

# BRAGANTIA

*Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo*

---

---

Vol. I

Campinas, Maio de 1941

N.º 5

---

---

## AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

**José Setzer**

### INTRODUÇÃO

O nosso objetivo não é a previsão duma colheita à base de uma análise completa de um perfil completo de solo, por dois motivos: 1) porque a Ciência ainda não é capaz de explicar suficientemente a interação no solo de diversos fatores químicos, físicos, mineralógicos, bacteriológicos, climatológicos e topográficos e 2) porque as colheitas, na realidade, dependem muito do ataque de moléstias e pragas, da qualidade das sementes, do tratamento da cultura, da natureza e da quantidade das plantas daninhas que freqüentemente extraem do solo mais do que a própria cultura e, finalmente, dependem muito da distribuição caprichosa das chuvas.

Êste estudo tem, assim, por finalidade, a orientação das experiências locais de adubação a par de um eficiente tratamento físico do solo, operações estas que devem constituir a principal preocupação do agricultor. Bem orientado, deverá êle obter em poucos anos melhoria nítida no rendimento do seu solo agrícola, se fizer as experiências com cuidado e interêsse, porque a agricultura, do ponto-de-vista pedológico, não passa de uma constante e cuidadosa experimentação, cujo ponto de partida deve ser a análise de um perfil completo de solo.

Não procurámos escolher para êste estudo cultura das mais difundidas no Estado. Para trabalho de tal responsabilidade ainda não possuímos dados suficientes acêrca-da ecologia e fisiologia dessas culturas: os resultados experimentais até hoje obtidos ainda não permitem afirmações decisivas.

Quanto ao tipo de solo aquí apresentado, o presente trabalho vem preencher uma lacuna deixada nas publicações da Secção de Solos (35, pg. 19: Pirambóia), pois trata da relação de diversas características

químicas, físicas e mineralógicas, acompanhadas de notas sobre a geologia, fisiografia, meteorologia e tipos de vegetação. Damos, em seguida, as necessidades da cultura abordada e a dedução dos tratamentos que nos pareceram mais eficientes e econômicos para a obtenção do melhor rendimento no solo em questão.

Alguns artigos teóricos sobre a avaliação da fertilidade do solo já foram publicados no Brasil (22). O estudo prático do assunto é complexo, de uma complexidade comparável à Medicina e com a desvantagem do paciente mudo.

### TOMADA DE AMOSTRAS

Em 28 de dezembro de 1939 foram tomados dois perfis, P-371 e P-372, e 4 amostras superficiais de solo, T-300 a T-303, com o fim duplo de servirem de material para o levantamento agro-geológico do Estado de São Paulo e para orientar uma importante plantação de tungue, *Aleurites fordii* Hemsley, quanto ao tratamento adequado do solo.

Os perfis foram tomados em lugares que, do ponto-de-vista agro-geológico, são os mais representativos da fazenda (pg. 392 e 401). As amostras superficiais, que alcançam profundidade de 30 cm, representam os possíveis desvios das características dos perfis; foram, por isso, submetidas apenas às análises que bastam para indicar a variação das características do terreno de acordo com certa direção ou situação topográfica (diagrama n.º 1).

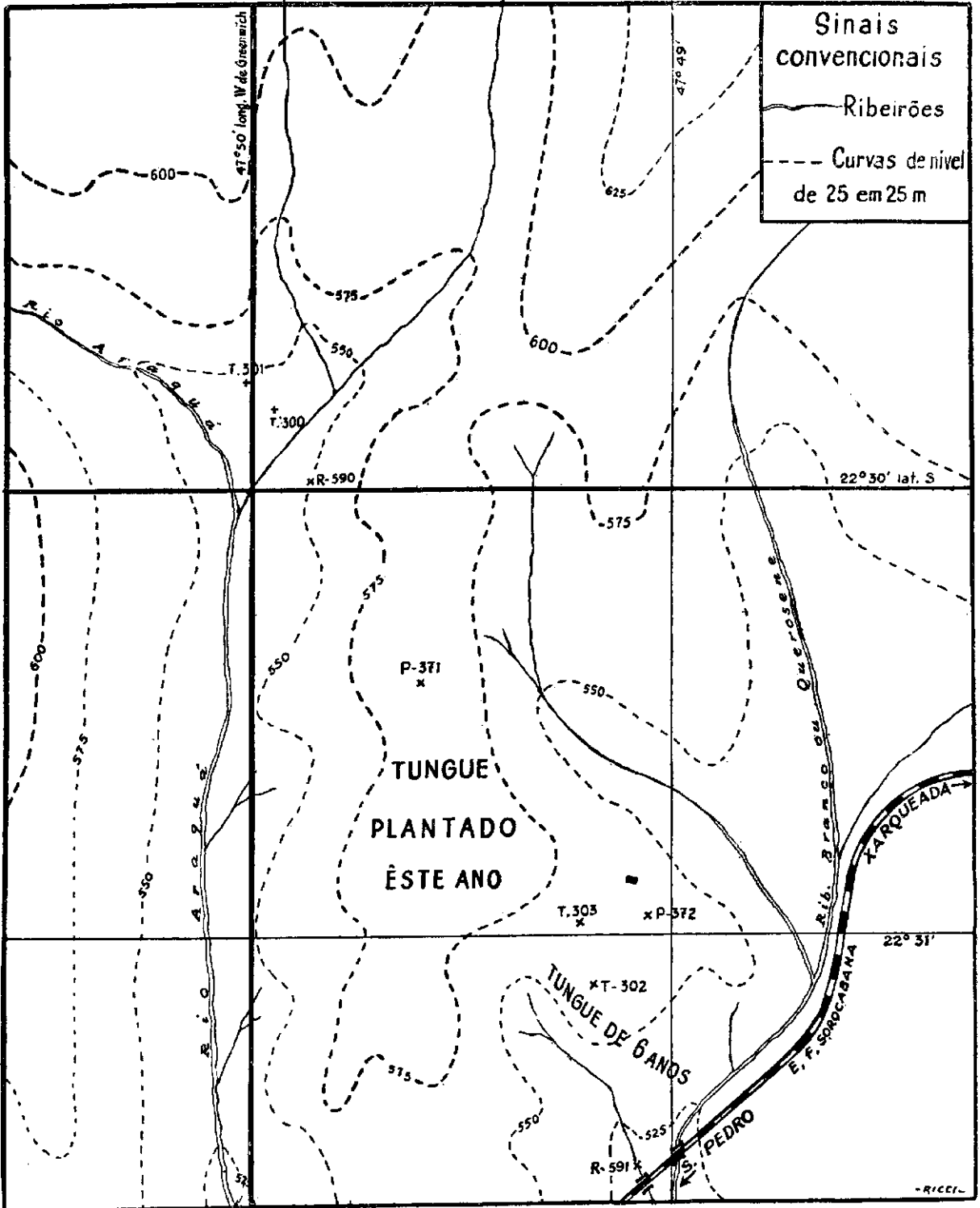
Tanto os perfis como as amostras T foram tomadas em pontos que nunca receberam adubação, salvo algum estêrco na região dos dois perfis e da amostra T-302 (pg. 402). No diagrama n.º 1, que representa uma ampliação das Fôlhas do Instituto Geográfico e Geológico do Estado na escala 1:100.000 que trazem a região estudada, estão localizados os dois perfis, as quatro amostras de solo e as duas amostras de rochas que constituem o material, cujas análises servem de base ao presente estudo.

A altitude dos perfis, a sua divisão em diversos horizontes edafológicos e a distribuição das raízes nêles encontradas figuram nos diagramas 2 a 5.

Chuvas intensas precederam a tomada dos perfis (pg. 404). A precipitação atmosférica do mês de dezembro de 1939 pode ser avaliada em 240 mm. Esta é a razão de apresentarmos 2 diagramas volumétricos físicos de cada perfil: um corresponde às condições físicas encontradas na ocasião (condições atuais) e o outro fornece o aspecto comum do solo, inerente às suas propriedades físicas (condições naturais).

Diagrama n.º 1  
**FAZENDA TUNGAL**  
 -XARQUEADA-

Escala: 1:20.000



Considerando a heterogeneidade do solo e a variabilidade dos diferentes fenômenos físicos, químicos, coloidais e biológicos que nêles se processam, achamos proceder com acêrto arredondando todos os resultados de análises e desprezando o uso de diversas fórmulas comumente atingidas pela ação de fenômenos incontroláveis ou demasiadamente variáveis.

## I — S O L O

### A — ANÁLISE QUÍMICA

#### 1 — Disponibilidade em nutrientes

Todos os valores das tabelas 1, 2 e 3, com exceção do teor total de carbono desta última, são expressos em ME (miliequivalentes) por 100 cc de solo, ou seja em KE (quilo-equivalentes) por hectare até a profundidade de 1 cm, sendo que esta última medida corresponde à primeira, ampliada um milhão de vêzes (35, pg. 12). Ver os diagramas 6 e 7.

Tabela n.º 1

#### TEOR TROCÁVEL

S O L O			N	P	K	Na	Ca	Mg	Mn
Amostra	Hori- zonte	Profun- didade cm	solú- vel	fosfa- tos					
P-371	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	50	0,08	0,76	0,17	0,22	1,04	0,11	0,05
	A <sub>2</sub>	40	0,03	0,37	0,10	0,20	0,72	0,04	0,01
	A <sub>3</sub>	160	0,01	0,31	0,11	0,20	0,49	0,12	0,005
P-372	A	80	0,10	0,97	0,15	0,14	1,43	0,24	0,04
	B	120	0,03	0,64	0,09	0,12	0,38	0,23	0,01
T-300	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	30	0,15	0,88	0,10	0,15	1,5	0,30	0,42
T-301	"	25	0,12	0,60	0,14	0,14	2,1	0,43	0,27
T-302	A <sub>0</sub> /A <sub>2</sub>	35	0,10	0,42	0,48	0,12	2,5	0,6	0,37
T-303	"	30	0,05	0,30	0,22	0,17	0,9	0,4	0,07

O teor de azoto que figura na tabela n.º 1, não é o teor solúvel de nitratos, porque o extrato do solo foi submetido a oxidação, fornecendo assim, "grosso modo", a riqueza total do solo em azoto solúvel, seja êle nitrato, nitrito, catiônio NH<sub>4</sub>', amina, imida, etc. . Apresentamos êsse "teor solúvel de azoto" com a devida reserva, pois ainda não fizemos pesquisas suficientes para avaliar o seu alcance nos nossos solos mine-rais e submetidos a chuvas abundantes. Pesquisas desta natureza,

executadas em outras regiões do globo, não podem ser aceitas entre nós sem serem repetidas e estudadas cuidadosamente, por causa da diversidade de clima e natureza do solo. Os valores de azoto da tabela n.º 1 representariam assim o azoto "solubilizável" e não o azoto solúvel, encontrado no solo no momento da tomada das amostras, o qual era cêrca de 10 vêzes menor.

Os diagramas 6 e 7 fornecem uma comparação gráfica entre as caraterísticas químicas dos dois perfis.

Tabela n.º 2

## TEOR EXTRAÍDO com HCl 10% a quente ("Análise sumária")

S O L O		P	K	Ca
Amostra	Horizonte	(fosfatos)		
P-371	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	1,84	0,32	1,56
	A <sub>2</sub>	1,06	0,41	0,74
	A <sub>3</sub>	1,11	0,39	0,56
P-372	A	1,85	0,47	1,57
	B	1,36	0,38	0,66
T-300	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	1,95	0,25	1,81
T-301	"	2,2	0,30	2,31
T-302	A <sub>0</sub> /A <sub>2</sub>	2,0	0,94	3,80
T-303	"	1,9	0,49	1,39

Os dados das tabelas 1, 2 e 3 permitem avaliar a parte arável dos perfis e das amostras T, segundo o critério de avaliação sumária da riqueza química de um solo (35, pg. 7 a 12).

Obtem-se, assim, o seguinte resultado que já dá alguma idéia das necessidades do solo :

- P-371 : bom quanto ao fósforo, regular quanto ao azoto total e cálcio, fraco quanto ao potássio e o pH (tabela n.º 4).
- P-372 : muito bom quanto ao fósforo, bom quanto ao cálcio, fraco quanto ao pH, potássio e azoto total.
- T-300 : solo muito bom quanto ao fósforo, bom quanto ao cálcio, regular quanto ao pH e fraco quanto ao azoto total e ao potássio.
- T-301 : bom quanto ao cálcio e o fósforo, regular quanto ao pH e fraco quanto ao potássio e ao azoto total.

T-302 : muito bom quanto ao potássio, bom quanto ao cálcio, regular quanto ao fósforo e azoto total e fraco quanto ao pH.

T-303 : regular quanto ao potássio, cálcio e azoto total, fraco quanto ao pH e ao fósforo.

**Tabela n.º 3**  
**TEOR TOTAL**

S O L O		C g/100 cc de solo	N	P como fosfato	K	Ca	Mg
Amostra	Horizonte						
P-371	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	1,03	9,2	0,87	0,49	3,5	2,1
	A <sub>2</sub>	0,38	3,7	0,65	0,48	7,7	2,3
	A <sub>3</sub>	0,28	3,0	0,49	0,40	6,6	2,2
P-372	A	0,93	6,6	0,97	0,52	7,6	1,9
	B	0,37	2,6	0,64	0,79	8,0	2,5
T-300	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	0,51	4,0	1,7	1,4	2,7	2,3
T-301	"	0,79	5,4	1,6	0,6	3,1	1,5
T-302	A <sub>0</sub> /A <sub>2</sub>	1,29	9,4	1,4	1,6	4,7	3,9
T-303	"	1,14	7,6	1,1	1,5	2,7	3,5

Quanto aos teores totais não examinados, o confronto das tabelas 1, 2 e 3 com a tabela n.º 17, permite concluir que, em se tratando das qualidades químicas do solo para fins agrícolas em geral, os solos examinados são muito pobres nos teores de potássio e fósforo totais, e bastante fracos em cálcio total (menos no P-372) e carbono.

Os teores de fósforo da tabela n.º 3 são, contrariamente à lógica, inferiores aos da tabela n.º 2, porque o teor total representa apenas o fósforo contido na parte fina do solo, chamada argila, que é realmente importante, ao passo que a chamada "análise sumária de terra" fornece o teor contido principalmente nos grãos maiores do que 2 microns, sendo, pelo contrário, impotente mesmo para extrair o teor trocável dos solos muito argilosos e ricos em Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Assim a "análise sumária" fornece, freqüentemente, nos solos arenosos, um teor superior ao total (como no caso), ao passo que nos solos argilosos ou ricos em Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> apresenta um teor inferior ao trocável, como acontece, por exemplo, nas terras roxas legítimas, também chamadas "apuradas" e "encaroçadas".

Adotamos a denominação dos horizontes usada universalmente (10 e 14, pg. 42). O horizonte A é o solo arável, B é o primeiro hori-

zonte *iluvial* (6, pg. 8) ou sensivelmente menos permeável do que o A, enquanto C é uma transição da rocha decomposta para o solo. Os índices das letras indicam uma divisão em camadas dentro de cada horizonte. Assim A<sub>0</sub> é a camada superficial que contém detritos de fôlhas, isto é, restos de plantas perecidas sôbre a superfície. A<sub>1</sub> é a camada humosa que contém os mesmos detritos, mas já decompostos, inteiramente incorporados ao solo. A<sub>2</sub> é uma camada pobre em matéria orgânica. A<sub>3</sub> pode ser tida como subsolo, mas significa que, em virtude da sua estrutura, não se trata de horizonte B, pois não se notaram sinais de iluviação.

O P-371 não tem horizonte B, a-pesar-de ter sido tomado até a profundidade respeitável de 2½ metros. É, pois, um solo profundo, homogêneo até essa profundidade.

No P-372, a partir de 80 cm, temos um horizonte B, cujo solo, portanto, é mais compacto do que o que se encontra desde a superfície até 80 cm de profundidade. Ao examinar as constantes físicas dos solos em aprêço, veremos que a diferença entre os dois horizontes A e B não é grande para permitir a suposição de que os dois perfis, P-371 e P-372, pertençam a solos de tipos diferentes.

Pela mesma razão, o horizonte A<sub>0</sub>/A<sub>1</sub> das amostras T-300 e T-301 significa que até a profundidade indicada na tabela n.º 1, 30 e 25 cm, respectivamente, o solo apresentava uma coloração escura, devida, provavelmente, à matéria orgânica.

As amostras T-302 e T-303, representando as camadas A<sub>0</sub>/A<sub>2</sub>, tinham alcançado as camadas quase sem humus A<sub>2</sub>, a-pesar-da pequena profundidade de 35 e 30 cm, respectivamente.

## 2 — Índices importantes

A interpretação das características do solo que figuram na tabela n.º 4 pode ser a seguinte :

**Acidez inócua**, também chamada acidez hidrolítica ou H trocável (em ME/100 cc de solo), não prejudica diretamente as plantas, mas sobrecarrega o solo com um valor T demasiadamente grande, cousa que torna pouco eficiente a adubação por serem fixados os adubos pelo solo, recebendo as plantas apenas uma parcela pequena. O primeiro indício do empobrecimento dum solo é a elevação do teor de sua acidez hidrolítica (1, pg. 372).

Tabela n.º 4

S O L O		ACIDEZ		pH		Humus	C/N	T	S	V
Amostra	Horizonte	INÓ-CUA	NOCI-VA	internacional	em sol. 2n de KCl					
P-371	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	7,6	1,3	5,1	4,8	7,7	7,9	10,5	1,59	15,2
"	A <sub>2</sub>	6,6	3,2	4,7	4,4	2,9	7,3	10,9	1,06	9,7
"	A <sub>3</sub>	4,7	3,5	4,4	4,2	2,1	6,7	9,1	0,92	10,1
P-372	A	7,6	1,0	5,1	4,9	7,0	10,1	10,7	2,08	19,5
"	B	5,7	3,1	4,8	4,5	2,8	10,3	9,6	0,79	8,2
T-300	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	3,4	0,03	5,8	5,4	3,7	9,1	6,9	3,4	50
T-301	"	4,4	0,04	5,8	5,5	5,9	10,5	7,7	3,3	43
T-302	A <sub>0</sub> /A <sub>2</sub>	7,0	0,84	5,1	4,9	9,7	9,8	11,8	4,0	34
T-303	"	6,4	0,97	4,8	4,4	8,6	10,6	9,2	1,8	20

**Acidez nociva** ou acidez trocável ou Al trocável (também em ME/100 cc de solo) é um fator que deve ser combatido enérgicamente para se conseguir uma melhoria geral das qualidades químicas do solo. É uma das causas principais do pH baixo e da dificuldade de elevá-lo, fazendo com que freqüentemente uma calagem fortíssima não produza o resultado esperado, por ser praticamente irreversível a equação química da ação da cal sobre a acidez nociva, produzindo, pois, um composto dificilmente solúvel (39, pg. 234 ; 47), ao passo que o excesso de Al trocável continua a molestar as culturas. O Al trocável, além da sua ação nociva sobre a fisiologia das plantas, dificulta a solubilização dos elementos nutritivos do solo, promove a insolubilização dos adubos adicionados e, em particular, causa a "retrogradação" dos fosfatos de Ca (1 e 19).

Para dar a idéia do teor de acidez nociva de solos de diferentes qualidades, damos na tabela n.º 5 uma avaliação sumária dos solos do Estado de São Paulo de conformidade com o seu teor de acidez nociva, baseando-nos no estudo de quatro centenas de perfis, representantes típicos dos principais tipos de solos do Estado.

Observando os dados da tabela n.º 4, podemos deduzir que só as amostras T-300 e T-301 são solos bons. As primeiras camadas dos dois perfis podem representar solos melhores do que as amostras T-302 e T-303, pois que estas são mais rasas e, como os perfis nos mostram, a acidez nociva nos solos em questão aumenta muito com



Tabela n.º 5

Al trocável em ME/100 cc de solo	$V = \frac{100 S}{T}$	Qualidade do solo
Acima de 1	Menor que 10	Muito pobre
de 1,0 a 0,6	de 10 a 25	pobre
de 0,6 a 0,3	de 25 a 40	regular
de 0,3 a 0,1	de 40 a 50	bom
de 0,1 a 0,05	de 50 a 60	muito bom
abaixo de 0,05	acima de 60	ótimo

a profundidade. As amostras T-300 e T-301 dão a idéia de representarem solos tão diferentes que pertençam a uma outra formação agro-geológica. De fato, estas duas amostras ficam a uma cota inferior às demais, atingindo, provavelmente, a influência da formação Corumbataí. O mapa geológico do Estado (46), efetivamente, mostra que a região estudada é limítrofe entre as formações Corumbataí, permo-triássica, e triássica Botucatú-Pirambóia. As amostras de rochas R-590 e R-591 o confirmam, como veremos mais adiante (pg. 392).

**pH internacional** (suspensão de solo em água em partes iguais). Só pode ser considerado solo regular, dêste ponto-de-vista, o das amostras T-300 e T-301. Os outros valores de pH da tabela n.º 4 são de solo pobre (37). No horizonte inferior de P-372 o pH é de solo péssimo. Entretanto, no subsolo dos dois perfis, em face do valor muito elevado de acidez nociva, o pH deveria ser mais baixo ainda. Tal não se deu, porque a acidez inócua é baixa em comparação com outros tipos de solo (tabela n.º 17). Nos solos muito arenosos isto é comum, devido à drenagem fácil e grande arejamento (36, pg. 104-105).

**pH último** ou mínimo (em solução 2n de KCl) depende mais do teor de acidez nociva do que do da acidez inócua (1 e 15, pg. 121 e seg.). Em igualdade de condições de acidez nociva, êste pH é mais alto no solo que tiver maior quantidade de Ca trocável (tabela n.º 1). Assim como o pH internacional exprime a acidez da

suspensão do solo em água, o pH último exprime a acidez que se obtém depois que um sal neutro, fortemente ionizado, ponha em evidência a ação de todos os fatores presentes do solo e capazes de acidificá-lo em certas condições que devem ser por isto evitadas.

