribuição dos agregados do solo estáveis em água (10), de amostras retiradas de todos os tratamentos e até à profundidade de 30 cm. Essa determinação, que fornece indicações sobre a estrutura do solo e características a ela relacionadas, como distribuição de macro e microporos e permeabilidade, não indicou diferença alguma entre os tratamentos (3).

4.2 — CARACTERÍSTICAS DE FERTILIDADE

Das considerações anteriores conclui-se que às modificações da fertilidade do solo se deve atribuir o aumento de sua produtividade, bem evidente na fotografia da figura 5. Essas modificações podem ser avaliadas pelos métodos analíticos de laboratório.

Após os cortes de cana-planta dos três períodos, de todos os tratamentos foram coletadas amostras de solo, compostas, representando, cada uma, a média de 12 amostras simples, sendo 3 de cada canteiro. No terceiro período fizeram-se duas séries de amostragens: nas linhas e nas entrelinhas de cana. Infelizmente, perderam-se as amostras do primeiro período. No quadro 5 estão transcritos os resultados analíticos (4) dessas amostras.

Registraram-se variações sensíveis nos índices pH e nos teores de PO_4 , Ca, Mg e $H + Al$. A calagem e a adubação mineral, refletindo bem os seus efeitos sobre a produção de cana, elevaram êsses componentes de fertilidade a valores satisfatórios.

Os dados de nitrogênio e de carbono não indicam contribuição do adubo verde para a elevação do teor desses elementos. Como a quan-

(3) Engenheiro-agrônomo José P. de Queiroz Neto, Seção de Agrogeologia. Informação verbal.

tidade de massa da leguminosa incorporada ao solo foi bastante considerável, nos melhores tratamentos, como se pôde inferir do seu desenvolvimento, concluiu-se que os métodos analíticos empregados para essa aferição não são adequados. Mesmo não se considerando as perdas durante a evolução da matéria orgânica, o resultado final fica tão diluído no grande volume de solo da camada superficial considerada (30 cm), que as variações decorrentes dessa adição se enquadram nos limites admissíveis do erro analítico.

Os dados relativos ao potássio são, de certa forma, surpreendentes. Mesmo nas amostras retiradas das linhas de plantio, não se registraram variações com relação ao teor inicial do solo. Embora a extração de potássio do solo pela cultura e para 100 toneladas de côlmo seja da ordem de 90 a 130 kg de K_2O , segundo trabalhos de Catani e outros (3 e 5), dado o grande volume de solo explorado pelas raízes (11) e considerando as quantidades de potássio incorporadas pelas adubações, era de esperar valores mais elevados dos resultados analíticos daquelas amostras.

Trabalho de Catani e Küpper (6) evidenciou a possibilidade de fixação do potássio por solos do Estado de São Paulo, e, posteriormente, Küpper e outros (12), interpretando resultados de um experimento com lisímetros monolíticos, admitiram a ocorrência dessa fixação. Por outro lado, Franco e Medina (8) determinaram considerável arrastamento de potássio, em profundidade, em solos terra-roxa-legítima e arenito Bauru que tinham recebido adubação pesada de cloreto de potássio. Seja como fôr — e devem ser feitos estudos mais específicos para elucidar o assunto — verifica-se que, nas condições dêste ensaio, a adubação potássica não foi suficiente para elevar o teor trocável de potássio do solo.

5 — CONCLUSÕES

Os dados de produção de cana-de-açúcar e os resultados analíticos das amostras de solo permitem as seguintes conclusões:

a) A produtividade do solo foi consideravelmente elevada, de um período para o seguinte, quer medida em valores absolutos de produção de cana-planta, quer em termos de amplitudes de variação das produções do tratamento testemunha para as produções máximas, do tratamento NPK + calcário + leguminosa.

b) Os aumentos de produção obtidos podem ser atribuídos à elevação da fertilidade do solo, uma vez que não foram verificadas modificações nas suas características físicas. As variações climáticas, registradas nos três períodos, também não justificam êsses aumentos.

c) A calagem e a adubação potássica tiveram efeitos positivos e altamente significativos sobre a produção de cana. A adubação verde e a nitrogenada foram inócuas em presença de calagem, e depressivas quando o calcário não foi empregado.

d) Os métodos analíticos empregados não acusaram enriquecimento de carbono e de nitrogênio do solo, mesmo nos tratamentos em que a leguminosa alcançou desenvolvimento normal.

e) As análises revelaram sensíveis variações, para melhor, nos índices pH e no teor de Ca, Mg e H + Al trocáveis e de PO₄ solúvel do solo, nos tratamentos adequados.

f) Não se registraram variações no teor de potássio trocável do solo, em relação ao inicial. Disso se infere ser bastante duvidoso, nas condições do ensaio, o efeito residual da adubação potássica.

SOIL RECOVERING IN SUGAR CANE CULTURE III — 1958-61 PERIOD AND GENERAL CONSIDERATIONS

SUMMARY

This paper reports the data obtained in the third period of an experiment which was started in 1954, to study the recovering for sugar cane culture of an original low fertility and impoverished soil (Humic Red-Yellow Latosol).