Ambos os pH foram determinados com a aproximação de 0,01.

**Humus** em ME/100 cc de solo é obtido por cálculo partindo do teor de carbono total em g/100 cc de solo. É demasiado baixo na T-300, bastante baixo na T-301. Mesmo os solos representados pelos perfis devem ser esterçados.

**Índice C/N**, que é uma relação das quantidades totais de carbono e azoto expressas em g por 100 cc de solo, é o valor que, nos solos não excessivamente esgotados, influe mais sôbre a vida microbiana do solo. Os valores C/N mais convenientes nos solos do Estado podem ser considerados entre 9 e 13, diminuindo geralmente com a profundidade. Quando o índice é alto, a vida dos micro-organismos se intensifica. Passam êles a consumir uma quantidade demasiada de azoto, chegando, freqüentemente, ao ponto de consumirem o que é imprescindível às plantas. Pelo contrário, um índice C/N demasiadamente baixo pode dificultar tanto a vida microbiana do solo, que os micro-organismos, escassos, deixem de agir benêficamente por meio da preparação de nitratos (4, pg. 9).

**T, S e V**, sendo êste último (relação percentual do segundo sôbre o primeiro) um índice de fertilidade geral dum solo, T é a capacidade total de sorção e S a soma total das bases trocáveis.

Os valores S, T e V obedecem, pois, às seguintes equações :

$$S = Ca + Mg + K + Na + Mn + NH_4 + Li$$

$$T = S + H + Al$$

$$V = \frac{100 S}{T} \%$$

tomando-se sempre os teores trocáveis em ME/100 cc de solo (42, pg. 154).

Há, no mundo, vários tipos de solos sobrecarregados de sais, cuja qualidade é tanto peor, quanto mais alto o índice V e o pH. Os solos da zona sêca do Nordeste do País são um exemplo próximo. Em tais regiões (30, pg. 101 e outras) o problema principal consiste em encontrar água, a menos salina possível, para conseguir, por meio de irrigação e drena-

gem simultâneas, um abaixamento dos teores das bases trocáveis e do valor de pH excessivamente altos dos seus solos.

Mas no Estado de São Paulo, cujos solos provêm em geral de rochas-máter pobres; lavados por uma precipitação atmosférica abundante, pode ser estabelecido o princípio geral de que, quanto mais alto o índice V e o pH, melhor é o solo (35, pg. 10, última linha; 37).

As tabelas n.º 16 e 17 permitem comparar os diversos teores trocáveis, totais e clorídricos, pH, S, T e V, dos principais tipos de solos do Estado com os solos cujo estudo serve de base ao presente trabalho.

### 3 — Estrutura dos complexos

O resultado da determinação da estrutura dos complexos coloidais dos solos estudados figura na tabela n.º 6. A leitura do diagrama n.º 8 torna-se mais fácil, quando se considera que a percentagem de cada um dos 3 elementos diminue com o afastamento do respectivo vértice (100%) seguindo a bissetriz do ângulo.

A tabela n.º 6 fornece os teores absolutos e percentuais de sílica e de sesquióxidos de Al e Fe retirados da parte coloidal do solo. É, pois, a dosagem do teor total de Si, Al e Fe da parte fina do solo, chamada "argila".

Aplicando ao estudo do solo os termos de química coloidal "incrusta" e "esqueleto", podemos dizer que a estrutura dos complexos é o teor total de Si, Al e Fe da incrusta.

Tabela n.º 6

#### ESTRUTURA DOS COMPLEXOS

S O L O			g/100 cc de solo				PERCENTAGEM			Relação
Amos- tra	Hori- zonte	Espes- sura cm	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Soma	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
P-371	A <sub>1</sub>	50	6,3	3,1	0,5	9,9	64	31	5	2,0
	A <sub>2</sub>	40	8,5	6,8	1,4	16,7	51	41	8	1,3
	A <sub>3</sub>	160	8,6	6,7	1,7	17,0	51	39	10	1,3
P-372	A	80	6,6	5,0	0,8	12,4	53	40	7	1,3
	B	120	8,9	8,0	2,0	18,9	47	42	11	1,1
T-300	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	30	4,8	2,2	1,3	8,3	58	26	16	2,2
T-301	"	25	5,9	2,2	1,3	9,4	63	23	14	2,6
T-302	A <sub>0</sub> /A <sub>2</sub>	35	6,2	3,5	0,8	10,5	59	33	8	1,8
T-303	"	30	4,9	3,9	0,9	9,7	51	40	9	1,3

Enquanto o "esqueleto" é constituído pelos grãos de quartzo, feldspatos, anfibólios, micas, etc., limpos, pois a poeira que os envolve também faz parte da incrusta, esta última é a parte do solo que efetivamente pode fornecer às plantas nutrientes químicos e água.

A maior parte da matéria orgânica é também incrusta. O esqueleto seriam a celulose e as carcassas protéicas ou calcáreas ainda não decompostas da fauna morta. Compreende-se assim o papel extraordinariamente importante da matéria orgânica nos solos pobres e lavados : o de revestir de incrusta o esqueleto praticamente nú de tais solos, promovendo ainda, com a ajuda das próprias raízes das plantas, a transformação em incrusta da parte superficial do esqueleto.

A incrusta é, portanto, uma película mais ou menos tênue que envolve todos os grãos, desde seixos até as partículas microscópicas de argila, freqüentemente menores do que um micron. Esta película, cuja superfície total por unidade de volume de solo é muito grande nos solos argilosos, devido à subdivisão (25, pg. 162), é constituída pelos óxidos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , acima mencionados, ligados de várias maneiras diferentes a colóides, complexos orgânicos e inorgânicos e a cátions e aniônios ativos.

Todos estes corpúsculos adsorvem água com uma força que varia de acôrdo com a natureza do corpúsculo e com a distância da sua superfície. Daí os diferentes valores de água do solo : água do solo sêco ao ar, água higroscópica, água inativa, água osmótica disponível, água gravitativa disponível, e outros teores obtidos em função destes. Fica, também, explicada a causa da variação enorme destes teores nos tipos de solos diferentes.

Sendo a estrutura dos complexos o aspecto da parte essencial da incrusta, característica para cada tipo de solo, a ciência moderna tende a aproveitá-la como base para a classificação geral dos solos minerais, principalmente os tropicais e sub-tropicais de regiões úmidas. Descoberta do grande pedólogo Paul Vageler, essa classificação (diagrama n.º 8), que data de 1938, já foi aceita por alguns cientistas dos mais proeminentes.

O exame da tabela n.º 6 indica inicialmente que as 6 amostras de solo superficial estudadas podem ser divididas, de acôrdo com o seu quociente  $\text{SiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ , em três grupos : o de quociente superior a 2, entre 2 e  $1\frac{1}{2}$ , e abaixo de  $1\frac{1}{2}$  (Tabela n.º 7).

Tabela n.º 7

## PROPRIEDADES QUÍMICAS INTRÍNSECAS DOS SOLOS ESTUDADOS

Primeiros horizontes	% média de			SiO <sub>2</sub>	Classificação geral pela estrutura dos complexos :
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> médio	
T-300 e T-301	60	25	15	2,4	Feralsilito
P-371 e T-302	61	32	7	1,9	Feralsilito-Sialito
P-372 e T-303	52	40	8	1,3	Sialito

O diagrama n.º 8, que mostra a divisão dos solos minerais em nove tipos por meio de gráfico triangular, confirma e torna mais explícita a significação da tabela n.º 7.

Nem sempre, e êste é o nosso caso, a estrutura dos complexos rege as propriedades físicas do solo, porque, quando êste é arenoso, a análise dos complexos fornece a caracterização de uma pequena parte do solo, que é então a argila.

Mas as propriedades químicas intrínsecas do solo, decorrendo, como já dissemos, da parte fina (argila ou incrusta), ficam nitidamente delineadas pela estrutura dos complexos.

Assim, os três grupos de amostras da tabela n.º 7 devem ser considerados quimicamente diferentes entre si, mesmo se tiverem iguais algumas das suas constantes químicas. O tratamento químico que se achar indispensável para um dos solos do grupo, deve ser também aconselhado para o outro, a-pesar-de não ser, às vêzes, evidente tal necessidade.

O índice SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> da tabela n.º 7 nos diz que o P-372 e a T-303 são os peores dos seis solos estudados. O valor 1,3, demasiadamente baixo para a formação Pirambóia, indica que as condições químicas não poderão ser facilmente melhoradas. A percentagem alta de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dêste par de solos indica lateritização avançada (para a formação agrogeológica em questão).

Pelo contrário, as amostras superficiais T-300 e T-301 representam os dois melhores, dos seis solos estudados. O seu índice SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> não é alto, mas já permite uma correção química bastante fácil. A sua inferioridade em nitratos e K e Na trocáveis provém da situação topográfica de encosta de morro. Dá-se aí uma lavagem intensa com transporte dos elementos mais solúveis morro abaixo. Assim também os valores de Ca e Mg das amostras T-300 e T-301 devem ser considerados inferiores

aos inerentes ao tipo de solo. O mesmo acontece com a T-302, mas com menor intensidade, devido a um teor mais elevado de argila, aplicações de estrume (pg. 402) e ausência de desnudamento anual, como na zona das amostras T-300 e 301.

O grupo intermediário, P-371 e T-302, pode ser considerado mais próximo do melhor que do pior dos três, devido à semelhança da percentagem de sílica, mas o seu índice  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ainda é baixo, indicando dificuldades no melhoramento das suas condições químicas.

A percentagem baixa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  do segundo e do terceiro grupos explica a aparência interessante da região respectiva, nos caminhos da qual se nota areia fina e branca que lembra areia de praia. Como veremos mais adiante (pg. 394), os solos estudados receberam uma certa contribuição de arenito eólico Botucatú, vindo, provavelmente, por via eólica das mesas elevadas da vizinha Serra de Itaquaré. Fora dos caminhos a coloração é marron, devido ao teor regular de matéria orgânica (tabela n.º 4), a par de preservação contra a lavagem pelas chuvas.

A côr dos solos do primeiro grupo da tabela n.º 7 já é, com 1,3% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , antes de tudo vermelha.

## B — ANÁLISE FÍSICA

### 1 — Diversas constantes

O exame da tabela n.º 8 mostra que, praticamente, todos os grânulos das terras examinadas consistem em fragmentos minerais, não havendo torrões, pois o teor de areia do solo natural é praticamente igual ao que se obtém depois de sua peptização. Isto é consequência de lavagem forte e baixa percentagem de argila.

Em geral, mais arenoso o solo, menor a diferença entre os teores de areia do solo natural e do solo peptizado. Mas, no caso, esta diferença é demasiadamente pequena, principalmente no subsolo dos perfis e nas amostras superficiais T-302 e T-303.

O *fator de estrutura* é a relação percentual entre a diferença dos dois teores de argila e o teor desta no solo peptizado. Em solos de igual teor de argila do solo peptizado, o fator de estrutura é geralmente mais baixo nos solos menos ácidos e mais húmidos. O confronto entre os dados das tabelas 8 e 4 mostrará que os solos em questão obedecem a essa regra geral.

Os teores de "limo" dos dois perfis e das amostras T-302 e T-303 são altos em relação aos teores de argila. Isto significa que êsse limo

**Tabela n.º 8**  
**ANÁLISE MECÂNICA (6, pg. 24)**

S O L O			g por 100 g de solo (% em pêso)						Índice internacional	Fator de estrutura
Amostra	Horizonte	Profundidade cm	Solo natural			Solo peptizado				
			Areia	Limo	Argila	Areia	Limo	Argila		
P-371	A <sub>1</sub>	50	70,1	27,3	2,6	70,0	23,7	6,3	AB	59
	A <sub>2</sub>	40	59,2	36,9	3,9	58,7	27,4	13,9	AL	72
	A <sub>3</sub>	160	60,0	37,0	3,0	59,7	26,3	14,0	AL	78
P-372	A	80	61,0	35,4	3,6	60,7	30,9	8,4	AL	57
	B	120	58,5	35,3	6,2	58,0	26,3	15,7	AL	60
T-300	A <sub>1</sub>	30	83,7	13,6	2,7	82,2	14,3	3,5	A	23
T-301	„	25	82,7	15,8	1,5	81,7	16,1	2,2	A	32
T-302	A <sub>2</sub>	35	64,5	33,4	2,1	64,5	28,4	7,1	AL	70
T-303	„	30	70,5	27,4	2,1	70,5	23,7	5,8	AB	64

(grânulos de diâmetro superior a 2 microns e inferior a 200 microns) é constituído principalmente de areia fina (grânulos de diâmetro compreendido entre 20 e 200 microns).

As abreviações do *Índice Internacional*, muito usado nos EE. UU., significam: A = Areia (Sand), AB = Areia Barrenta (Loamy Sand) e AL = Areia Limosa (Silty Sand) (6, pg. 26).

Entre as diversas características físicas da tabela n.º 9, a *porosidade* é função dos dois pesos específicos, dos quais o aparente das amostras T foi avaliado. A permeabilidade e a resistência contra a erosão foram calculadas. Os dados restantes foram determinados experimentalmente. Ver a tabela n.º 24.

O *pêso específico aparente* demasiadamente elevado produziu uma porosidade muito baixa, fato êste que constitúe, com a fraca retenção d'água, a causa de todos os agravos de ordem física dos solos em questão. O melhoramento se obtém mediante forte estrumação, aração, calagem, e adubação verde ininterrupta. Esta última impedirá o aumento do perigo de erosão provocado pelas arações. A melhor maneira de combinar tais operações será exposta mais adiante, ao propormos o tratamento do solo.

O *pêso específico real* é nos horizontes A mais baixo, onde há mais matéria orgânica, devido à fraca interferência de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e argila, cujos teores são muito baixos.

Tabela n.º 9

## DIVERSAS CONSTANTES FÍSICAS

S O L O			Pêso específico		Porosidade % volume	Permeabilidade em mm/hora	Ascensão capilar mm	Higroscopicidade % em pêso (Hy)	Relação percentual Hy/Arg. total	Resistência contra a erosão (RE)
Amostra	Horizonte	Profundidade em cm	Aparente	Real						
P-371	A <sub>1</sub>	50	1,40	2,63	47	620	400	2,4	38	14
	A <sub>2</sub>	40	1,47	2,64	44	8	650	3,5	25	23
	A <sub>3</sub>	160	1,53	2,64	42	1,8	830	3,6	26	26
P-372	A	80	1,57	2,62	40	60	510	2,3	27	18
	B	120	1,53	2,62	42	0,1	930	4,5	29	33
T-300	A <sub>1</sub>	30	<b>1,35</b>	2,63	<b>50</b>	<b>10<sup>5</sup></b>	590	1,0	29	<b>5½</b>
T-301	"	25	<b>1,35</b>	2,65	<b>50</b>	<b>10<sup>6</sup></b>	580	0,9	41	<b>5</b>
T-302	A <sub>2</sub>	35	<b>1,35</b>	2,61	<b>48</b>	<b>500</b>	425	2,6	37	<b>15</b>
T-303	"	30	<b>1,45</b>	2,62	<b>45</b>	<b>1700</b>	340	1,9	33	<b>12</b>

Os números que exprimem a *permeabilidade* das amostras T-300 e T-301 são muito grandes, porque a fórmula Vageler

Permeabilidade em mm de chuva por hora =  $1,14 P_o d_o^2$ ,  
em que  $P_o$  = Porosidade — "Moisture Equivalent",

$$d_o = d \cdot \frac{P_o}{P} \quad e$$

$$d = \frac{3,0}{50 \left( \frac{10Hy}{P} \right)^3} = \text{diâmetro dos poros em mm (tabela n.º 24)}$$

que permite calcular com ótima aproximação à realidade quase em todos os casos, fornece valores exagerados nos casos extremos, ou seja nos de permeabilidade excessiva ou quasi nula. Os valores de P-371, P-372, T-302 e T-303 já não são exagerados, pois, quando despejamos sobre tais solos um balde cheio d'água, a infiltração não dura mais do que alguns segundos.

Os valores bastante elevados da *ascensão capilar* (por causa da baixa porosidade) são favoráveis, impedindo drenagem rápida do subsolo e assim a fuga da água gravitativa. Êste fator vem a compensar em parte a baixa retenção d'água destes solos.



**Higroscopicidade** é a propriedade da parte coloidal do solo de reter água. Esta retenção é medida por uma certa força padrão (6, pg. 35). A quantidade d'água Hy pode ser definida como aquela que o solo completamente sêco adsorve até que cesse o desprendimento de calor. Mesmo no horizonte B do P-371 é baixo o valor Hy relatado pela tabela n.º 9. Pode-se assim afirmar que nos meses secos a irrigação é imprescindível para a quase totalidade das culturas que estes solos comportam, graças a razões químicas.

A relação entre a higroscopicidade e o teor em argila do solo peptizado, em g por 100 g de solo, em geral baixa, mostra-nos que se trata de argila do tipo caolinita. Apenas nas amostras T-300 e T-301 essa relação é algo alta para o seu teor baixo de humus. Isto faz crer que a argila destas duas amostras seja, ao menos em parte, diferente. Tal dedução é reforçada pela sua situação em altitude inferior à das outras amostras (diagrama n.º 1), podendo atingir os detritos do arenito Corumbataí, pois se trata de zona limítrofe entre as Séries de São Bento e Passa-Dois do Sistema de Santa Catarina (ver adiante pg. 391).

O fator que influíu na divisão do P-372 no campo em horizontes A e B na profundidade de 80 cm foi a higroscopicidade, a-pesar-de ter sido ela determinada mais tarde no laboratório, pois o pêsso específico aparente e a porosidade, também determinados no laboratório, foram semelhantes.

O aumento do valor Hy no horizonte B emprestou ao solo um aspecto mais compacto, de permeabilidade sensivelmente menor.

A *dispersibilidade (fator de estrutura)* e a higroscopicidade específica das argilas são das suas características físicas principais, mas o conhecimento suficiente da sua natureza só se obtém depois do exame roentgenográfico (pg. 394).

Os valores de *resistência contra a erosão* que figuram na tabela n.º 9 foram obtidos em função de higroscopicidade e porosidade, ainda. Foi para isto aplicada a fórmula Vageler (6, pg. 44). Poder-se-ia usar outras fórmulas, obtendo índices de valores absolutos diferentes, mas guardando, mais ou menos, a mesma relação entre si e indicando perigo de erosão de intensidade semelhante. Além da higroscopicidade e da porosidade, essas fórmulas levam em consideração, implicitamente, o teor de argila do solo e o grau da sua dispersão. São, pois, expressões que indicam a resistência contra a erosão inerente às condições físicas do solo.

Há, entretanto, outros fatores (36) que influem grandemente no fenômeno da erosão, e são independentes das condições físicas do solo

traduzidas pelas fórmulas de resistência contra a erosão. Tais fatores são: a declividade do terreno, a intensidade máxima das chuvas e, no solo, conforme o local, a permeabilidade e a existência ou não de um horizonte densificado. No caso positivo, é importante a espessura desse horizonte e a profundidade à qual se acha.

A *declividade do terreno* indica a intensidade do arrastamento das partículas do solo pela água que não tem tempo para se infiltrar no solo, devido à insuficiente permeabilidade deste. A *intensidade máxima de chuva*, que pode ser tida da ordem de 100 mm/hora, praticamente em todo o Estado, comparada com a permeabilidade, fornece a quantidade de água que correrá pela superfície do solo.

Examinando os valores de permeabilidade da tabela n.º 9, vemos que entre os seis pontos examinados, apenas na zona do P-372 a água não teria tempo para se infiltrar no solo, determinando assim o arrastamento de partículas morro abaixo com prejuízo tanto maior, quanto maior a declividade.

A existência no solo de *horizonte densificado* aumenta o perigo de erosão, por menor que seja a declividade do terreno. As águas que atravessam com certa rapidez a camada fôfa superior, não têm tempo para se infiltrar no horizonte densificado. Temos então diversos casos a considerar, de acôrdo com a declividade e a profundidade à qual se encontra o horizonte densificado.

Primeiro caso: a declividade é zero ou não há drenagem no subsolo, cuja superfície pode formar uma bacia; o terreno fica enriquecido com *água gravitativa*, que será *nociva* na época chuvosa se a profundidade, à qual se encontra o horizonte densificado, for pequena (um palmo, digamos: o terreno fica alagado e faltará ar para as plantas), ou será benéfica, "*disponível*", se a profundidade for bastante grande, como a do P-372 (diagramas 4 e 5).

Segundo caso: declividade diferente de zero; forma-se uma correnteza de água sôbre a superfície do horizonte densificado, com perigo tanto maior quanto menor a sua permeabilidade. O efeito físico deste fenômeno é a formação de vazios, desmoronamentos no interior do solo e rápido adelgaçamento da camada arável, provocado de baixo para cima, formando leitos de enxurradas. O efeito químico é uma lavagem do horizonte superficial e seu empobrecimento rápido. Os prejuízos são tanto maiores, quanto mais fina a camada fôfa que vai desde a superfície do solo até o início do horizonte densificado e quanto maior a *diferença de permeabilidade* dessas duas camadas. É claro que, quanto

maior a declividade, mais intensa é a erosão e mais rapidamente são causados os prejuízos apontados. O contróle da erosão pode ser facilitado pela natureza da própria cultura, a qual pode fechar bem o terreno, como, por exemplo, a cana.

Na zona do P-371, graças à ausência do horizonte densificado e à permeabilidade fácil do solo, o perigo de erosão é reduzido, não obstante ser baixo o índice RE da tabela n.º 9 (comparar com o da tabela n.º 16). É possível, entretanto, que os dois inconvenientes apontados comecem a esboçar-se na encosta do morro, aumentando cada vez mais morro abaixo.

No P-372 existe o horizonte densificado, mas êste inconveniente se acha atenuado pelos 80 cm de profundidade do horizonte superficial e pelo fato de não ser impermeável o horizonte B. Assim, o horizonte A, por ser profundo, não será atravessado em tempo curto, ao passo que o B, principalmente no caso de falta de água (teor inferior ao "Moisture Equivalent"), a absorverá em boa quantidade. Os efeitos da topografia devem ser aqui semelhantes aos do P-371.

O maior perigo de erosão constata-se na região das amostras T-300 e T-301 por ser demasiadamente baixo o índice RE, enorme a permeabilidade e raso o solo. Aí o terraceamento deve ser pouco espaçado e as valas profundas no mínimo meio metro, para que o fundo dos canais esteja bem dentro do horizonte B.

Em grau um pouco menor, existem os mesmos inconvenientes na região das amostras T-302 e T-303.

Por falta de alguns trabalhos preliminares, ainda não podemos fornecer as diretrizes para cada um dos sistemas de defesa contra a erosão de acôrdo com as várias declividades, valores de RE, quantidade de água que corre pela superfície do solo por causa da baixa permeabilidade, profundidade do solo, compacidade do horizonte densificado, etc., não obstante possuírmos quantitativamente e, pode-se dizer, para quase todos os solos do Estado, os valores de tôdas as características físicas do solo que regem o fenômeno da erosão. A intensidade máxima de chuva pode ser considerada sempre igual, por exemplo, a 80 ou a 100 mm/hora, como a expressão do trabalho mais severo a ser suportado pelos diversos sistemas de defesa contra a erosão.

Tais diretrizes serão tabelas teóricas, cuja verificação prática e conseqüente correção, possibilitarão o seu emprêgo para orientar os trabalhos de defesa contra a erosão de acôrdo com os principais sistemas conhecidos.

## 2 — Água disponível e colheita possível

O “*Moisture Equivalent*” da tabela n.º 10 é igual a 4,5 Hy, valor êste multiplicado ainda pelo pêsso específico aparente, para obter assim, por 100 cm<sup>3</sup> de solo, a quantidade d’água retida a-pesar-da ação da gravidade. É, pois, a soma de água inativa com a água osmótica disponível.

A *água inativa*, como o nome indica, é adsorvida pelo solo e não cedida às plantas. Quando em plena estiagem o solo permanecer pouco coberto, a insolação forte pode provocar, com a ajuda do vento, a evaporação de uma pequena parte da água inativa, mas, geralmente, a determinação da percentagem de umidade não pode dar, em 100 cc de solo, menos do que o valor da água inativa.

Tabela n.º 10

### ECONOMIA D’ÁGUA

S O L O				ÁGUA EM cc POR 100 cc DE SOLO					
Altitude m	Amos- tra	Hori- zonte	Profun- didade em cm	Mois- ture EQUIVA- lent	Água Inativa	ÁGUA DISPONÍVEL			Água atual
						Osmó- tica	Gravi- tativa	Total	
580	P-371	A <sub>1</sub>	50	15,3	6,7	8,6	8,7	17,3	24
		A <sub>2</sub>	40	23	10,3	12,6	5,1	17,7	28
		A <sub>3</sub>	160	25	11,0	13,8	3,2	17,0	28
565	P-372	A	80	16,2	7,2	9,0	13,8	22,8	30
		B	120	31	13,8	17,2	0,0	17,2	30
545	T-300	A <sub>1</sub>	30	6,1	2,7	3,4			
550	T-301	„	25	5,5	2,4	3,0			
560	T-302	A <sub>2</sub>	35	15,7	7,0	8,8			
565	T-303	„	30	12,5	5,5	6,9			

**Nota :** — Os números em grifo não são dados puramente experimentais, pois são funções do pêsso específico aparente, o qual foi avaliado.

A *água disponível* do solo pode ser *osmótica*, e, portanto, inerente às propriedades físicas do solo, ou *gravitativa*, que só aparece em consequência de chuvas mais ou menos abundantes. A água osmótica só pode faltar no solo, quando evaporada pela insolação e pelo arejamento ou quando utilizada pelas plantas. A água gravitativa disponível só existe no solo acidentalmente (diagramas 2, 4 e 5) e desaparece por duas razões: eliminada pela drenagem ou absorvida pelas plantas.

A última coluna da tabela n.º 10 fornece o teor de água "atual", que é a água encontrada no solo no momento da tomada do perfil. Com exceção do subsolo do P-372, a água atual foi sempre maior do que o "Moisture Equivalent". A diferença entre os dois valores é a água gravitativa. Os diagramas 2 e 4 traduzem grãficamente a quantidade dessa água encontrada e também fornecem o seu teor em qualquer ponto do perfil até 150 cm de profundidade.

Descontando da água atual a água inativa, obtemos o valor da água disponível total que o solo continha no momento da tomada das amostras. Como já dissemos à pg. 362, era uma época de chuvas intensas. Daí a quantidade relativamente grande de água gravitativa, cousa que não acontece em cêrca de 10 meses do ano, pois os solos do tipo em questão (36, pg. 105) permanecem a maior parte do ano com a água atual menor do que o "Moisture Equivalent". Isto se explica pela evaporação intensa e pelo consumo da água osmótica pelas plantas, a par da drenagem rápida das águas pluviais, favorecida pela permeabilidade excessiva do solo.

As constantes físicas principais dos solos em aprêço podem ser comparadas com as características físicas gerais dos principais tipos de solos do Estado, que figuram na tabela n.º 16.

O estudo completo de um perfil exige a construção de três diagramas físicos, dos quais, um natural, que apresenta as condições físicas do solo determinadas pelas suas propriedades intrínsecas, e dois diagramas extremos, que representem as condições do máximo e do mínimo de água que pode ser encontrada no perfil (pg. 417). Os diagramas físicos das peores condições de água dos dois perfis em aprêço trariam curvas semelhantes às da água gravitativa disponível, mas desenhadas dentro dos retângulos AOD, significando que uma certa parte da água osmótica, disponível teòricamente, se torna na realidade disponível apenas acidentalmente, ou seja, se chover ou se o solo for irrigado.

Nos diagramas volumétricos físicos, 1 cm tomado nas ordenadas, estendido à largura do diagrama, dá uma superfície igual a 1 cm<sup>2</sup> do papel (10 cm x 1 mm) e corresponde a 100 cc de solo. A escala sendo 1 por 1 milhão, os 100 cc d'água do diagrama representam 100 m<sup>3</sup> d'água no campo. Esta água, estendida sôbre uma superfície de 1 hectare, formaria um lençol d'água de 10 mm de altura. Portanto, uma precipitação atmosférica de 10 mm, penetrando totalmente no perfil, ocupa sôbre o diagrama a superfície de 1 cm<sup>2</sup>, como está indicado nos diagramas ns. 2, 3, 4 e 5. (\*)

(\*) Não comportando o formato desta revista a apresentação dos diagramas em sua verdadeira grandeza, mas algo reduzidos, fazemos figurar, junto à sua escala, um quadrado de 1 cm de lado.

## Diagrama n.º 2

DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO "ATUAL"  
do PERFIL N.º 371

ALTITUDE: 580 m

ZONA GEOLÓGICA: Série de S. Bento

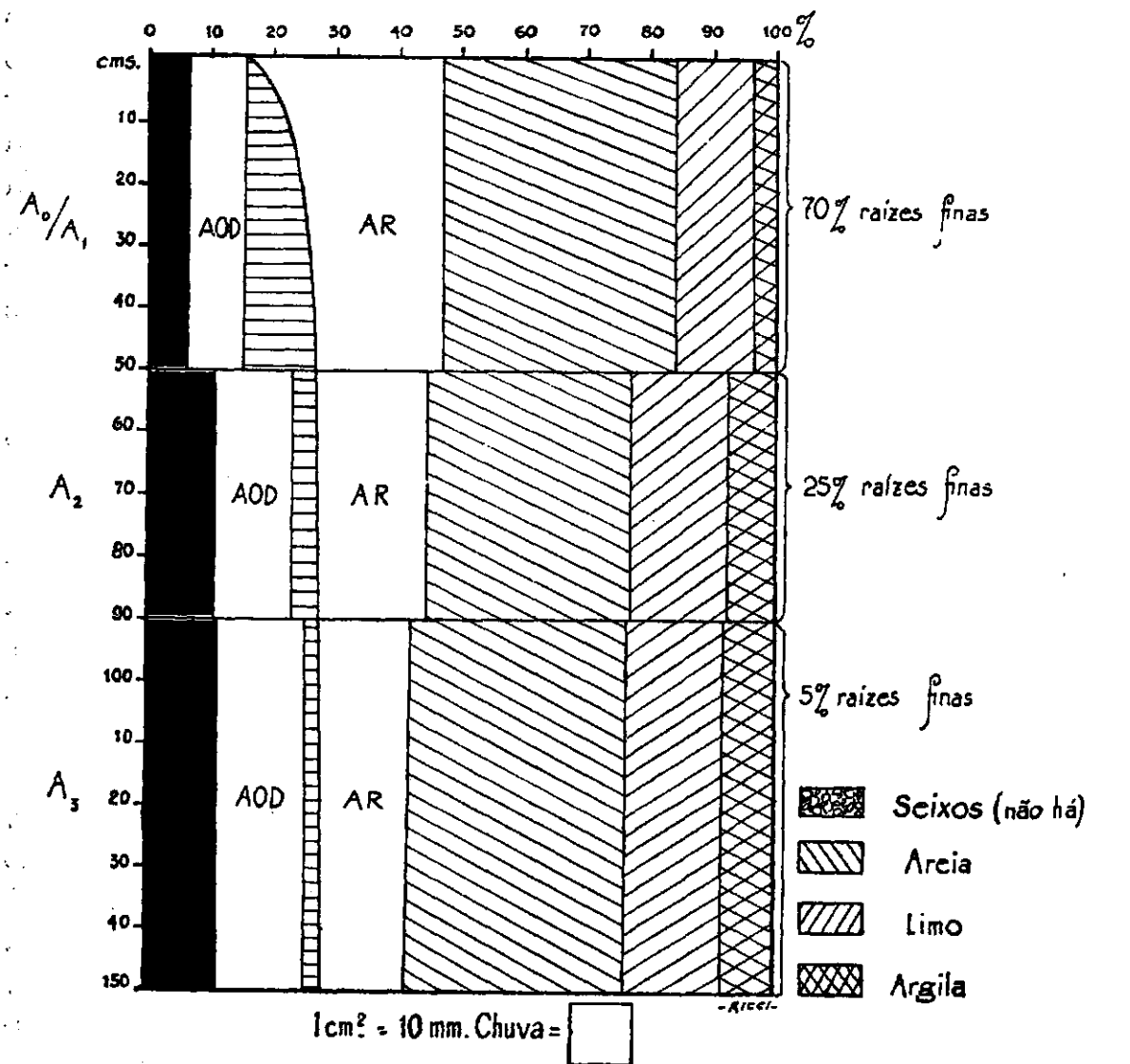
FORMAÇÃO AGRO-GEOLÓGICA: Piramboia

ROCHA-MÁTER: Arenitos flúvio-lacustres triássicos

VEGETAÇÃO: Culturas de ciclo curto

Permeab. mm/hora:  $\frac{A_0}{A_1}$   $\frac{A_2}{8}$   $\frac{A_3}{2}$   
620

TIPO DO SOLO: Elúvio. Feralsilito - Sialito



Água inativa

ASV Água sem valor

AOD Água osmótica disponível

Água acidentalmente nociva (não há)

Água acidentalmente disponível

Colheita máxima fisicamente possível 75%

### Diagrama n.º 3

#### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO "NATURAL" do PERFIL N.º 371

ALTITUDE: 580 m

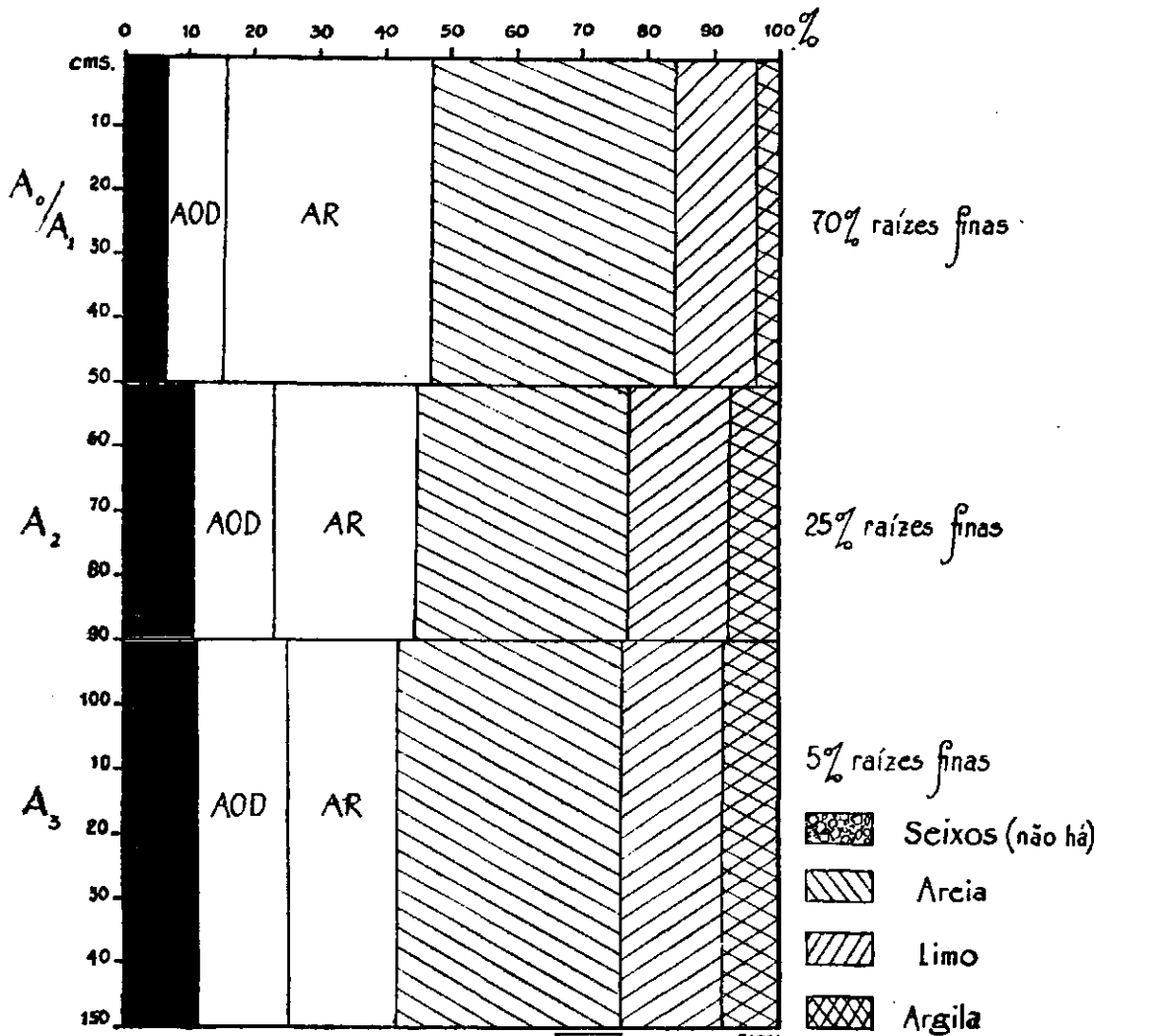
ZONA GEOLÓGICA: Série de S. Bento    FORMAÇÃO AGRO-GEOLÓGICA: Piramboia

ROCHA-MÁTER: Arenitos flúvio-lacustres triássicos

VEGETAÇÃO: Culturas de ciclo curto

Permeab. mm/hora:  $\frac{A_0}{A_1}$   $\frac{A_2}{A_3}$   
620      8      2

TIPO DO SOLO: Elúvio. feralsilito-Sialito



- Água inativa
- ASV Água sem valor
- AOD Água osmótica disponível
- Água acidentalmente nociva (não há)
- Água acidentalmente disponível
- Colheita máxima fisicamente possível 63%

### Diagrama n.º 4

#### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO "ATUAL" do PERFIL N.º 372

ALTITUDE: 565 m

ZONA GEOLÓGICA: Série de S. Bento

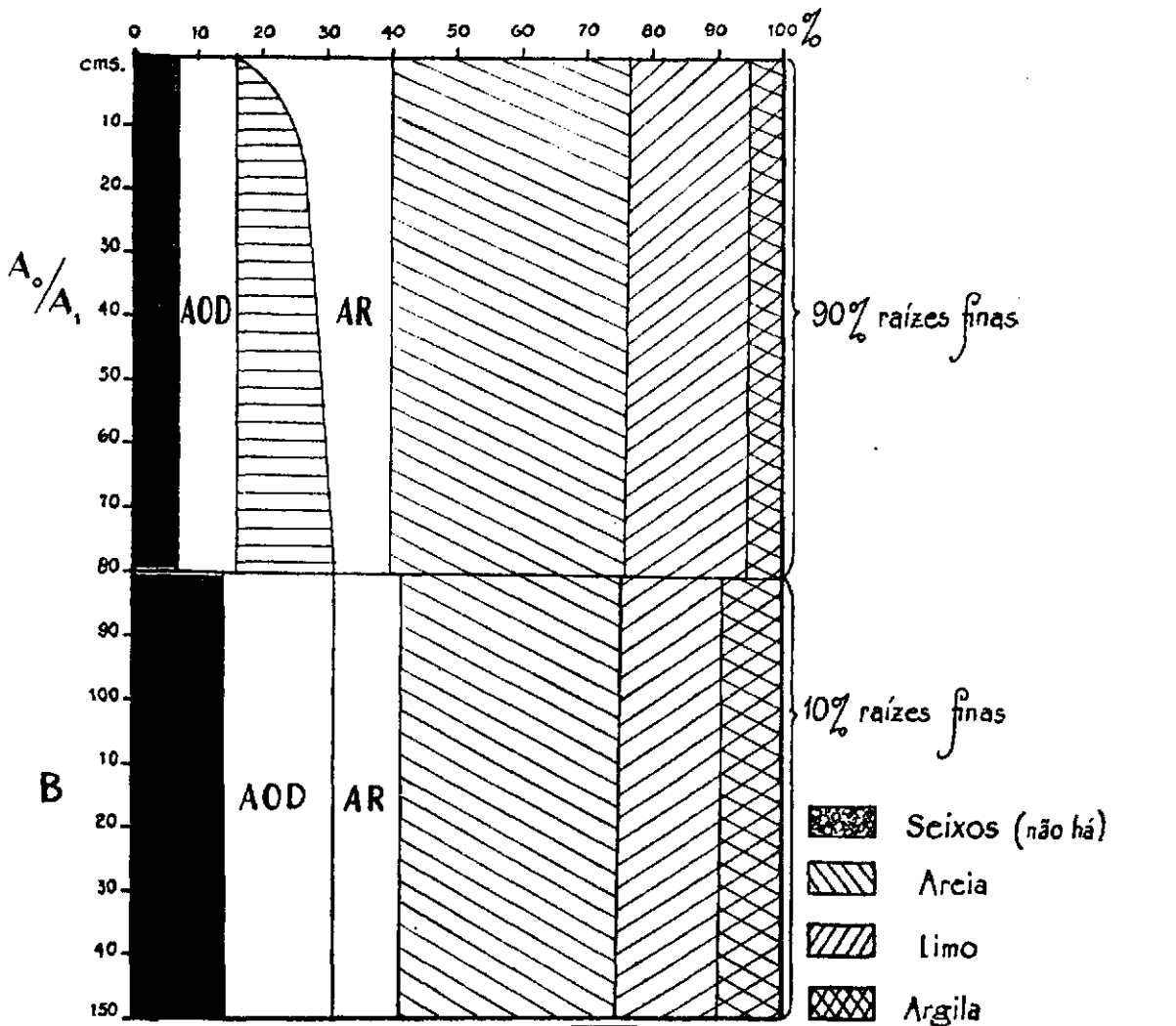
FORMAÇÃO AGRO-GEOLÓGICA: Piramboia

ROCHA-MÁTER: Arenitos flúvio lacustres triássicos

Permeab. mm/hora:  $A_0/A_1$  B  
60 0,1

VEGETAÇÃO: Culturas de ciclo curto

TIPO DO SOLO: Elúvio. Sialito



- Água inativa
  - Água osmótica disponível
  - Água acidentalmente disponível
  - Água sem valor
  - Água acidentalmente nociva (não há)
- Colheita máxima fisicamente possível 80%



## Diagrama n.º 5

### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO FÍSICO "NATURAL" do PERFIL N.º 372