At the same time with the results of the two harvestings of this third planting one discusses the soil productivity and fertility variations which had occurred up to the first planting.

In a randomized blocks design eight treatments with four replications were compared. They are as follows: a) control; b) P + lime + leguminous cover crop; c) PK + cover crop; d) PK + lime + cover crop; e) NPK; f) NPK + lime; g) NPK + cover crop; h) NPK + lime + cover crop. In this period the cover crop still used was the sun hemp (*Crotalaria juncea* L.) and the sugar cane variety planted was CB 41/76.

In the planting time the fertilization applied was at the rates of 90-80-120 kg per hectare of N, P₂O₅ and K₂O respectively and as ammonium sulfate, plain superphosphate and potassium chloride.

After the first harvesting other applications of Nitrogen and Potassium

were made, at the rates of 60 kg and 90 kg per hectare respectively, using the same sources of fertilizers in top-dressing application.

The yields of sugar cane obtained in this period showed appreciable effects due to lime and Potassium and a considerable increase in soil productivity as compared with the data corresponding to the other ones. This result is attributed to the soil fertility increase, on account of favorable variations in soil acidity and Ca, Mg and PO_4 levels, as shown by chemical analyses. In spite of the leguminous cover crop usage and chemical fertilizations, no increase in Carbon, Nitrogen and Potassium soil levels were detected.

LITERATURA CITADA

1. ARCENEUX, G. A. Simplified method of theoretical sugar yield calculations. *Int. Sug. J.* 38:264-265, 1935.
2. CARDOSO, E. M. Contribuição para o estudo da adubação verde dos canaviais. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1956. 109fls. (Tese de doutoramento)
3. CATANI, R. A.; ARRUDA, H. C.; PELEGRINO, D. & BERGAMIN FILHO, H. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e silício pela cana-de-açúcar, Co 419, e o seu crescimento em função da idade. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* 16:167-190, 1959.
4. ———, GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, método de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 29p. (Boletim 69)
5. ———; ——— & ———. Extração de elementos nutritivos do solo por diversas culturas. Gráfico segundo dados do Instituto Agronômico. São Paulo, Gráfica Ypiranga, 1954. 1fl.
6. ——— & KÜPPER, A. As formas "trocável" e "fixa" dos cátions K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} nos solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 9: 185-192, 1949.
7. ELGABALY, M. M. & WIKLANDER, L. Donnan equilibria in plant nutrition. II — Effect of acid content of plant on the uptake of sodium and calcium from bentonite suspensions. *Ann. agric. Coll. Sweden* 16:334-338, 1949.
8. FRANCO, C. M. & MEDINA, H. P. Arrastamento de potássio e fósforo, pela água de infiltração do solo. *Bragantia* 19:LXXIII-LXXVI, 1960. Nota 16.
9. GARGANTINI, H.; ALVAREZ, R.; CATANI, R. A. & GALLO, J. R. Restauração de solo para a cultura da cana-de-açúcar. I — Período de 1954/56. Campinas, Instituto Agronômico, 1958. 12p.
10. GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. *Bragantia* 19:201-213, 1960.
11. INFORZATO, R. & ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co. 290, em solo tipo terra-roxa-legítima. *Bragantia* 16:1-13, 1957.
12. KÜPPER, A.; GROHMANN, F. & GARGANTINI, H. Movimento de íons NO_3^- , NH_4^- , K^+ e PO_4^{--} em solos massapé, roxa misturada e arenito Bauru. Campinas, Instituto Agronômico, 1953. 8p. (Boletim 34)
13. MATTSON, S. Laws of ionic exchange. III — Donnan equilibria in plant nutrition. *Ann. agric. Coll. Sweden* 15:308-316, 1948.
14. MEDINA, H. P. & GROHMANN, F. Disponibilidade de água em alguns solos sob cerrado. *Bragantia* 25:65-75, 1966.
15. MULDER, E. G. Importance of molybdenum in the nitrogen metabolism of microorganisms and higher plants. *Plant and Soil* 1:94-119, 1948.

16. PAIVA NETO, J. E.; CATANI, R. A.; KÜPPER, A.; MEDINA, H. P.; VERDADE, F. C.; GUTMANS, M. & NASCIMENTO, A. C. Observações gerais sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia* 11:227-253, 1951.
17. SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1960. 634p. (Boletim 12)
18. STOUT, P. R.; MEAGHER, W. R.; PEARSON, G. A. & JOHNSON, C. M. Molybdenum nutrition of crop plants. I — The influence of phosphate and sulfate on the absorption of molybdenum from soils and solutions cultures. *Plant and Soil* 3:51-87, 1951.
19. THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N. J., Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in climatology vol. 8, n.º 1).
20. WUTKE, A. C. P.; ALVAREZ, R.; GARGANTINI, H. & ARRUDA, H. V. Restauração de solo para a cultura da cana-de-açúcar. II — Período 1956-58. *Bragantia* 19:675-687, 1960.