ALTITUDE: 565 m

ZONA GEOLÓGICA: Série de S. Bento

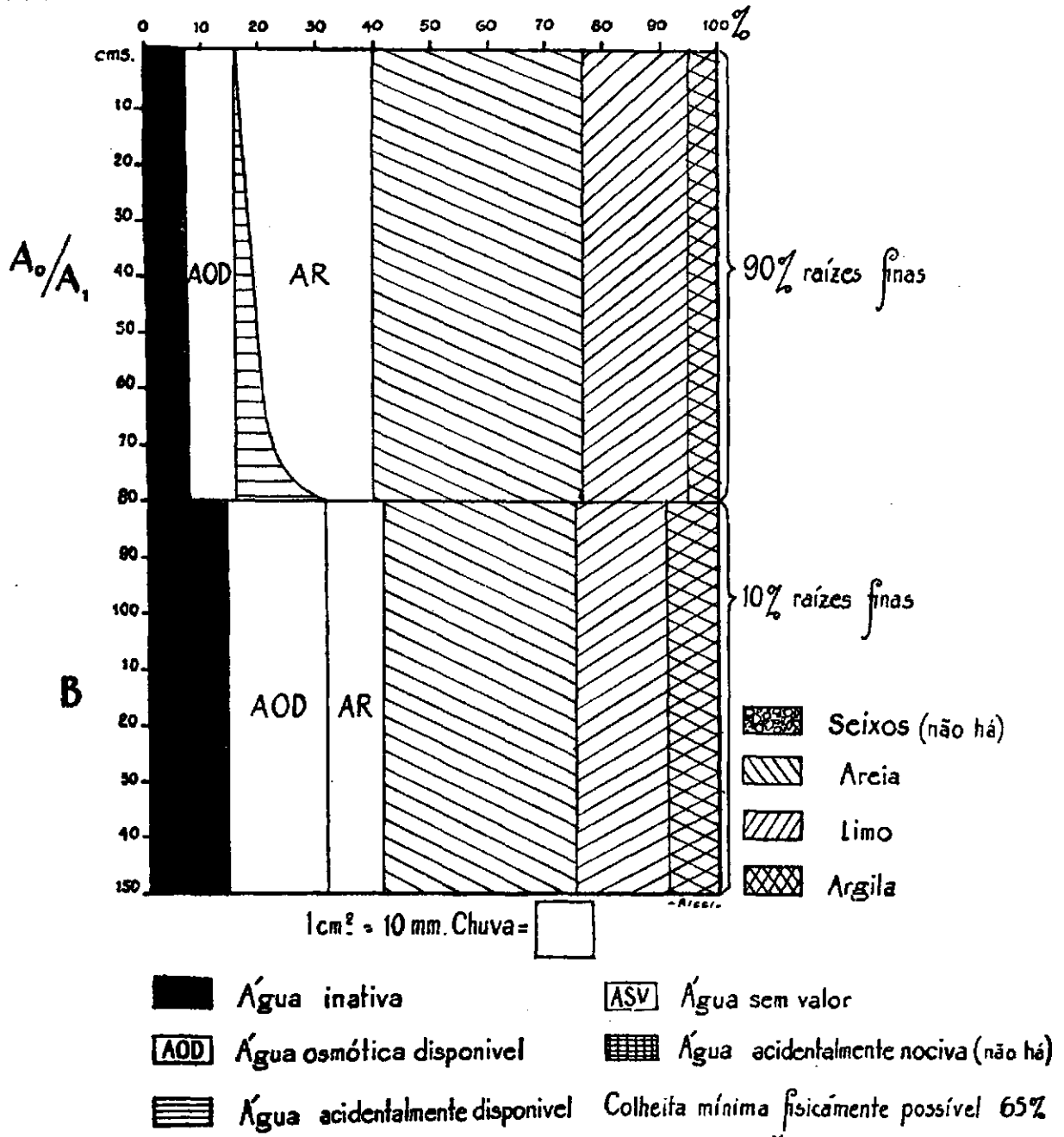
FORMAÇÃO AGRO-GEOLÓGICA: Piramboia

ROCHA-MÁTER: Arenitos flúvio-lacustres triássicos

Permeab. mm/hora:  $A_0/A_1$  B  
50 0,1

VEGETAÇÃO: Culturas de ciclo curto

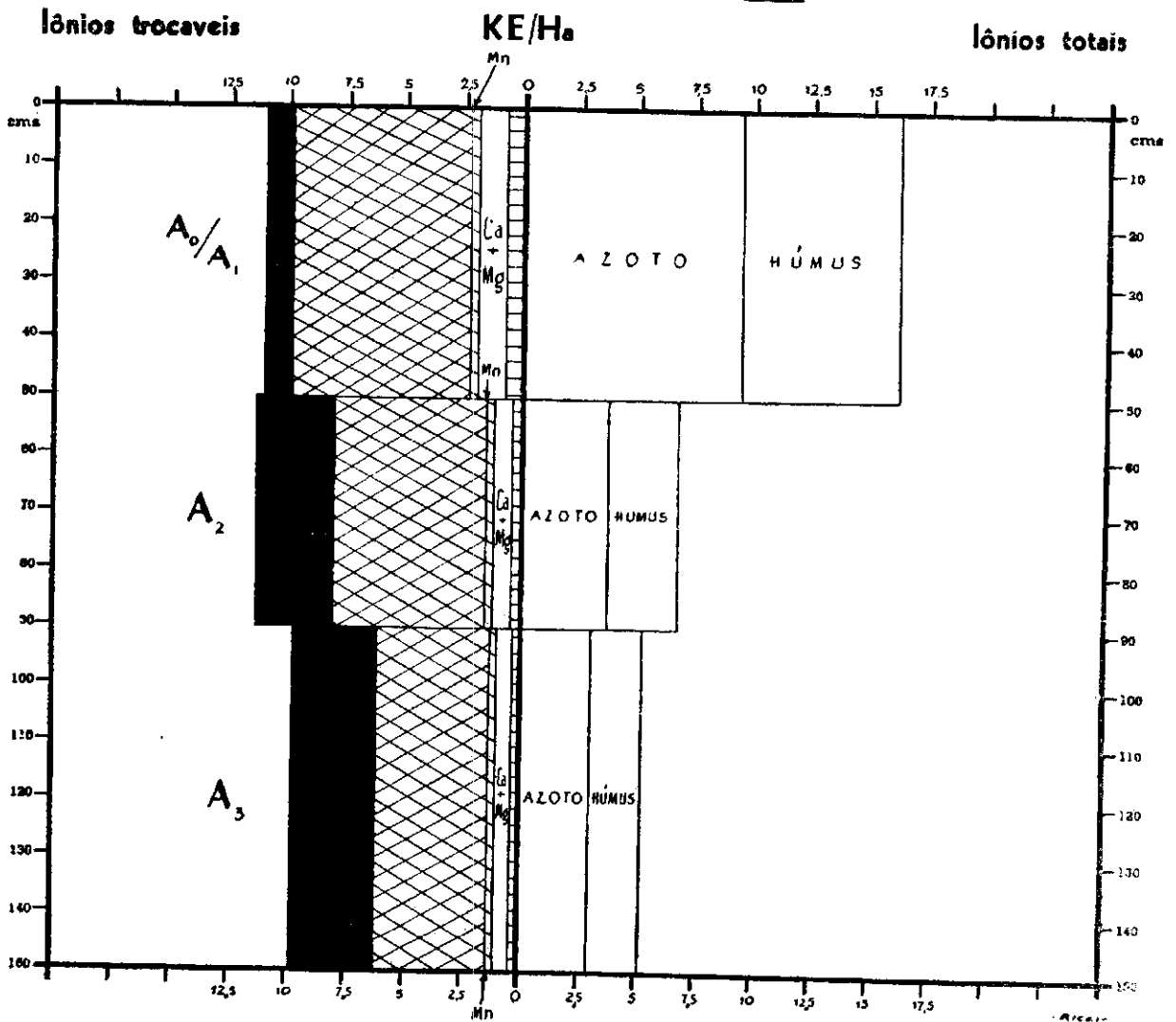
TIPO DO SOLO: Elúvio. Sialito



### Diagrama n.º 6

#### DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO do PERFIL N.º 371

Escala : 1 cm<sup>2</sup> - 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
- K+Na
- Mn
- H (acidez inócua)
- Al (acidez nociva)

Trocáveis

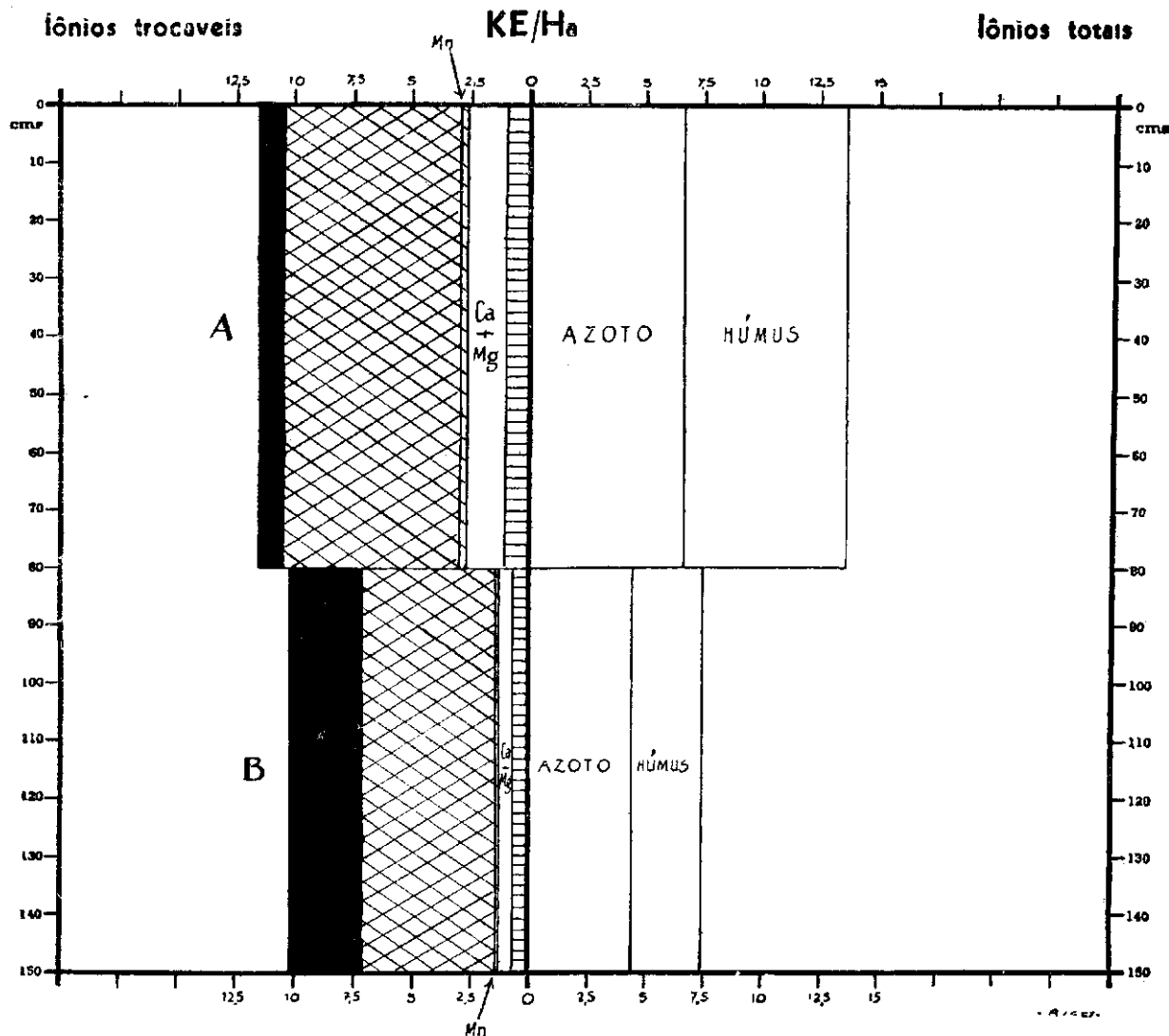
pH	internacional	A	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
	último (sol. KCl 2n)	5,07	4,73	4,44
		4,83	4,44	4,18

Relação K trocável ÷ K total =  $\left\{ \begin{matrix} 35 \\ 21 \\ 27 \end{matrix} \right\} \%$

# Diagrama n.º 7

## DIAGRAMA VOLUMÉTRICO QUÍMICO do PERFIL N.º 372

Escala : 1 cm<sup>2</sup> - 25 KE/Ha =



- PO<sub>4</sub>
  - K + Na
  - Mn
  - H (acidez inócua)
  - Al (acidez nociva)
- } Trocáveis

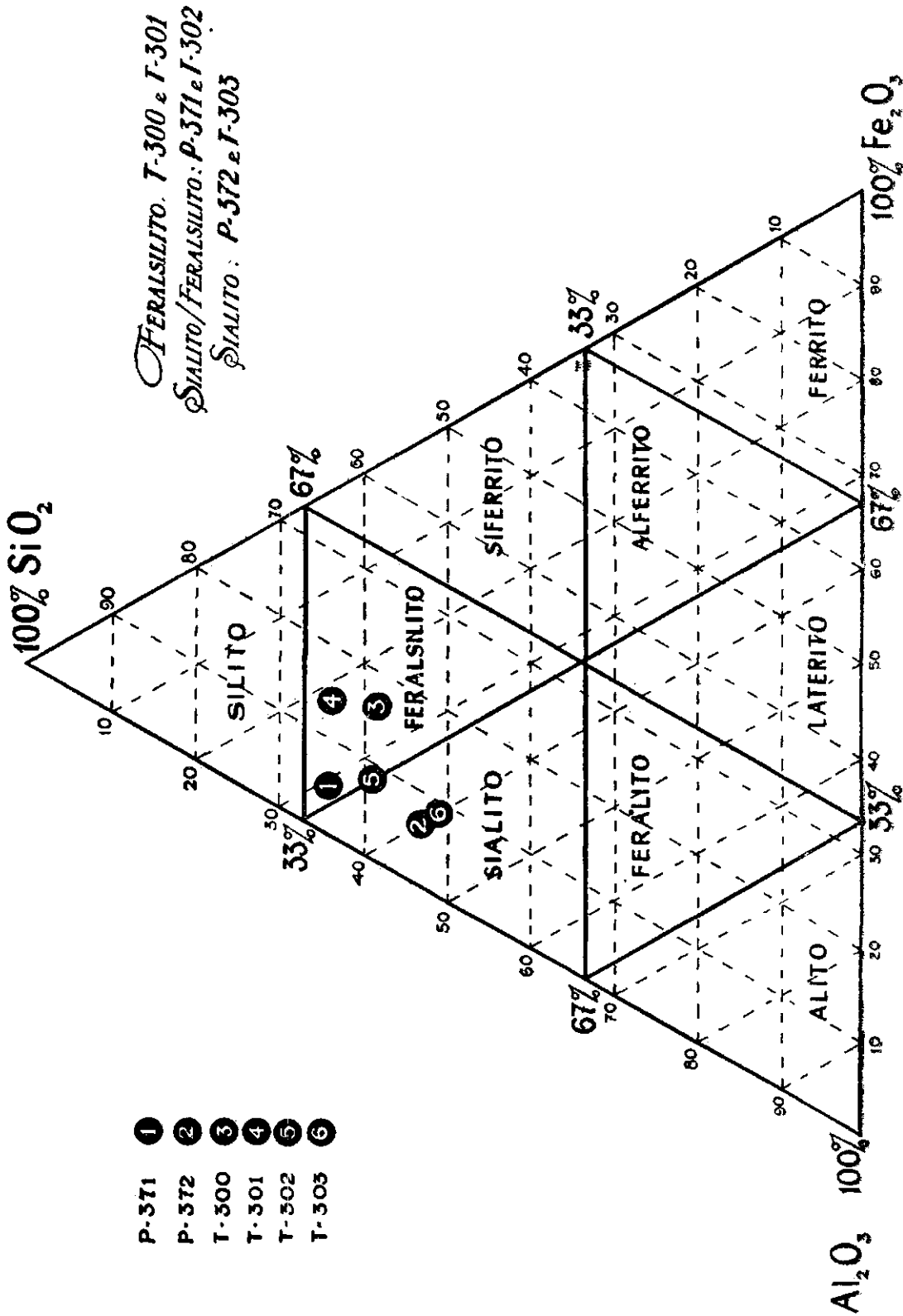
pH { internacional  
último (sol. KCl Zn)

A	B
5,09	4,82
4,91	4,54

Relação K trocável ÷ K total =  $\frac{29}{11} \%$

# CLASSIFICAÇÃO GERAL dos SOLOS segundo a ESTRUTURA dos COMPLEXOS

Diagrama n.º 8



Esta representação engenhosa, devida, assim como o diagrama químico, ao prof. Paul Vageler, permite, apenas com o uso duma régua milimetrada, fazer todos os cálculos físicos e químicos imediatos do solo. Um simples golpe de vista sobre os diagramas nos dá uma idéia realista das virtudes ou dos defeitos do solo. A exatidão obtida com uma régua milimetrada é suficiente para qualquer cálculo, tendo-se em vista a grande cópia de fatores biológicos diversos que, devido à sua interação, tornam precária qualquer previsão exata.

Multiplicando os teores de água disponível de cada horizonte pela sua espessura em cm e dividindo por 10 para transformar em mm de chuva, obtemos os dados da tabela n.º 11. Assim, por exemplo, teremos no P-371, até 150 cm de profundidade :

Horizonte $A_1$ :	$8,6 \times 50 \times 0,1 =$	43	mm	de	chuva	de	água	osmótica	;
„ $A_2$ :	$12,6 \times 40 \times 0,1 =$	50	„	„	„	„	„	„	„
„ $A_3$ :	$13,8 \times 60 \times 0,1 =$	83	„	„	„	„	„	„	„
		176	„	„	„	„	„	„	„
„ $A_1$ :	$8,7 \times 50 \times 0,1 =$	43	„	„	„	„	„	gravitativa	
„ $A_2$ :	$5,1 \times 40 \times 0,1 =$	20	„	„	„	„	„	„	
„ $A_3$ :	$3,2 \times 60 \times 0,1 =$	19	„	„	„	„	„	„	
		82	„	„	„	„	„	„	„

Porisso a água osmótica disponível total do perfil será 176 mm e a água gravitativa total será 82 mm de chuva, até  $1\frac{1}{2}$  m de profundidade. Os diagramas 2 e 3 mostram que no horizonte  $A_3$  só foram encontrados 50% da totalidade das raízes existentes no perfil, mas isto não indica que este horizonte seja dificilmente explorável, pois essas raízes pertenciam a culturas de ciclo curto, enquanto estamos presentemente calculando as possibilidades deste solo para uma cultura perene, cujas raízes podem explorar o solo até 2 e mesmo 4 metros de profundidade. Apesar de termos examinado o P-371 até a profundidade de  $2\frac{1}{2}$  m, consideramos apenas  $1\frac{1}{2}$  m para podermos usar a curva de Sekera (44, diagr. 2) de uma forma standardizada.

A curva de Sekera (44), baseando-se no poder do solo de reter água e no volume que as plantas podem explorar, fornece o montante provável das colheitas em percentagem da colheita máxima, supondo riqueza química mais do que suficiente ou adubação adequada.

Tabela n.º 11

## FORNECIMENTO D'ÁGUA PELO SOLO E COLHEITA ASSIM POSSIBILITADA

Perfil	Profundidade efetiva cm	EM mm DE CHUVA				Colheita fisicamente possível	
		Água disponível		Capacidade estática		atual	natural
		Osmótica	Gravitativa	atual	natural		
371	150	176	82	258	176	75%	63%
372	150	192	110	302	192	80%	65%

Para mostrar os valores achados por Sekera (44), damos abaixo alguns pontos da sua curva, que dá a percentagem da colheita provável em relação à colheita máxima :

Tabela n.º 12

Capacidade estática do perfil em mm de chuva	Colheita fisicamente possibilitada
25	16%
50	27%
75	36%
100	44%
125	51%
150	57%
175	62%
200	67%
300	80%
400	90%

A tabela n.º 16 mostra quais são os valores mais prováveis para os tipos de solos principais do Estado, relatando ainda se êles resultam mais do poder de retenção d'água ou de uma boa profundidade de solo, típica para cada espécie de solo mencionada.

Vemos assim que os P-371 e P-372 representam solos fisicamente bons, pois a sua fraca retenção d'água ("terra sêca", como dizem os lavradores) é largamente compensada pela profundidade grande que oferecem às raízes das plantas, permitindo-lhes explorar grandes volumes de solo.

Mas essas boas qualidades físicas só podem ser aproveitadas no caso dum suprimento d'água, cousa que não acontece na realidade. A evaporação e a permeabilidade são muito grandes. As plantas atravessam uma boa parte do ano, como veremos adiante (pg. 405), em condições meteorológicas severas, em que o sol e o vento roubam mais água do que as chuvas fornecem.

## C — GEOLOGIA E MINERALOGIA

O mapa geológico do Estado (46) mostra que as terras em questão se acham numa zona limítrofe de duas formações geológicas: Corumbataí (permo-triássica) e Pirambóia (triássica).

A primeira destas formações é de fácies marinho e as suas rochas, arenitos e folhelhos, contêm calcáreos mais ou menos silicificados. Os solos da formação Corumbataí, conforme o grau de silicificação das suas rochas-máter, podem ser desde muito pobres (silicificação completa do calcáreo) até muito ricos (silicificação pouco adiantada), sem que esta sua riqueza química transpareça pela sua coloração ou pelo tamanho de suas partículas.

Tal é o aspecto agrícola dos solos menos argilosos, claros, provenientes dos arenitos.

Os solos provenientes de folhelhos Corumbataí são argilosos, bem vermelhos, atingindo, às vêzes, uma coloração marron escura, mas a sua riqueza química pela mesma razão acima exposta pode variar enormemente, sem que a côr ou a composição granulométrica indiquem cousa alguma.

Basta, porém, determinar o teor de Ca e Mg trocáveis e o pH, para que tudo se esclareça e possamos mesmo prever uma boa quantidade de outras características químicas. Anàlogamente, uma determinação da composição granulométrica (análise mecânica) e da porosidade nos descortinaria o aspecto físico de tais solos.

A formação Pirambóia, de fácies flúvio-lacustre, consiste quasi exclusivamente em arenitos pouco argilosos. São camadas horizontais, freqüentemente muito finas (até 1 mm de espessura), principalmente vermelhas e brancas, contendo grãos de areia, cujo tamanho pode variar nitidamente mesmo entre duas camadas vizinhas muito delgadas.

Os solos desta formação geológica são arenosos, de um vermelho mais ou menos claro, podendo adquirir a coloração cinzenta, quando mal drenados, devido à ação redutora das águas estagnadas sôbre o sesquióxido de ferro.

Os solos gerados pelo arenito eólico Botucatú, rocha triássica pertencente à formação imediatamente posterior à Pirambóia, distinguem-se dos desta última pela uniformidade de sua granulação e por serem bem arredondadas (roladas) as suas partículas arenosas.

Quanto às qualidades agrícolas dêesses dois tipos de solos, o de arenito Botucatú é o peor solo do Estado, enquanto o da formação Pirambóia não é tão pobre e sêco e, quando contém bastante argila (uns 15 ou 20%, no caso), pode ser considerado bastante bom.

\* \* \*

Um rápido reconhecimento geológico pela região estudada (diagrama n.º 1) revelou a existência de duas espécies de rochas autóctonas, representadas pelas amostras R-590 e R-591, pertencentes precisamente às duas formações limítrofes, Pirambóia e Corumbataí.

A amostra R-590, colhida numa encosta de morro a 550 m de altitude, é um arenito Pirambóia típico.

A amostra R-591 provém de um afloramento de arenito Corumbataí (46, pg. 51) encontrado no leito dum córrego perto dum pontilhão da E. F. Sorocabana a uma altitude de 520 m. A quantidade de  $\text{CaCO}_3$  dêeste arenito é suficiente para produzir uma efervescência nítida com ácido clorídrico fraco e a frio. Em outros córregos da região foi notado arenito semelhante até uma altitude de 530 ou 535 m.

A primeira coluna da tabela n.º 10, na qual figuram as altitudes das amostras de solo estudadas, mostra que tôdas elas devem pertencer à formação Pirambóia. O ataque dos solos com ácido não revelou ao microscópio presença de calcáreo. As tabelas 1 a 3, que evidenciam um teor em Ca e Mg demasiadamente baixo para um solo de rocha-máter calcárea, e a tabela n.º 4, cujos valores de pH não ultrapassam 5,8, são provas suficientes da veracidade da suposição.

A-pesar-da relativa abundância de publicações sôbre a geologia da zona Xarqueada-São Pedro, devido às pesquisas de petróleo que aí foram feitas, só uma referência pudemos encontrar sôbre a região estudada (29). Trata-se de um corte geológico que passa a algumas centenas de metros ao Sul do mapa do diagrama n.º 1. Sem se basear em perfurações, que na fazenda Tungal não foram feitas, indica êsse corte que a Série Passa-Dois, da qual os arenitos Corumbataí fazem parte, não deve ultrapassar a altitude de 550 m.

A análise mineralógica das amostras de solo, no caso presente, além de confirmar os resultados das considerações geológicas, fornece alguns detalhes interessantes.



ANÁLISE MINERALÓGICA (em percentagem de grânulos)

AMOSTRA DE SOLO	PERFIL 371						PERFIL 372				T-300		T-301		T-302		T-303	
	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>		A		B		AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF
AG = Areia grossa (2 a 0,2 mm) AF = Areia fina (0,2 a 0,02 mm)	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF	AG	AF
Quarzo hialino eólico (grãos rolados) e fluvial (grãos angulosos) .....	99	99	99	99	99	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Quarzo hialino eólico (grãos rolados) e fluvial impregnado por óxidos de ferro	—	—	—	—	—	—	99	—	100	—	95	—	99	—	97	—	99	—
Quarzo hialino pouco rolado, em parte impregnado por óxidos de ferro .....	—	—	—	—	—	—	99	—	99	—	97	—	98	—	96	—	98	—
Ilmenita, magnetita, turmalina, oligisto e hornblenda verde (fragmentos rolados)	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magnetita, ilmenita e turmalina (fragmentos rolados) .....	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Óxidos de ferro (rolados e angulosos) ...	1/2	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Óxidos de ferro de vários graus de hidratação em grãos pouco rolados .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Óxidos de ferro pretos e turmalina (fragmentos em parte rolados) .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—	—	—	2
Folhinhas de micas .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Restos orgânicos não humificados .....	1/2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	3	—	4	—	—
Restos orgânicos carbonizados .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—

Ela é feita (7) sôbre o material limpo, proveniente da análise mecânica com peptização (tabela n.º 8), a qual consiste em fervura prolongada do solo com uma solução fraca de carbonato de amônio (6, pg. 13-14) que, no caso dos solos em questão, remove tôda a argila da superfície dos grãos maiores do que 0,002 mm.

Como é geral em solos provenientes de arenitos e argilitos, não foram encontrados seixos em amostra de solo alguma, para que se pudesse fazer um estudo petrográfico especial.

A tabela n.º 13 indica que ambos os perfis e as quatro amostras superficiais representam material idêntico. São detritos de arenitos Pirambóia (grãos pouco rolados e angulosos), de transporte fluvial, misturados com grânulos de quarzo rolados, provenientes de arenitos Botucatú, trazidos, provavelmente, em épocas recentes, das mesas elevadas (ultrapassando 900 m de altitude) da Serra de Itaquerí, que cerca a região a Oeste (distanto 10 km) e ao Norte a uma distância de 5 a 6 km. Nas encostas dessa Serra afloram lençóis de eruptivas básicas, cujos detritos contribuíram com grânulos fragmentados de ilmenita e magnetita.

Os óxidos de ferro hidratados são elementos secundários, formados por águas de infiltração. Os outros elementos nada de importante significam. Os restos orgânicos carbonizados devem datar de alguns anos. Atestam as queimadas praticadas pelo homem no fim das estações sêcas, quando a evaporação atinge até a água inativa e as raízes. Estas, ressequidas, podem, após as queimadas, continuar a arder até grandes profundidades (2 ou 3 m em terra muito arenosa).

Apenas três roentgenogramas (figs. 1 a 3) foram tomados, porque êste método de análise é muito dispendioso. O estudo sistemático dos solos do Estado, para o seu levantamento agro-geológico, baseando-se nas análises de grande número de amostras, deve ser feito dentro de normas de economia.

Os roentgenogramas se obtém (13) fazendo passar os raios X através de um tubo capilar de vidro cheio de argila, interceptando por meio de um anteparo de chumbo os raios que atravessam o material e recolhendo apenas os raios X refletidos pela rede cristalina da argila. Estes raios refletidos impressionam uma chapa fotográfica sôbre a qual aparecem círculos concêntricos, cujo número, distância do centro da chapa e intensidade, fornecem qualitativa e mesmo até certo ponto quantitativamente o material de que é composta a "argila" do solo. Sendo muito poucos os raios refletidos, uma exposição dura duas horas, elevando assim extraordinariamente o custo de uma radiografia.

## Roentgenogramas de argilas do solo

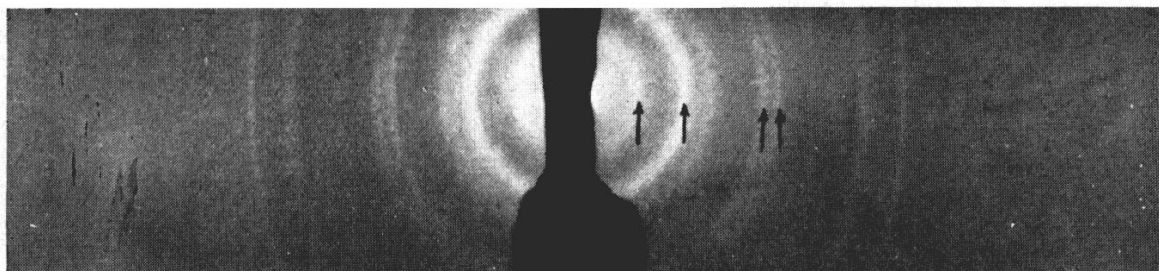


Fig. 1 - Perfil 371, horizonte A<sub>3</sub>, profundidade de 0,9 a 2,5 m. 90% ou mais de caolinita, pouca argila bentonítica e pouquíssima hidrargilita. As setas mostram as raías da caolinita.

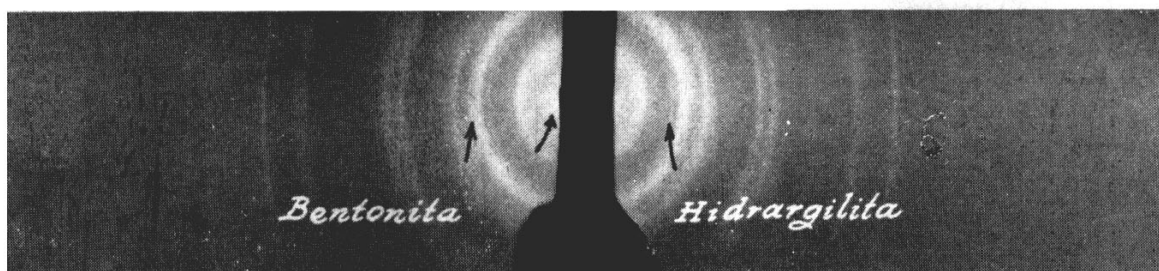


Fig. 2 - Perfil 372, horizonte B, profundidade de 0,8 a 2,0 m. 90% ou mais de caolinita, pouca hidrargilita, ainda menor quantidade de argila de tipo bentonítico e muito pouco quarzo finíssimo.

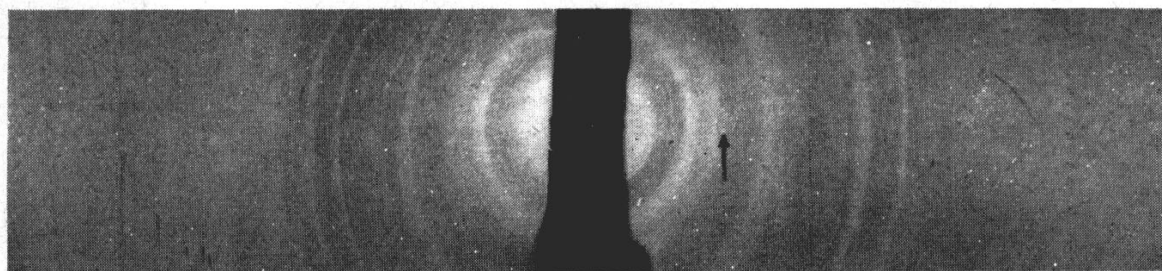


Fig. 3 - Amostra superficial (0 a 30 cm) T-300. 90% de caolinita, pouco quarzo finíssimo (indicado pela seta) e pouquíssima argila de tipo bentonítico

Os três roentgenogramas preparados são os dos horizontes inferiores dos dois perfis e da amostra T-300, ficando assim representados os três grupos de solos da tabela n.º 7.

Foram radiografadas as argilas das camadas mais profundas dos perfis, para que o estudo fôsse mais relacionado com as propriedades genéticas dos solos, e menos influenciado pelos fatores superficiais, relativamente temporários.

A tabela n.º 14 e as legendas das figuras mencionam a natureza das argilas dos três solos.

**Tabela n.º 14**

Amostra de solo	Profundidade cm	LEITURA DO ROENTGENOGRAMA	Figura
P-371-A <sub>3</sub>	90 a 250	90% ou mais de Caolinita + argila de tipo bentonítico (pouca) + hidrargilita (pouquíssima)	n.º 1
P-372-B	80 a 200	90% ou mais de Caolinita + hidrargilita (pouca) + argila de tipo bentonítico (menos ainda) + quartzo finíssimo (muito pouco)	n.º 2
T-300	0 a 30	90% de Caolinita + quartzo finíssimo (pouco) + argila de tipo bentonítico (pouquíssima)	n.º 3

Como já previmos pelo exame da relação Hy/Arg. total (tabela n.º 9 e pg. 377) a argila dos solos examinados é praticamente caolinita (**13**, fig. 7) na sua totalidade. Isto é característico dos arenitos da Série de São Bento. A hidrargilita (**13**, fig. 8), presente em pequenas quantidades, provém, provavelmente, das terras roxas misturadas que se encontram nas encostas da Serra de Itaquerí.

A bentonita (**13**, fig. 7) provém geralmente de depósitos de cinzas vulcânicas em águas salgadas. Poucas vezes, relativamente, encontramos argilas de tipo bentonítico nos solos do Estado; e quase sempre nos solos de arenito cinerítico de Baurú (Baurú Superior) e nos provenientes de folhelho betuminoso terciário que serve de embasamento para a várzea do Paraíba.

Isto, entre outros argumentos, puramente geológicos, deu ao prof. Vageler a idéia de que o arenito cinerítico da formação Baurú fôsse terciário e, ao lado do folhelho do vale do Paraíba, contemporâneo ao diastrofismo terciário da região dos Andes, que causou chuvas intensas de cinzas vulcânicas, cuja queda nas águas salobras podia formar argilas bentoníticas.

Achamos que tanto o quarzo fino como a argila de tipo bentonítico dos solos em aprêço provenham da formação Corumbataí, de fácies marinho. Não é indispensável que uma bentonita seja consequência de alteração de cinzas vulcânicas: a decomposição do material originário, por exemplo, dos anfibolitos paleozóicos pode, em certas condições e num fácies marinho, produzir preciosas argilas bentoníticas de grande capacidade sortiva.

O que nos interessa aquí, em primeiro lugar, entretanto, é a significação edafológica da argila bentonítica: retenção d'água e de adubos, dificultando a lavagem dêstes pelas chuvas e regularizando a nutrição das plantas, de modo que a provisão de elementos nutritivos se torna mais durável, e mais uniforme o seu fornecimento pelo solo às plantas.

A-pesar-de conter uma quantidade muito reduzida de argila bentonítica e de hidrargilita, os solos examinados têm, entretanto, até certo ponto, a virtude de tornar eficiente a adubação química e orgânica.

A quantidade de argila bentonítica na amostra T-300 é menor do que nos dois perfis, a-pesar-da altitude mais baixa e maior proximidade à formação Corumbataí, porque a amostra representa solo superficial de encosta de morro, submetido à erosão (8, pg. 8).

#### D --- COMPARAÇÃO COM OS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO

Qual a diferença entre os solos aquí estudados e os tipos mais conhecidos de solos do Estado?

As tabelas 16 e 17 fornecem algumas das principais características de seis tipos de solos mais conhecidos do Estado (36). A tabela n.º 15 indica a intensidade de distribuição entre nós dêstes tipos de solos. Dentro dos 250 mil Km<sup>2</sup> da superfície do Estado de São Paulo, podemos assim avaliar "grosso modo" a percentagem ocupada pelos solos mencionados nas tabelas 16 e 17, que se encontram adiante.

Tabela n.º 15

TIPO DE SOLO	MILHARES DE Km <sup>2</sup>	PERCENTAGEM
Salmourão .....	40	16
Massapé .....	15	6
Arenito eólico Botucatu .....	12	5
Terras roxas misturadas .....	45	18
Terra roxa legítima .....	5	2
Arenito Baurú inferior .....	45	18
Arenito Baurú superior .....	25	10
Totais .....	187	75%
Outros tipos de solos .....	63	25%

## ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SEIS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

TIPO DE SOLO (Horizonte A)	ROCHA-MATER		ANÁLISE MECÂNICA com peptização			PÊSO ESPECÍFICO		POROSIDADE (% de volume)	PERMEABILIDADE em mm de chuva por hora	ÁGUA % de volume		Índice de RESISTÊNCIA CONTRA A EROÇÃO	PROFUNDIDADE (cm) bem explorada pelas raízes	COLHEITA FÍSICAMENTE POSSÍVEL em % da colheita máxima	PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA mm por ano
	Idade	Natureza	maiores que 200 microns	entre 200 e 2 microns	menores que 2 microns	APARENTE	REAL			INATIVA (adsorvida pelo solo)	OSMÓTICA DISPONÍVEL (às plantas em geral)				
Salmourão	Pre-Devoniana	Granitos e Gneiss ácidos, Xistos cristalinus pouco micáceos	50	30	20	1,20	2,63	54	10	18	22	30	40	40	1600
			Idem biotíticos ou c/ anfibólios, Xistos cristalinus micáceos	30	40	30	1,10	2,70	60	0,2	22	27	40	35	
Massapé		Arenito edílico Botucatu	85	10	5	1,35	2,65	49	10 <sup>4</sup>	5½	7	10	80	28	1100
Areia vermelha	Triássica	Diabásios, Basaltitos Meláfiros calcíferos	20	40	40	0,90	3,00	70	0,01	24	30	40	100	80	1200
T. Roxa Legítima		Arenitos com argila pobre em cal	70	20	10	1,30	2,63	52	100	10	12	20	80	45	1200
Baurú Inferior	Cretácea	Arenitos com argilas calcáreas, Arenitos cineríticos	65	25	10	1,20	2,62	54	30	14	17	25	70	52	1300
Baurú Superior															
Oscilações típicas em % do valor absoluto			150%			100%	20%	100%	100% no Loga-rítmo	200%		300%			

Tabela n.º 17

## ALGUMAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SEIS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

TIPO DE SOLO (Horizontes A)	pH internacional	em ME (Mili-equivalentes) por 100 cc de solo ou em KE (Quilo-equivalentes) por hectare até a profundidade de 1 cm										Índice geral de fertilidade					
		T R O C Á V E I S					Extr. HCl 10%			T O T A I S							
		Nutrimentos assimiláveis		H	Al	S	T	PO <sub>4</sub>	K	Ca	N		PO <sub>4</sub>	K	Ca+Mg		
		PO <sub>4</sub>	K	Ca+Mg	Mn	Acidez inócuas	Acidez nociva	Soma das bases trocáveis	Capacidade total de sorção	PO <sub>4</sub>	K		Ca	N	PO <sub>4</sub>	K	Ca+Mg
Salmourão . . . . .	5,3	0,5	0,25	2,5	0,25	7,0	0,5	3,5	11	1,6	0,7	3	9	4	5	7	30
Massapé . . . . .	5,7	0,7	0,4	3,5	0,5	7,5	0,6	5,0	13	1,2	1,0	4	11	7	7	12	40
Arenito eólico . . . . .	4,5	0,2	0,1	0,5	0,07	5,0	1,0	0,8	7	1,0	0,2	0,6	3	1½	2	3	10
T. Roxa legítima	6,8	1,5	0,7	7	1,2	4,0	0,1	10	14	1,2	0,3	9	12	9	8	20	70
Baurú Inferior . . . . .	5,0	0,4	0,25	1,0	0,15	4,0	0,6	1,7	6½	1,0	0,5	1,2	4½	2	4	5	25
Baurú Superior . . . . .	6,2	0,65	0,35	4,5	0,35	3,0	0,01	6,0	9	2,0	0,7	5	9	3	5	8	65
Oscilações típicas em percentagem do valor absoluto	10%	15%	20%	30%		40%		25%	30%	25%	30%	40%		30%			25%

**Nota:** — O teor de fosfatos e, principalmente, o de potássio do extrato de HCl 10% a quente são ambos demasiadamente baixos nas terras roxas legítimas, porque esse método de análise é antiquado e falho (35, pg. 13): o agente extrator, que é o HCl 10%, não é capaz nem de transformar em cloreto todo o ferro de tais ferritos argilosos, quando é usado na quantidade prescrita pelo método. Uma agitação mecânica com igual quantidade de ácidos mais diluídos e menos ionizados, por exemplo, pode extrair maiores quantidades de PO<sub>4</sub> (ácido cítrico 2% ou oxálico normal adicionado de (COOK)<sub>2</sub> até pH=3,8).

As terras roxas misturadas são solos intermediários entre o solo resultante do arenito Botucatú e a terra roxa legítima (35, pg. 16 e 17). Tôdas as suas características também são intermediárias, mas não podem ser interpoladas seguindo um só critério.

Uma terra roxa misturada pode ser quase tão argilosa como uma terra roxa legítima, mas ao mesmo tempo pode ser, por exemplo, quase tão pobre em cálcio, como um solo típico de arenito Botucatú. Basta, contudo, proceder apenas a algumas análises químicas, para poder com certa segurança prever o resultado das outras. Deve ser executada, entretanto, a maioria das análises físicas. Notando-se lateritização pronunciada, deve-se determinar a estrutura dos complexos.

## E — OBSERVAÇÕES SÔBRE A VEGETAÇÃO

Fazem parte das anotações de campo de todos os perfis e amostras de solo certas observações sôbre tipos de vegetação e espécies de plantas encontradas, consideradas padrões de terra.

Pouco de positivo se sabe por enquanto sôbre o assunto, devido à falta de estudos científicos concludentes e organizados em devida escala. As quatro centenas de perfis e um milheiro de amostras superficiais, espalhados pelo território do Estado e pelas regiões limítrofes dos Estados vizinhos, já nos deram, entretanto, alguma idéia sôbre a significação de certas plantas nativas, sem que tenhamos realizado estudos fito-geográficos ou botânicos.

As dificuldades no caso presente, são aumentadas pela ausência de vegetação natural velha. As anotações foram as seguintes :

P-371 -- Tungue plantado há algumas semanas. Há 15 anos era mata fechada, provàvelmente primária, com árvores até meio metro de diâmetro. Havia taiúva (*Chlorophora tinctoria Gaudich*), jacarandá (*Machaerium sp.*), cinzeiro (*Qualea multiflora Mart.*) e poucos exemplares de cabreúva (*Myrocarpus frondosus Fr. All.*) e peroba (*Aspidosperma sp.*). Depois de cortadas as árvores mais grossas e os jacarandás, e queimado o resto, foi cultivado milho quase anualmente, mas em pequena escala, com produção média, nos últimos anos, de 6½ carros (quase 2 ton./Ha). No ano passado foi plantado algodão e a produção atingiu 180 arrobas por alqueire (1,1 ton./Ha). Na vegetação secundária natural havia predominância de lixa (*Lippia urticoides Steud*), embira-de-sapo (?) e assa-peixe



(*Vernonia polyanthes Less*). Nunca foi adubado. As culturas receberam algum estrume. Alto de lombada de topografia suave.

- P-372 — Tungal de 3 a 5 anos, bastante viçoso para essa idade. A mata foi derrubada há 25 anos e era semelhante à do P-371. A natureza das culturas e a sua produção foram idênticas. Entre os pés de tungue tem-se plantado milho ou algodão, conforme o ano, com sucesso sensivelmente inferior ao verificado no solo do P-371. Nunca foi adubado, salvo com algum estrume. Entre as plantas nativas quase desaparecem lixa e assa-peixe. Alto de morro extenso.
- T-300 — Tungue de 1 ano, bonito. Mata, melhor que a do P-371, derrubada há 10 anos. Entre o tungue há dum lado milho e do outro algodão, ambos bons. A produção destas culturas tem sido sempre melhor que a do P-371, a-pesar-de ter sido sempre dispensado o estrume. Mesmas plantas nativas que as do P-371, mas mais vigorosas e altas. Encosta de morro com declividade de 6%.
- T-301 — Mesmas observações que as da T-300, mas não há milho, enquanto o algodão e as plantas nativas são melhores ainda.
- T-302 — Tungal de 6 anos, o mais velho da fazenda. As árvores têm bom aspecto e já começaram a produzir, tendo sido a primeira colheita, em média, de 1½ kg de nozes descascadas por pé. Tem recebido estêrco anualmente. São as mesmas que as do P-371 as plantas nativas e a mata primária que foi derrubada há 20 anos. Encosta de morro com declividade de 5%.
- T-303 — Pasto fraco há muitos anos. A mata foi derrubada há 25 anos. Solo endurecido até 15 cm de profundidade. Guanxuma (*Urena lobata L.*) e mãe-do-sapé (?). Alto de morro extenso.

Podemos fazer as seguintes conclusões da observação da vegetação.

Os solos têm piorado, desde a devastação das matas primárias, em relação direta com o número de anos desde então decorridos. Observamos isto em todos os solos arenosos de reserva química fraca (tabela n.º 3). Tal peora se explica pela lavagem intensa facilitada pela drenagem rápida, quando tais solos permanecem livres de matas, empobrecidos em matéria orgânica e submetidos à insolação.

Tôda exploração agrícola é nociva a êsses solos sem adubação verde.

A quantidade de humus (tabela n.º 4) corresponde à duração da exploração, quando o solo não é esterçado. Assim, as amostras T-300 e T-301, em lugar de serem as melhores em matéria orgânica, são as piores, porque não receberam estrume.

As árvores que povoavam a mata da fazenda não são propriamente padrões de terra, mas estamos acostumados a encontrá-las em terras arenosas, não muito ricas (com exceção de peroba) e secas (de higroscopicidade baixa). No presente estudo a vegetação concorda bem com as análises.

Entre as plantas nativas mencionadas, lixa e assa-peixe são tidas como padrões de terra boa, mas apenas em algumas partes do Estado. Temos um bom número de observações a respeito, mas não pudemos notar concordância com as características dos solos, mesmo considerando-se a altitude, a situação topográfica e a precipitação atmosférica anual, de modo que preferimos abster-nos, por hora, de qualquer afirmação. Quanto à embira-de-sapo, além de não podermos dizer algo de positivo, há grandes discordâncias também na opinião popular dentro de regiões, mesmo restritas.

Um dos fatores que mais dificultam um estudo que não se baseie em análises botânicas, é o fato de plantas diferentes receberem nomes populares iguais em diferentes regiões do Estado. De uma forma menos chocante observa-se também o contrário.

Quanto às plantas da T-303, tôdas elas devem indicar terras secas, pobres e ácidas. A primeira delas encontra-se principalmente em terras lavadas, abandonadas e maltratadas. A segunda, muito espalhada, indica principalmente solo ácido, freqüentemente um pouco argiloso, lavado e empobrecido em humus.

A qualidade da vegetação encontrada pode ser explicada com relativa facilidade pelo exame das tabelas 1, 4 e 7, nas quais deve ser atribuído o papel principal ao fósforo, Ca+Mg, acidez nociva e pH internacional. A ação do potássio, com exceção do solo T-302, é pouco visível, devido aos reforços temporários e irregulares fornecidos pelas queimadas. O papel do estêrco aplicado, como já dissemos, foi muito importante para melhorar as condições gerais do solo.

Entre as propriedades físicas, podemos atribuir o papel principal à água disponível (tabela n.º 10), pois a porosidade, quase idêntica em tôdas as amostras, pouco influíu na diferenciação da sua vegetação. Apenas no solo P-372 a porosidade reduziu as colheitas que deveriam ser proximamente iguais às do solo P-371. A retenção fraca de água

das duas primeiras amostras T foi parcialmente compensada pela situação topográfica.

Nas amostras T-300 e T-301, devido à aração repetida anualmente, a superfície foi afogada, contribuindo para a formação de um horizonte menos permeável a uma profundidade de 25 a 35 cm, circunstância esta que, com a declividade, produziu uma adução de água vinda dos altos do morro por entre o solo arável e o subsolo.

A superioridade química das amostras T-300 e T-301 pode ser explicada, por sua vez, pela altitude baixa, pois, como mencionamos acima (pg. 369), o arenito Pirambóia, por transporte, circulação d'água ou ascensão dos colóides, deve ser na fazenda, a uma cota de cêrca de 550 m, influenciado benêficamente pelo arenito calcáreo Corumbataí subjacente. Tôda a vegetação da fazenda é em geral mais viçosa abaixo dessa cota.

A amostra T-303 tem um índice V (tabela n.º 4) melhor que o P-371, mas a vegetação é peor por ser alto de morro e pastagem há muitos anos, o que prejudica a estrutura física do solo.

## F — METEOROLOGIA E CLIMA

Os dados que mais interessam são os do quadro climatológico normal da fazenda Tungal, e os últimos resultados pluviométricos que antecederam a tomada dos perfis de solo.

Como a fazenda Tungal não possúe, naturalmente, sua própria estação meteorológica, somos obrigados a nos basear nas observações dos postos meteorológicos próximos, situados ao redor da zona estudada (tabela n.º 18).

**Tabela n.º 18**

PÔSTO METEOROLÓGICO			PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA EM DEZEMBRO DE 1939, mm	
Cidade	Situação em relação à faz. Tungal	Altitude (±10m)	Durante o mês	Durante a semana compreendida entre os dias 22 e 28, inclusive
Piracicaba . . . . .	28 Km a SE	540	232	96
Rio Claro . . . . .	28 Km a ENE	610	238	95
Itirapina . . . . .	32 Km a N	760	249	86
Brotas . . . . .	40 Km a NO	620	307	86

Estudando as médias mensais de diversos anos (de 10 a 30) dessas quatro cidades, e levando em consideração a sua altitude e situação geográfica, elaboramos um quadro climatológico normal "provável" da fazenda Tungal, que apresentamos na tabela n.º 19.

Tabela n.º 19

**QUADRO CLIMATOLÓGICO NORMAL "PROVÁVEL" CALCULADO PARA A FAZENDA "TUNGAL"**

**Médias mensais de chuvas em milímetros :**

Setembro	65	Dezembro	220	Março	120	Junho	45
Outubro	85	Janeiro	230	Abril	60	Julho	20
Novembro	140	Fevereiro	180	Maio	50	Agosto	35
Primavera :	290	Verão :	630	Outono :	230	Inverno :	100

Total anual, médio, de chuvas em milímetros..... 1250

**Temperaturas médias mensais em °C :**

Setembro	19,8	Dezembro	23,3	Março	23,0	Junho	16,9
Outubro	21,4	Janeiro	23,9	Abril	20,9	Julho	16,9
Novembro	22,5	Fevereiro	23,8	Maio	18,2	Agosto	18,3
Primavera :	21,2	Verão :	23,7	Outono :	20,7	Inverno :	17,4

Temperatura média do ar, anual, em graus centígrados ..... 20,5  
 Temperatura máxima do ar, média do verão, em °C..... 29  
 Temperatura mínima do ar, média do inverno, em °C ..... 10

Umidade relativa média dos três meses mais úmidos, % ..... 78  
 Umidade relativa média dos três meses mais secos, % ..... 68  
 Umidade relativa média anual, % ..... 74  
 Tensão do vapor d'água no mês mais seco (julho), mm de Hg ..... 9,7  
 Tensão do vapor d'água no mês mais úmido (janeiro), mm de Hg ..... 16,9  
 Tensão do vapor d'água média anual, em mm de Hg ..... 13,4  
 Evaporação à sombra, total anual médio, em mm..... 950  
 Evaporação à sombra, mensal mínima (maio), em mm ..... 65  
 Evaporação à sombra, mensal máxima (outubro), em mm ..... 110

Teoricamente falho, este método, é entre nós bastante justificável. As diferenças observadas numa mesma localidade, entre dois anos consecutivos, são no Estado de São Paulo comumente maiores que as que existem entre os quadros climatológicos normais de duas cidades dis-

tantes entre si centenas de quilômetros, contanto que não se trate do alto das serras do Mar, Paranapiacaba ou Mantiqueira, da zona baixa do litoral ou, enfim, de lugares de situação geográfica muito diferente.

Assim, por exemplo, as diferenças entre os quadros climatológicos normais de Santo Anastácio e Campinas ou entre os de Ituverava e Itapetininga podem ser menores que as verificadas em qualquer uma dessas quatro cidades entre dois anos consecutivos.

Este fato faz com que os quadros climatológicos normais não sirvam bem de base para previsões. Pela mesma razão não podemos obter as chamadas "médias normais" de chuvas, temperaturas, evaporação, ou outros dados climatéricos, porque os erros prováveis de tais "médias" são demasiadamente grandes. No quadro climatológico normal de Piracicaba, por exemplo, o mês de dezembro figura com uma precipitação de 270 mm. Não podemos, entretanto, dizer que 270 mm sejam a média mensal das precipitações de dezembro em Piracicaba, porque no cálculo de tal "média" entraram números muito variados, oscilando entre 50 e 500, de modo que o erro standard pôde facilmente atingir quase metade do valor da "média" assim calculada. O número 270 não é uma média, mas apenas um número mais provável que qualquer outro, porque em casos desta natureza as médias não podem ser calculadas.

Quanto à situação geográfica, a sua influência sobre os fenômenos meteorológicos é real, se bem que sujeita aos desvios inesperados muito comuns entre nós. Assim, no mesmo ano, entre duas localidades distantes poucas dezenas de quilômetros, as temperaturas médias são maiores naquela, cuja altitude for bem inferior, com uma diferença, digamos, maior que 100 metros. Assim também se notam diferenças oriundas da proximidade de grandes rios, lagos, matas extensas ou campos limpos. Tais diferenças são sempre notadas apenas no caso de se compararem dados meteorológicos do mesmo ano, pois nos quadros climatológicos normais essas diferenças podem desaparecer, suplantadas pela influência forte de certas anomalias que desequilibram as "médias", as quais são feitas levando em consideração todos os resultados existentes, e não apenas os representativos.

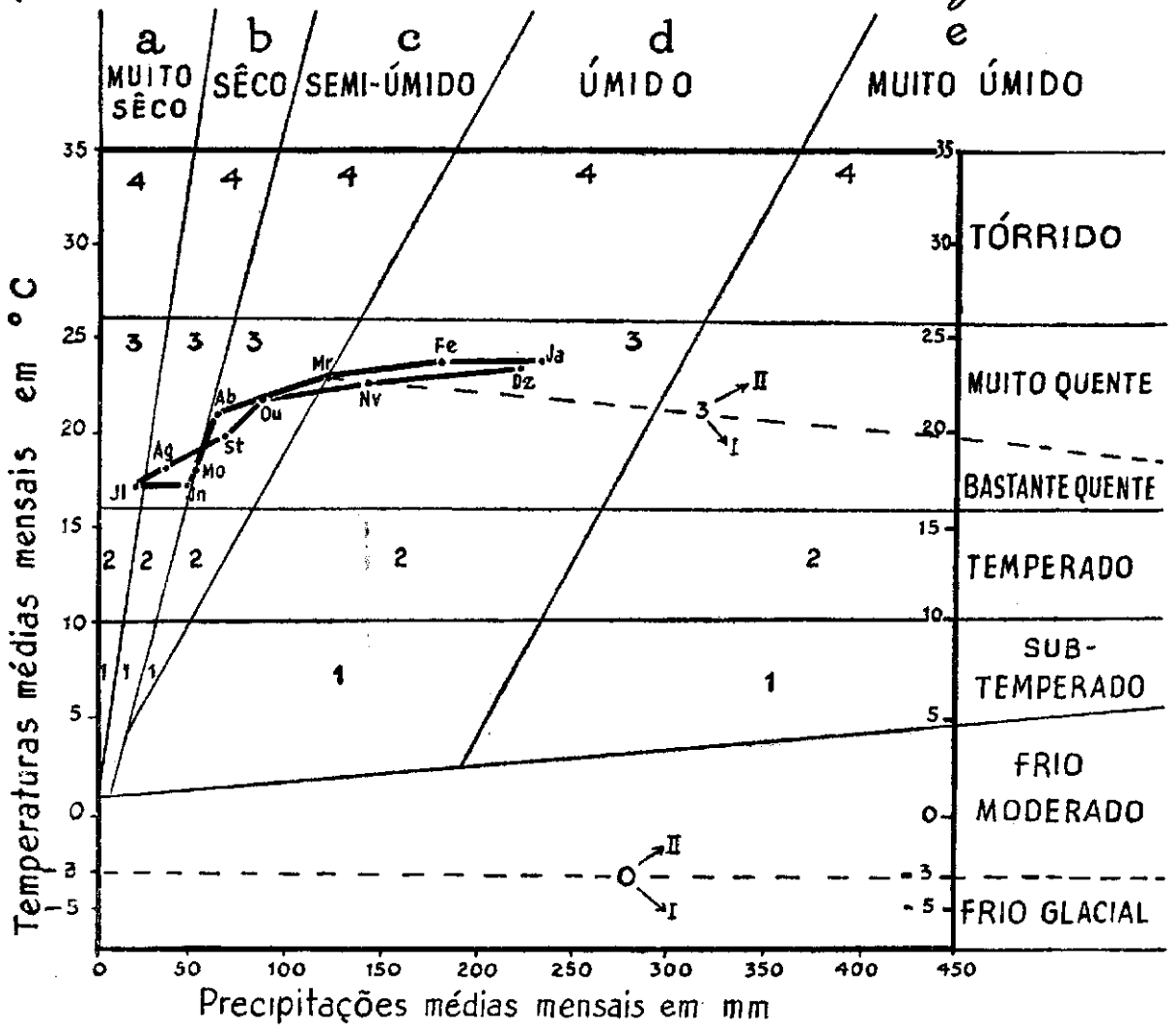
Não houve diferenças grandes entre os quadros climatológicos normais das quatro cidades da tabela n.º 18 que serviram para calcular o quadro climatológico normal "provável" da tabela n.º 19. Os desvios máximos, para mais ou para menos, salvo os verificados nas precipitações mensais e na evaporação à sombra, não ultrapassaram 5% do valor absoluto dos números. As temperaturas se referem a uma altitude de cerca de 580 m, tendo-se recorrido, pois, às interpolações, que nos

Diagrama n.º 9

DIAGRAMA HETEROGRAFICO DE KNOCHE

da fazenda "Tungal"

(entre Naqueada e S. Pedro; 22º 31' lat. S e 47º 49' long. W de Greenwich)



Jan.º	Fev.º	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Ago.º	Set.º	Out.º	Nov.º	Dez.º
3 <sub>II</sub> d	3 <sub>II</sub> d	3c	3c	3b	3a	3a	3b	3c	3c	3 <sub>II</sub> d	3 <sub>II</sub> d
muito quente e úmido	muito quente e úmido	quente e semi-úmido	quente e semi-úmido	quente e sêco	quente e muito sêco	quente e muito sêco	quente e sêco	quente e semi-úmido	quente e semi-úmido	muito quente e úmido	muito quente e úmido

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA

pareceram muito viáveis. Foi considerado também o fato de se achar Piracicaba à margem de um rio grande.

Apresentamos no diagrama n.º 9 o quadro hiterográfico de Knoche (17), que tem uma significação particular para fins agrícolas ou, melhor, biológicos em geral. Apesar de ser feito em escala reduzida, o diagrama de Knoche fornece dados termo-pluviométricos de exatidão suficiente para servir de base a considerações agrícolas. A sua classificação climática nos diz que o clima da fazenda Tungal é muito quente e úmido nos meses de novembro a fevereiro; quente e semi-úmido em março, abril, setembro e outubro; quente e sêco em maio, junho e agosto; quente e muito sêco em julho.

Segundo Meyer (26 e 12, pg. 71), que caracteriza os solos de acôrdo com a umidade do seu clima, calculando da seguinte maneira um coeficiente que chamou "N. S.-Quotient"

$$\frac{\text{Precipitação atmosférica total em mm/ano}}{0,01(100 - \text{Umidade Relativa}) (\text{Tensão do Vapor em mm de Hg})}$$

o clima da fazenda Tungal pertence à 6.ª classe (Região Atlântica) com a denominação de úmido. O valor de N. S.-Quotient para a fazenda Tungal é 360 (22, pg. 7 e 13).

Para o esclarecimento da dinâmica d'água no solo no momento da tomada dos perfis 371 e 372 (diagramas 2 e 4), vejamos as precipitações atmosféricas de dezembro de 1939 e do período de 22 a 28 dêsse mês particularmente, nas cidades citadas (tabela n.º 18).

A evaporação mensal da época pode ser calculada, à base dos dados meteorológicos normais das quatro cidades, em 80 mm com um êrro inferior a 10%. O teor da semana pode ser avaliado em 17 mm, pois a média dos meses de dezembro e janeiro é de 76 mm. É claro que a evaporação diminúe nos meses chuvosos, porque, apesar da temperatura elevada, o estado higrométrico do ar é próximo de 100% e o céu permanece longamente nublado.

Multiplicando, como ficou dito à pg. 389, as profundidades dos horizontes (tabelas 10 e 11) pela percentagem de volume do solo ocupado pela água gravitativa, e dividindo por 10, para transformar em mm de chuva, obtemos na tabela n.º 20 as seguintes quantidades de água de chuva descendo no solo por gravidade:

Tabela n.º 20

## DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS ATRAVÉS DO SOLO

Perfil	Horizonte	Espessura em cm	ÁGUA GRAVITATIVA		
			cc por 100 cc de solo	mm de chuva	
				por horizonte	total até 150 cm
P-371	A <sub>1</sub>	50	8,7	43	82
	A <sub>2</sub>	40	5,1	20	
	A <sub>3</sub>	60	3,2	<u>19</u>	
P-372	A	80	13,8	110	110
	B	70	0,0	<u>0</u>	

Vemos assim que, mesmo desprezando no P-371 a última camada de 1 metro de espessura do horizonte A<sub>3</sub>, a água, que estava descendo por gravidade nos primeiros 150 cm de profundidade do solo, correspondia a mais de uma semana de chuvas. De fato, descontando dos 90 mm de precipitação da semana que precedeu a tomada dos perfis, os 17 mm da evaporação, temos 73 mm de chuva, enquanto no P-371 encontramos 82 mm e no P-372 110 mm.

É preciso considerar ainda que os perfis não foram tomados numa mata com o solo sombreado, de modo que a evaporação podia ser mais intensa que a que figura na tabela n.º 19.

No P-372 encontramos maior quantidade de água gravitativa por causa da redução de permeabilidade do seu horizonte B, que é de 0,1 mm por hora (tabela n.º 9) ou 2,4 por dia ou 17 mm em 7 dias. Tendo sido tomado êste perfil no alto dum morro extenso (pg. 402) e conhecida a permeabilidade do seu subsolo (horizonte B), a água gravitativa do horizonte A, a evaporação e as chuvas diárias do mês de dezembro, temos um quadro completo do movimento de águas pluviais no solo e daí as quantidades absorvidas e evaporadas pela vegetação. Conhecida a natureza desta, as variações da temperatura durante as 24 horas do dia, o estado higrométrico do ar, a insolação e a tensão do vapor d'água na atmosfera, poderíamos abordar um dos mais importantes problemas da fisiologia vegetal, que é a transpiração e o consumo de água pelas plantas.



## II — T U N G U E

## A — NECESSIDADES DA CULTURA

## 1 — Elementos nutritivos químicos

Admite a pedologia moderna que, a-fim-de conhecermos as necessidades de uma planta em elementos nutritivos químicos para a produção de uma colheita, basta determinar o teor d'esses elementos nas cinzas da parte da planta exportada do campo de cultivo.

Assim, no cálculo da extração dos elementos nutritivos do solo pelo tungue, fica subentendido que as fôlhas, perdidas pela árvore anualmente, sejam incorporadas ao solo, servindo, pois, de adubação verde.

As cascas das nozes são freqüentemente utilizadas como combustível, sendo as suas cinzas aproveitadas como adubo. Não podendo levar tal prática em consideração, por ser feita parcialmente, os nossos cálculos conterão assim um certo êrro que agirá no sentido negativo: diminuindo o total de nutrimentos disponíveis para a cultura.

Outros fatores tornam imprecisa a previsão do consumo duma colheita. A distribuição caprichosa das chuvas e de outros fatores meteorológicos, prejudiciais ou propícios nos diversos períodos vegetativos da planta, modifica a intensidade da extração de certos elementos nutritivos do solo. Esta extração ora fica sobremaneira dificultada, ora favorecida em detrimento de outros elementos nutritivos (3). Êste fator de êrro tem, às vêzes, grande importância e é de contrôlle bastante complexo, tanto pelos conhecimentos escassos que por ora se tem sôbre o assunto, como por exigir pesquisas de envergadura, para nós proibitivas e da alçada dos especialistas em fisiologia vegetal.

Insetos nocivos, moléstias e ventanias podem prejudicar sensivelmente o desenvolvimento da planta, bem como a colheita (38) e, portanto, a previsão do seu consumo. As plantas daninhas extraem do solo uma parcela importante dos alimentos disponíveis à cultura, principalmente quando extirpadas e não incorporadas ao solo, por diversas razões. Isto causará nos nossos cálculos erros para mais, no sentido otimista, portanto.

O crescimento normal da planta exige uma quantidade de nutriimento bem maior que a que se encontra na sua parte aproveitada e que faz parte da colheita. E isto porque diversos elementos químicos, retirados do solo pelas plantas, são exsudados pelas suas fôlhas e devolvidos ao solo pelas chuvas. Neste ciclo, o potássio participa em quantidades

muito maiores que o azoto ou o fósforo, de modo que a provisão do solo em K deve ser dilatada.

Tudo isto explica a complexidade da questão: "Quantas vezes o solo deve conter mais do que uma colheita retira?"

Ainda não possuímos (38) dados sobre o consumo em elementos nutritivos de uma colheita de tungue no Estado ou no País. Compilamos, porisso, resultados de pesquisas feitas em várias regiões e tipos de solos (18, 20, 27, 28, 42 e 35, tab. 5).

Incluindo as necessidades em potássio para a sua exsudação pelas folhas, podemos estabelecer, como indicação preliminar, o seguinte consumo em elementos nutritivos de uma colheita média de 2 toneladas de frutos por hectare, que corresponde a 500 pés por alqueire, produzindo cada um 10 quilos de nozes com casca:

5,5 de azoto	} em KE/Ha (Quilo-equivalentes por hectare)
0,5 de fósforo	
1,5 de potássio	
0,5 de cálcio	
0,5 de magnésio	

O tungue é, pois, exigente em azoto e potássio, necessitando relativamente pouco de fósforo, cálcio e magnésio. Talvez porisso o pH mais conveniente é tido entre 5,5 e 6,5. É preciso observar ainda que a exigência em elementos nutritivos foi baseada apenas nas análises da casca, amêndoa, película que a envolve, tortas que se obtêm depois de exprimer as sementes, e óleo. Nada pudemos encontrar a respeito da análise de folhas, galhos e raízes. Basear-nos-emos assim na suposição que êsse material seja incorporado ao solo.

## 2 — Água e condições físicas

Poucas pesquisas têm sido feitas também para a determinação da quantidade d'água de que necessita uma colheita média de tungue. O valor mais provável pode ser considerado entre 150 e 200 mm de chuva por ano (34, 42, 43 e os citados anteriormente), ou, portanto, de 1500 a 2000 m<sup>3</sup> d'água por hectare e por colheita. Assim, cada árvore, para crescer bem, precisa de cerca de 10 m<sup>3</sup> d'água por ano. Mais de 90% desta água são evaporados através das folhas.

Pouco se sabe quanto às condições ecológicas exigidas pela cultura. Poucas pesquisas têm sido feitas e diversas delas trazem conclusões contraditórias.

O tungue deve preferir solos com boa retenção d'água e bastante argilosos, mas, ao mesmo tempo, bem drenados. Os solos devem ser ainda: húmidos, bastante ricos, principalmente em potássio e azoto, levemente ácidos e providos de manganês (provavelmente contra a clorose).

Planta de mata e de regiões bastante úmidas, a pressão osmótica das raízes do tungue é muito baixa, variando somente entre 7 e 10 atmosferas, enquanto a das folhas sobe apenas a 15 at. \*). Esta pode ser a explicação da necessidade de solo com boa retenção d'água.

O solo deve ser também bastante profundo. Uma árvore de 12 a 15 anos, em pleno desenvolvimento, deve poder explorar o solo com facilidade até 2 metros de profundidade.

Podemos afirmar que, praticamente, nenhuma plantação de tungue do Estado preenche os requisitos enumerados. A maioria explora solos pobres, arenosos e secos. O tungue é talvez a cultura peor conduzida no Estado.

Conhecemos grandes plantações no Estado, em que se têm gasto enormes quantidades de adubos sem melhorar praticamente os defeitos físicos dos solos, e mesmo com inconvenientes químicos, pois um solo seco e carregado de sais intoxica e como que asfixia as plantas nas épocas secas.

### III — B A L A N Ç O

#### A — CONFRONTO ENTRE A DISPONIBILIDADE E A EXIGÊNCIA

Consideremos bem explorado pelo tungue o solo até 150 cm de profundidade. Sendo expressos os dados das tabelas 1 e 3 em KE/Ha até a profundidade de 1 cm (pg. 364), multipliquêmo-los pela espessura dos horizontes até 150 cm para obtermos a disponibilidade total do solo para o tungue (tabela n.º 21). Para as amostras T os dados podem ser avaliados por extrapolação (encontram-se, em grifo, nas tabelas).

A-fim-de comparar a disponibilidade em alimentos com a exigência da cultura, podemos calcular os quocientes obtidos dividindo os totais de cada elemento nutritivo da tabela n.º 21 (disponibilidade) pelo consumo de uma colheita (exigência) de 2 ton./Ha (pg. 411).

---

(\*) Resultados inéditos conseguidos, para as várias partes de plantas diversas, pelo dr. J. E. Rombouts, contratado pela Secção de Solos do Instituto Agronômico entre agosto de 1937 e abril de 1939.

Tabela n.º 21

## DISPONIBILIDADE EM KE/Ha ATÉ 150 cm DE PROFUNDIDADE

S O L O			AZOTO		T R O C Á V E I S				
Amostra	Hori- zonte	Espes- sura cm	Total	Solúvel	PO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Mn
P-371	A <sub>1</sub>	50	460	4,0	38	8,5	52	5,5	2,5
	A <sub>2</sub>	40	148	1,2	15	4,0	29	1,6	0,4
	A <sub>3</sub>	60	180	0,6	18,6	6,6	29,4	7,2	0,3
		<u>150</u>	<u>790</u>	<u>5,8</u>	<u>71½</u>	<u>19</u>	<u>110</u>	<u>14½</u>	<u>3,2</u>
P-372	A	80	528	8	77½	12	114	19,2	3,2
	B	70	182	2,1	44,8	6,3	26,6	16,1	0,7
		<u>150</u>	<u>710</u>	<u>10</u>	<u>122</u>	<u>18</u>	<u>140</u>	<u>35</u>	<u>3,9</u>
T-300	A	30	120	6	26,4	3,0	45	9	12,6
	B	120	<u>240</u>	<u>6</u>	<u>36</u>	<u>10</u>	<u>120</u>	<u>24</u>	<u>6</u>
		<u>150</u>	<u>350</u>	<u>12</u>	<u>60</u>	<u>13</u>	<u>160</u>	<u>30</u>	<u>20</u>
T-301	A	25	135	3	15	3,5	52	10,7	6,7
	B	125	<u>260</u>	<u>7</u>	<u>35</u>	<u>12</u>	<u>150</u>	<u>30</u>	<u>3</u>
		<u>150</u>	<u>400</u>	<u>10</u>	<u>50</u>	<u>15</u>	<u>200</u>	<u>40</u>	<u>10</u>
T-302	A	35	329	3,5	14,7	16,8	87,5	21	13
	B	115	<u>460</u>	<u>5½</u>	<u>30</u>	<u>23</u>	<u>112</u>	<u>30</u>	<u>11</u>
		<u>150</u>	<u>790</u>	<u>9</u>	<u>45</u>	<u>40</u>	<u>200</u>	<u>50</u>	<u>25</u>
T-303	A	30	228	1,5	9	6,6	27	12	3,1
	B	120	<u>360</u>	<u>2,4</u>	<u>24</u>	<u>12</u>	<u>60</u>	<u>24</u>	<u>3</u>
		<u>150</u>	<u>590</u>	<u>4</u>	<u>30</u>	<u>20</u>	<u>90</u>	<u>35</u>	<u>5</u>

O sódio trocável da tabela n.º 1 não foi incluído na tabela n.º 21, porque não constitui nutriente para as plantas (24, 32 e 34, pg. 111). O manganês trocável parece ter importância para controlar moléstia do tungue, cujos sintomas são os de "frenching" (31).

Mas, assim, teremos feito a suposição de que em qualquer ponto do volume do solo calculado estejam as raízes do tungue para absorver o nutriente. Existe, pois, um certo "rendimento volumétrico do solo" (35, pg. 12) que é da ordem de 0,5 para o tungue, enquanto a árvore não tenha atingido a idade mais produtiva, mas que pode ser mesmo 0,1

para as árvores até 5 ou 6 anos, quando a distância entre os pés é de cerca de 7 metros.

Admitindo o fator 0,5 para o rendimento volumétrico do solo, devemos multiplicar por êle os quocientes de divisão da disponibilidade pela exigência, obtendo assim os dados da tabela n.º 22.

Tabela n.º 22

**QUOCIENTES DISPONIBILIDADE/EXIGÊNCIA**

SOLO	AZOTO (5,5)		T R O C Á V E I S			
	Total	Solúvel	Fósforo 0,5	Potássio 1,5	Cálcio 0,5	Magnésio 0,5
P-371	70	0,5	70	6	110	14
P-372	65	0,9	120	6	140	35
T-300	30	1,1	60	4	150	30
T-301	35	0,9	50	5	200	40
T-302	70	0,8	45	13	200	50
T-303	55	0,4	30	7	90	35

Os dados da tabela n.º 22 indicam quantas vêzes o solo contém mais nutrimento, do que uma colheita de tungue absorve. Mas isto não significa que, por exemplo, quanto ao fósforo no P-371, o solo tenha nutrimento para 70 colheitas sucessivas.

Quanto menor o quociente, tanto mais difícil se torna para a planta dêle subtrair uma unidade. Além disto, seria preciso que os quocientes de todos os outros elementos nutritivos fôsem tão altos como o do fósforo, por exemplo. Mas, mesmo assim, o pH, a acidez nociva, o teor de humus e diversas características físicas, enfim, deveriam ser ideais para que a extração dos elementos nutritivos necessários para uma colheita se desse com facilidade.

O problema, pois, consiste em elevar até um certo ponto os quocientes baixos por meio de adição de adubos, mas ao mesmo tempo, ou antes ainda, melhorar as condições gerais do solo.

Quanto ao fornecimento d'água pelos solos das amostras T, não podemos elaborar uma tabela semelhante à n.º 11, porque não temos

dados sôbre a água natural, desconhecendo porisso a água gravitativa. A própria água osmótica disponível (tabela n.º 10) foi em parte avaliada. Não podíamos, contudo, tomar perfis em lugar de amostras superficiais devido ao ponto de vista econômico, segundo o qual devemos concluir com o mínimo possível de trabalhos de laboratório.

Notamos, entretanto, que a higroscopicidade das amostras T-300 e 301 (tabela n.º 9) é muito mais baixa que a dos perfis, por serem estes mais argilosos e humosos. Fazendo o cálculo da pg. 389 e supondo por extrapolação que no subsolo dessas amostras a higroscopicidade se eleve a 6, obtemos uma capacidade estática até 150 cm de profundidade pouco maior que 80 mm de chuva, o que possibilita uma colheita de apenas 39% da colheita máxima, correspondente a qualidades químicas do solo as melhores possíveis.

Idênticamente, o solo T-302 deve figurar com um índice Sekera (44, diagrama 2) 58% e T-303 com 55%. Êste índice se refere a uma expressão matemática, que é a "colheita máxima", ou seja, o limite máximo obtido por cálculo baseado nos valores de colheitas diferentes, obtidas em condições diversas de suprimento d'água. É matematicamente injustificável fazer o inverso, isto é, estabelecer o valor máximo das colheitas de uma certa planta para calcular os valores de colheitas bem inferiores, ditadas pelas condições de suprimento d'água insuficientes. Trata-se de números índices e não de colheitas reais. Mas, na prática, por motivo da grande variabilidade e inter-ação dos fatores no campo, quando devemos tentar a previsão da colheita duma gleba extensa, podemos adotar aquele sistema, porque os erros não serão, na maioria dos casos, maiores que os que nos acarretam os demais fatores variáveis e dificilmente previsíveis.

O índice Sekera mínimo encontrado, 39%, indica que as condições físicas dos seis solos examinados não impedirão a obtenção de uma colheita média de tungue de 10 kg de nozes em casca por pé, porque uma colheita farta pode ser o triplo (20, pg. 14), enquanto o valor 39% indicaria uma colheita de  $0,39 \times 30 = 11,7$  Kg por pé. Mas é preciso que a penetração das raízes nos locais das amostras T seja tão fácil, como o é nos perfis, para que se possa contar com a profundidade mínima do solo igual a 150 cm.

Basta encontrar um horizonte de solo densificado aquêm dessa profundidade para que o plantio de tungue deixe de ser justificado. Nesse caso, dar preferência a outras culturas, de ciclo curto. Tal horizonte pode ser descoberto facilmente quando se abre uma cova de um e meio a dois metros de profundidade e de paredes verticais e planas.

Havendo árvores no local, o exame da distribuição das suas raízes indicará o horizonte menos permeável. Nota-se, neste caso, com nitidez suficiente, que as raízes mudam de direção vertical para a horizontal e a sua quantidade por unidade de superfície de parede da cova diminúe repentinamente.

Outra maneira de descobrir se numa certa profundidade o solo é limitado por um horizonte pouco permeável, é a percussão da parede da cova por uma ponta aguda de faca ou estilete, desde a superfície até o fundo, sempre com igual pressão e de 5 em 5 cm. O horizonte mais denso será facilmente descoberto pela dificuldade de penetração da ponta aguda.

Um perfil tomado no alto dum morro permite em certas formações agro-geológicas uma idéia bastante exata sôbre as características do solo de outros morros idênticos. Mas um perfil tomado na encosta raramente permite avaliar as condições das outras encostas de morro com suficiente exatidão.

Assim, os dois perfis foram tomados no alto de morros e as amostras superficiais nas encostas, apenas para dar a idéia da variação, principalmente química, do terreno nas várias situações de altitude, fisiografia do terreno e vegetação.

Em geral, existem nas encostas de morros horizontes menos permeáveis, situados a profundidades variáveis de acôrdo com a formação agro-geológica e declividade do terreno. São superfícies subterrâneas irregulares, sôbre as quais descem as águas de infiltração.

A plantação de árvores em solos secos (de higroscopicidade baixa), arenosos e pobres só pode ser feita quando êles forem bem profundos, homogêneos até uma profundidade de um e meio ou dois metros. Só neste caso a falta específica de nutrimentos e de retenção d'água pode ser compensada pelo volume grande de solo oferecido à exploração das raízes das plantas.

A-pesar-de não ser freqüente êste caso no Estado de São Paulo devido à topografia geralmente acidentada e abundante precipitação, os dois perfis aquí estudados mostram pelo seu índice Sekera alto que as condições físicas são suficientes à plantação de tungue.

Outro fato auspicioso provém da própria árvore, cuja perda das fôlhas tem início em abril ou maio, justamente quando a evaporação começa a sobrepujar a precipitação atmosférica. As árvores se conservam assim quase até o fim da estação sêca, revestindo-se de fôlhas no fim de agosto ou no comêço de setembro. Sabemos que nas plantas hibernais,

quando elas permanecem nuas, a transpiração e a absorção d'água cessam quase por completo (**23**, pg. 185 e seg.).

Porisso, a-pesar-da exigência do tungue de solos com bom teor de argila e boa retenção d'água, a sua cultura em solos secos e arenosos, mas bem profundos, pode ser viável, mediante adubação verde intensiva, calagem e alguma adubação química.

Vejam, portanto, que quantidade d'água os solos em questão, por serem profundos, mantêm em disponibilidade para as plantas no fim da estiagem.

Já estudámos mais de 50 perfis, tomados entre julho e setembro, durante a época de estiagem, em solos arenosos e secos, e encontrámos a água natural reduzida a cêrca da metade do valor do "Moisture Equivalent" (tabela n.º 10). Admitindo êste caso no presente estudo, a água natural seria reduzida nos três horizontes do P-371 a 7,6%, 11,5% e 12,5% do volume do solo, respectivamente. Descontando a água inativa, temos o valor da água osmótica disponível: 0,9%, 1,2% e 1,5%. Multiplicando pela espessura dos horizontes (A<sub>3</sub> até 2 m de profundidade) e dividindo por 10, para transformar em mm de chuva, temos: 4,5 + 4,8 + 16,5 = 26 mm de água de chuva armazenada a-pesar-da evaporação. Anàlogamente, temos no P-372: 7,2 + 20,4 = 27½ mm d'água.

Porisso, raramente deparamos nas nossas viagens de exploração (20 mil Km percorridos em tôdas as direções através do Estado e 3000 Km<sup>2</sup> explorados como superfície) com árvores nativas moribundas em consequência de sêcas, mesmo excessivamente prolongadas.

Esta água pode ser maior ainda, pois, devido à grande tensão osmótica das raízes das plantas de solo sêco, a água para elas verdadeiramente inativa é bem menor (**33**, pg. 492), da ordem de 1,5 ou 1,6 Hy em vez de 2,0 Hy por nós considerado.

Mas os 26 ou 30 mm de água disponível nas épocas sêcas, ficam reduzidos a menos de 10 mm, se o solo for menos profundo (até 1 m).

A nossa conclusão sôbre o confronto entre a disponibilidade dos solos aquí estudados e as exigências físicas do tungue, é, pois, a seguinte: as condições do solo serão suficientes nos pontos da fazenda, onde, como no local dos perfis 371 e 372, o solo for profundo e homogêneo até um metro e meio de profundidade, no mínimo.

## B — CONDIÇÕES DO SOLO DESFAVORÁVEIS À CULTURA

Considerando os resultados das pesquisas do solo e as necessidades gerais do tungue, as dificuldades remediáveis encontradas pela cultura podem ser assim enumeradas:



- 1 — Acidez nociva alta e pH baixo (tabela n.º 4) acima da cota 550 m, aumentando estes defeitos do solo na direção dos altos de morro ;
- 2 — Falta de matéria orgânica, em idênticas condições topográficas, mas na fazenda tôda, sendo êste defeito tanto maior quanto mais arenoso o solo ;
- 3 — Falta de bases trocáveis acima de 550 m de altitude (V baixo, tabela n.º 4) ;
- 4 — Deficiência em azoto solúvel, cujo quociente (tabela n.º 22) não pode ser menor que um. No P-371 êste defeito deve ser atribuído ao índice C/N demasiadamente baixo, o que provoca a diminuição da atividade das bactérias sintetizadoras dos nitratos ;
- 5 — Falta de potássio, cujo quociente para o tungue deve ser bastante alto, da ordem de 5 ;
- 6 — É desejável elevar a retenção d'água do solo ;
- 7 — Porosidade baixa no horizonte A do P-372.

### C — COMO PODERIAM SER MELHORADAS AS CONDIÇÕES DA CULTURA

Há diversas maneiras para eliminar os defeitos acima apontados. Consideraremos apenas as mais fáceis, simples e econômicas. Acharmos também que um dos fatores principais, para cuja cooperação se deve apelar, é o tempo : os tratamentos não devem ser bruscos, mas tais, que os seus efeitos benéficos devam aparecer paulatinamente, sem que as plantas e os microorganismos do solo sejam submetidos a reações violentas. Não se deve procurar grandes melhorias de um ano para outro. Uma melhoria brusca não pode ser duradoura.

A aplicação de calcáreo moído ou de cal extinta eliminará os defeitos mencionados nos ítems 1 e 3, concorrendo também para solucionar a questão do ítem 6 e melhorar indiretamente as condições do ítem 7.

A fórmula Vageler (42, pg. 253)

$$(0,6 T - S) a = KE \text{ de Ca por Ha,}$$

onde a = cm de camada de solo, permite calcular a quantidade de cálcio necessário para elevar o pH até 5,75 que é suficiente no caso.

Não obstante aconselharem muitos autores a aplicação da cal em grandes quantidades (9, 11 e 47), achamos melhor o uso de uma tonelada por hectare e por ano, até totalizar a quantidade indicada pela fórmula, a qual ainda preferimos restringir apenas à camada superficial do solo.

Sendo feita a aplicação da cal logo após as primeiras chuvas da primavera, no comêço, portanto, da estação chuvosa, a precipitação atmosférica intensa e a permeabilidade fácil do solo se encarregarão da distribuição do adubo até as camadas mais profundas. O calcáreo pode ser aplicado alguns meses antes.

Fazendo o cálculo até 40 cm de profundidade, porque esta deve ser a profundidade média do primeiro horizonte do solo, considerando a fazenda tôda, de modo que os resultados obtidos com a calagem poderão ser comparáveis e a experimentação será assim mais facilmente controlada, temos na tabela n.º 23 as quantidades de calcáreo ou de cal extinta a aplicar (35, tab. 7).

Tabela n.º 23

S O L O	KE/Ha (0,6 T — S) até a profundidade de		Toneladas de neutralizante por Ha	
	1 cm	40 cm	Calcáreo moído	Cal extinta
P-371	4,7	188	10,5	7,5
P-372	4,3	172	9,5	6,9
T-302	3,1	124	7,0	5,0
T-303	3,7	148	8,3	5,9

Os ensaios de laboratório, que fizemos para determinar no primeiro horizonte do P-371 a quantidade de cal extinta necessária para elevar o pH do solo até 6,0, mostraram que são necessárias cêrca de 40 mg de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para 100 gr de solo, ou, calculando em volume, 56 mg de cal por 100  $\text{cm}^3$ , que correspondem a 56 Kg/Ha até a profundidade de 1 cm e a 2¼ ton/Ha até a profundidade de 40 cm. Logo após a aplicação desta quantidade de cal, o pH deverá subir até 6, baixando paulatinamente no decorrer do ano até um certo limite, superior ao inicial, indicado pela tabela n.º 4. A aplicação feita no ano seguinte deverá elevar o pH acima de 6, verificando-se com o correr do tempo uma descida até um limite inferior mais alto ainda. E assim por diante, de modo que o valor mínimo de pH (5,75) se obteria no fim dêsse processo somente mediante a adição de 7,5 ton/Ha de cal extinta ou 10,5 ton/Ha de calcáreo moído, como mostra a tabela n.º 23.

A queda lenta do pH após as aplicações da cal é motivada pelo seu consumo ao neutralizar a acidez do solo e também pela sua infiltração até as camadas inferiores. Nos solos em questão, a ação da cal será mais rápida que em muitos outros tipos de solos (33, pg. 215).

Dissemos na introdução dêste estudo que a adubação deve ser uma contínua e cuidadosa experimentação para produzir os melhores resultados. Por se tratar justamente de experimentação, achamos melhor, a-pesar-de pequenas discordâncias com o cálculo pela fórmula Vageler e com o resultado de ensaios de laboratório, aconselhar a aplicação de 1 ton de cal extinta ou 1,4 ton de calcáreo moído por hectare e por ano, adubando cada árvore separadamente e, portanto, com 5 Kg de cal ou 7 Kg de calcáreo.

Estas duas últimas cifras servirão, pois, de ponto de partida para a experimentação no sentido de eliminar os defeitos 1, 3 e 6.

Nos solos com pequeno teor de argila e humus, como os aquí estudados, a retenção d'água e de adubos é muito fraca. Porisso, nas épocas chuvosas, o adubo e a cal são lixiviados facilmente pelas águas drenadas, ao passo que, nas épocas sêcas, ficam êsses ingredientes químicos diretamente em contacto com as raízes das plantas, prejudicando-as. Se houvesse argila em boa quantidade, ela os teria adsorvido, fornecendo-os paulatinamente às plantas, conforme a atividade de extração destas.

Achamos, porisso, preferível o uso do calcáreo moído, que é insolúvel. Nas épocas sêcas é muito menos prejudicial às plantas e, nas chuvosas, só pode ser arrastado mecânicamente, cousa muito menos provável que a perda por lixiviação, não obstante a grande permeabilidade.

Observemos que a qualidade do calcáreo moído, para fins agrícolas, não se mede tanto pela percentagem de cálcio que contém, mas pelo tamanho de suas partículas. Quanto mais moído, melhor.

O adubo deve ser espalhado ao redor de cada árvore num raio de cerca de 2 metros no máximo, para que as raízes não se expandam horizontalmente e aproveitem melhor a profundidade do solo. Usando-se calcáreo moído, a terra deverá ser revolvida após a sua aplicação. Se for mais fácil adquirir cal virgem, mais barata e freqüente, a sua extinção pode ser feita em latas de gasolina, derramando-se o leite de cal, depois que esfrie.

Aplicando a cal num raio de 2 m ao redor de cada pé, obteremos uma calagem bem mais intensa, que a de 1 ton espalhada uniformemente sobre um hectare, coincidindo quase com o cálculo pela fórmula Vageler. A-pesar-da grande permeabilidade do solo, o diâmetro da zona atingida

pelo adubo aumentará bastante com a profundidade. Nas encostas de morro, a zona de aplicação do calcáreo ou da cal deve ser excêntrica em relação ao pé da árvore, com o círculo deslocado morro acima, no sentido do maior declive, tanto mais quanto maior for a inclinação do terreno.

A função principal da calagem é, pois, a de melhorar as condições gerais do solo (pg. 414). Apenas cêrca de 20% da cal aplicada servirão como nutrimento à cultura. Será solucionado em parte também o problema do ítem 6, porque o aumento do valor S da tabela n.º 4 provocará a elevação da retenção d'água do solo. Diversas fórmulas existem para calcular o novo valor de higroscopicidade que se obterá após a calagem (2, pg. 309 e 42, pg. 96). Assim no P-371 o valor Hy deverá subir de 2,4 para 3,5, mais ou menos.

A falta apontada no ítem 2 deve ser eliminada por meio de adubação verde, a qual concorrerá para a solução dos ítems 4 e 6, e também para a eliminação da dificuldade do n.º 7. Existindo criação na fazenda, deve-se aplicar também o estêrco.

Diversas experiências foram feitas neste Instituto para determinar qual o adubo verde mais conveniente para o tungue e de que maneira deve ser plantado. Mas só depois de muitos anos de experimentação poderão ser feitas afirmações definitivas. Parece que os melhores adubos verdes são o feijão de porco e a *Crotalaria juncea*. Escolhamos o primeiro dêles por ser mais fácil de incorporar ao solo. Ambos pertencem à família das leguminosas e têm a propriedade preciosa de assimilar o azoto do ar, diminuindo assim grandemente as despesas com adubos azotados.

O feijão de porco pode ser plantado em linhas equidistantes de meio metro (4, tab. 1), cobrindo o terreno todo e deixando apenas claros circulares de 1 m de raio em tórno das árvores, para que, por ocasião do enterrio, não sejam molestadas as raízes do tungue, e, também, para que o feijão não alcance os seus primeiros galhos. Nas linhas, as sementes podem ser colocadas de 30 em 30 cm. Desta maneira serão gastos 80 quilos de sementes por hectare.

O plantio deve ser feito depois da calagem, decorridas duas ou três semanas, e a enterração em fevereiro ou março, quando a folhagem estiver no máximo do seu desenvolvimento. Quando o solo não é muito permeável, a aração, para incorporar o feijão de porco, pode atingir as raízes do tungue. Preferir enterrio a enxadão.

Enquanto a calagem deve ser repetida durante 7 ou 8 anos, conforme o resultado do cálculo pela fórmula Vageler, a adubação verde

nunca pode faltar, pois, lembremo-nos, os solos são muito arenosos e as perdas de matéria orgânica muito grandes.

Para a eliminação completa do defeito n.º 4, deve-se aconselhar a adubação com torta de mamona ou farinha de sangue. O defeito do solo apontado no ítem 5 deve ser reduzido com adubação potássica (sulfato de potássio, por exemplo).

É bastante difícil o cálculo da quantidade de adubo azotado a se aplicar anualmente. Êste adubo pode se tornar até supérfluo, se a adubação verde for feita com todo o cuidado e, principalmente, se o for duas vêzes por ano (40, pg. 146). Pelo contrário, pode êle tornar-se indispensável, pois o teor de azoto solúvel da tabela n.º 1 constitúe uma característica química do solo essencialmente temporária. Êsse teor aparece bastante elevado na tabela n.º 1, porque as amostras de solo foram tomadas em época das chuvas. Na estiagem, tal teor pode ser muito reduzido.

Muitas pesquisas e de grande valor já têm sido feitas (45) para determinação da quantidade e da rapidez da produção dos nitratos, azoto em geral e humus pelos adubos verdes. Mas eis um caso, em que pesquisas efetuadas em outros climas e em outros solos pouco nos adiantam, quantitativamente.

As melhores experiências nossas foram executadas por T. Camargo e Herrmann (5). Em condições iguais de número de equivalentes de azoto, aplicados em forma de adubação verde, torta de mamona, farinha de sangue, uréia, salitre do Chile e sulfato de amônio, a produção de diversas culturas foi superior nos canteiros em que se fez a aplicação da adubação verde.

Notou-se também, principalmente na produção de aveia, que a assimilação de azoto pelas plantas foi de 40% nos canteiros adubados com soja, 35% nos de crotalária, 32% nos de uréia, 26% nos de sulfato de amônio e apenas 15% nos de salitre do Chile. Estes índices de aproveitamento do adubo pelas culturas não podem ser generalizados para qualquer cultura, solo ou regime meteorológico, mas indicam que a adubação verde é um adubo azotado de grande valor.

Foi pequena, mesmo para as culturas ensaiadas, a quantidade de azoto aplicada :  $30 \text{ kg/Ha} = 2,14 \text{ KE/Ha}$ , enquanto uma colheita média de tungue consome 5,5 (pg. 411). Não foram assim abundantes as colheitas das diversas plantas experimentadas, porque o que se quis determinar foi a diferenciação entre os diversos adubos azotados, ao passo que com adubação farta todos os canteiros dariam grandes produções, estatisticamente idênticas.

Seria de grande vantagem empregar a adubação verde em lugar de adubos azotados químicos, muito mais caros.

No caso de solos muito permeáveis os adubos azotados caros não podem ser usados por causa da sua solubilização rápida. Temos elementos para afirmar que a infiltração de adubos facilmente solúveis e sua perda por lixiviação são grandes no Estado, devido à alta precipitação atmosférica.

O sulfato de potássio, que não podemos substituir por outro adubo potássico menos solúvel, pode ser preservado da lixiviação rápida misturando-o com torta de mamona, farelo de algodão ou farinha de sangue (neste caso pouco antes da aplicação), aplicando cedo a mistura : no fim da época seca, cerca de um mês antes da calagem.

É possível que a adubação verde forneça o azoto que falta à cultura, mas os três adubos azotados mencionados devem ser experimentados, cada um numa centena de árvores distribuídas pela fazenda de modo a representarem os 6 solos estudados.

A quantidade de azoto a experimentar desta maneira é  $5,5 - 2,14 = 3,3$  KE/Ha, que correspondem a 820 quilos de torta ou 440 quilos de farinha de sangue ou 760 de farelo de algodão (35, tab. 7). Serão, pois, 4 quilos do primeiro destes adubos, ou 2,2 do segundo ou 3,8 do terceiro, por pé.

Não possuímos ainda dados suficientes para uma afirmação quanto ao valor do quociente  $\frac{\text{disponibilidade}}{\text{exigência}}$  de potássio para uma colheita de tungue. Esse quociente deve ser, entretanto, menor que o indicado na tabela n.º 18, o que significaria que a adubação potássica pode ser dispensada para a produção da primeira colheita, mas não para a vida da planta.

A-pesar-de ser o tungue uma cultura exigente em potássio, a profundidade dos solos em questão atenua mais uma vez a sua pobreza.

À medida que a árvore cresce, explora volumes de solo cada vez maiores, alcançando assim novas porções de nutrimento, mas o quociente 6 do P-371 (tabela n.º 22), por exemplo, vai diminuindo sempre. Por sua vez, o consumo de 1,5 KE/Ha de potássio correspondente a uma colheita média de 10 quilos de nozes em casca por pé, pode não ser inferior nos primeiros anos, quando a árvore é nova e nem começou a produzir nozes, mas cresce ativamente.

No seu sexto ano de vida, a cultura terá absorvido cerca de 10 KE de potássio por Ha. A reserva do P-371 (tabela n.º 21) desceria a 9 KE/Ha

e o quociente passaria de 6 para 3, tornando-se, assim, certamente, o fator limite da produção.

Nas outras amostras de solo o perigo é maior ainda, com exceção da T-302, cujo quociente 13 certamente explica o bom estado da cultura de 6 anos sem adubação, além de algum estrume (pg. 402).

A aplicação anual de sulfato de potássio pode ser assim calculada em 1,5 KE de potássio por Ha, como figura no tôpo da tabela n.º 22, correspondendo a 150 quilos de sulfato de potássio, ou 800 gr por pé, espalhando o adubo em tórno da árvore num raio de apenas meio metro e revolvendo a terra com enxadão. E isto, como já mencionamos, no fim da estação sêca e misturado, preferivelmente, a outrotanto, ou, melhor, ao dôbro de torta de mamona.

O preço atual da adubação aconselhada pode ser avaliado em 550\$/Ha por ano: 130\$ uma e meia tonelada de calcáreo, 40\$ o custo de 80 quilos de sementes de feijão de porco, 290\$ o de 150 quilos de sulfato de potássio e 90\$ o valor de uns 250 quilos de torta de mamona.

O item 7 exige uma aração profunda por causa da porosidade baixa (tab. 9) na região do P-372, onde o tungue deva ser plantado. A porosidade do primeiro horizonte do P-371 também é baixa, mas aí o mal não tem remédio: a porosidade máxima (tab. 24) é igual à natural.

Tabela n.º 24

## DIVERSOS VALORES DE POROSIDADE

Solo	Horizonte	Profundidade cm	POROSIDADE % volume			Porosidade relativa $P_{nat}/P_{min}$	Variabilidade total do volume $0,01(100+4,5 Hy max)$	D = DIÂMETRO MÉDIO DOS POROS em microns		
			Natural	Máxima	Mínima			Natural	Máximo	Mínimo
P-371	A <sub>0</sub> -A <sub>1</sub>	0-50	47	47	35	1,38	1,20	150	150	29
P-372	A <sub>0</sub> -A <sub>3</sub>	0-80	40	47	37	1,08	1,17	81	180	57

O valor porosidade relativa (6, pg. 29) mostra quão longe se acha o solo das condições que se obtém após uma pastagem intensa e prolongada (porosidade mínima). Neste caso, a porosidade relativa seria igual a 1,00.

A porosidade mínima do P-371 é menor que a do P-372, porque este é um solo menos arenoso (tabela n.º 6).

Enquanto a porosidade máxima, que se obtém quando o solo é muito bem arado, é igual nos dois perfis, a porosidade natural (tabela n.º 9) do P-371 é a maior possível, ao passo que a do P-372 está bem mais afastada da porosidade máxima que da mínima. Isto é sinal de que o solo do P-372 já foi uma pastagem pelo menos durante alguns anos. Também indica que a aração elevará bem a porosidade natural.

A variabilidade total do volume é maior no P-371, porque é maior neste solo a diferença entre as porosidades máxima e mínima.

\* \* \*

As experiências secundárias, como a da avaliação da necessidade de torta de mamona ou farelo de algodão, podem ser feitas tratando-se uma ou duas dezenas de pés em cada talhão, para experimentar os solos correspondentes às diversas amostras analisadas e, para cada amostra, nas diversas altitudes e situações topográficas.

Outra experiência secundária imprescindível é a do manganês. O seu teor, como mostra a tabela n.º 21, é baixo no solo correspondente aos dois perfis, ao que parece em virtude da situação de alto de morro, pois esse elemento químico é de apreciável mobilidade em solos ácidos, subindo à superfície pela água de sorção capilar e levado daí pela água gravitativa drenada, quando não se formam enxurradas, pouco possíveis no caso, graças à grande permeabilidade do solo. O fato de se repetir entre as amostras T tal teor baixo de Mn apenas na T-303, única situada em alto de morro, reforça a explicação.

As experiências serão iniciadas com 0,5 KE de Mn por Ha = 17,73 Kg de MnO = 25 Kg de bióxido comercial = 75 Kg de sulfato comercial cristalizado com 7 H<sub>2</sub>O. A aplicação deve ser feita em uma ou duas dezenas de árvores, espalhando bem o adubo num raio de um metro ao redor de cada pé em todos os altos de morro e no início das descidas.

A quantidade deste adubo por pé deve ser, assim, 130 g de bióxido de manganês comercial. A melhor época de aplicação é antes da calagem ou depois da aplicação dos adubos potássico e azotado.

Um elemento que falta na maior parte dos solos do Estado, mas cujo quociente é bem alto na tabela n.º 22, é o fósforo, o qual também deve ser experimentado, pois muitas vezes a adubação com fosfatos dá ótimos resultados, mesmo quando o solo acusa boas reservas desse nutri-mento.



A experimentação nesse sentido pode ser iniciada com 0,5 KE de fosfato por Ha = 65 Kg de superfosfato = 55 Kg de farinha de ossos crus = 75 kg de escória de Thomas (35, tab. 7). Devido às diferenças de solubilidade e preço, deve ser experimentado cada um destes adubos, igualmente em uma ou duas dezenas de pés, aplicando-se, respectivamente, 300 g, 250 g e 350 g de adubo por pé.

É interessante experimentar no local dos dois perfis um adubo fosfatado barato por ser praticamente insolúvel. Pode-se ensaiar a apatita bem moída, aplicando-a em março ou abril, depois, portanto, do enterramento do adubo verde. Devido à acidez do solo, ela deve solubilizar-se com relativa rapidez, de modo que em poucos anos a fertilidade do solo deve aumentar sensivelmente (1 e 19). Pelo contrário, devido à baixa capacidade de retenção d'água do solo em questão, essa solubilização poderá ser retardada. Mas a experimentação deverá ser feita. A dose pode ser 200 g por pé e por ano.

A época da aplicação é anterior à calagem; a distribuição, ao redor das árvores num raio de cerca de um metro.

As quantidades de adubos aplicados nas primeiras experiências são ditadas pelo consumo de uma colheita média. Antes de atingí-la, as árvores podem necessitar de doses de adubos diferentes. Por isso, mesmo obtendo bom resultado com uma certa dose de adubo, deve-se experimentar uma dose maior e também uma menor, neste último caso para tentar uma economia, eventualmente sem diminuição correspondente na produção.

Nunca devemos esquecer, entretanto, que cultura alguma deve ser praticada à custa do empobrecimento do solo. Após a obtenção duma colheita, deve o agricultor devolver ao solo o azoto, o fósforo e o potássio extraídos (pg. 411), mesmo que seja em forma de adubo pouco assimilável e por isso barato, como, por exemplo, o fosfato tricálcico ou a apatita acima mencionada. Deve-se tratar sempre do aproveitamento de cinzas e resíduos orgânicos da fazenda. A adubação aquí prescrita realiza a devolução ao solo dos elementos extraídos pelas colheitas, mas de forma mais conveniente para as colheitas imediatas.

As experiências devem ser cuidadosamente executadas e anotadas. Não devem ser muitas, mas repetidas com bom número de árvores e em diversas situações topográficas e tipos de terra. É preciso organizar uma experiência de tal maneira que ela não deixe de dar uma idéia sobre o assunto: é preferível que uma experiência mostre resultado negativo, a que deixe o experimentador sem solucionar o caso, mesmo apresentando-o com uma produção regular.

Além de anotar os tratamentos e as colheitas obtidas em cada experiência, devem ser anotados os acidentes meteorológicos excepcionais, como um vendaval, geada, etc., e o aspecto das árvores nos diversos períodos do ano. Em consequência do tratamento aplicado, pode ocorrer uma queda prematura de fôlhas, ou as árvores podem revestir-se delas mais cedo; podem ser notadas diferenças na floração, na frutificação, etc..

Os gastos com a experimentação não somam mais do que 150\$ por Ha e por ano. Com os 550\$ de custo da adubação, temos uma despesa global inferior ao preço, por exemplo, de 400 quilos de sulfato de amônio, cuja aplicação por Ha é corriqueira.

Como medida de *defesa contra a erosão*, a plantação deve ser feita de modo que as ruas sigam curvas de nível. No meio delas devem ser levantados cordões de terra de uns 25 cm de altura apenas, mas com a largura de cerca de um metro. Maior declive, mais largos devem ser os cordões. Numa declividade de 10% êles devem ter um metro e meio de largura. V. pag. 379

Os solos da fazenda têm uma poderosa defesa natural contra a erosão, que é a sua grande permeabilidade. Por isto não notámos sinais de erosão, a-pesar-de terem sido feitas as observações de campo numa época de chuvas intensas.

No caso de uma chuva forte e prolongada, a água pode, entretanto, preencher os poros do sub-solo e em seguida do próprio solo, até formar enxurrada. Em virtude da grande permeabilidade do solo, isto deve ser muito raro e a altura das águas baixa, de modo que a largura dos cordões deverá desempenhar o papel principal.

Nas encostas de morros de grande declividade pode haver horizonte impermeável numa profundidade pequena, até um palmo apenas. Aí a melhor exploração do solo deve ser a pastagem, pois o plantio de culturas que explorem apenas uma profundidade de uns 20 ou 25 cm, exporia o solo à erosão, que seria muito forte.

## D — OBSERVAÇÕES SÔBRE O CÁLCULO DA ADUBAÇÃO

Para deduzir a quantidade de adubo necessário para uma colheita de uma planta qualquer, comparamos a quantidade de cada elemento nutritivo existente no solo (disponibilidade) com o seu consumo pela colheita (exigência). Para uma comparação mais fácil, dividimos o primeiro dêsses valores pelo segundo, obtendo um quociente, do qual

nos servimos para a avaliação das dificuldades duma cultura no solo dado.

Por meio de experimentação, realizada em solos diferentes, sob as diversas condições topográficas e climáticas, com variedades diferentes de plantas, atacadas por certas moléstias ou não, levando em consideração, enfim, todos os fatores que possam alterar a exigência, estabelecemos os valores dos diversos quocientes mínimos ou críticos, limitadores da produção.

Para cada um dos elementos nutritivos de cada cultura devemos saber quantas vezes o solo deve conter mais do que a cultura consome. É uma tarefa ingente para tornar rápido e simples o cálculo da adubação. Diversos defeitos, entretanto, inclúe tal procedimento, além da dificuldade da obtenção de dados suficientemente completos: supõe-se retilíneo um fenômeno exponencial traduzido pela fórmula Mitscherlich, pois a extração pela planta de uma unidade de qualquer elemento nutritivo contido no solo torna-se tanto mais difícil quanto menor se torna a reserva.

Parece injustificável a necessidade de coligir uma quantidade enorme de dados para poder fazer um cálculo simples, mas não isento de erros. Entretanto, é o único meio para podermos fazer algum cálculo que nos oriente nas experiências de adubação e tratamento do solo.

Quanto aos erros desse cálculo, não são maiores que os que nos podem causar sempre os diversos fatores imprevisíveis, como a "chuva de amanhã".

A lei de Mitscherlich pouco nos pode ajudar. É uma das leis básicas que regem toda a Biologia, mas é quantitativa apenas nas experiências em vasos com drogas puras e plantas cuidadosamente tratadas, quando todos os elementos nutritivos são proporcionados em doses ideais, menos um que então obedece a uma lei matemática elegante.

No campo, a lei de Mitscherlich fica tão perturbada (16 e 21 ; 43, pg. 19) pela inter-ação de dezenas de fatores diversos que a sua consideração não passa de perda de tempo.

O cálculo baseado no quociente  $\frac{\text{disponibilidade}}{\text{exigência}}$  constitue, pois, uma tentativa mais racional para orientar as experiências de adubação. A dificuldade de prever uma colheita não constitue a nosso ver impecilho algum para o agricultor: incentiva, pelo contrário, benêficamente a experimentação constante. Aachamos que só por meio da experimentação cuidadosa pode o agricultor conhecer bem o seu solo e o seu offício, obtendo assim um rendimento melhor do seu trabalho.

Preferimos conhecer as condições gerais do solo, por meio de uma análise completa de perfis, ao cálculo exato (41, pg. 146) da necessidade da cultura que se baseie em apenas algumas determinações prediletas (8, pg. 10) dos fatores de produção.

\* \* \*

## R E S U M O

A fim de deduzir os tratamentos físicos e químicos do solo, os mais econômicos e eficientes na produção agrícola de acordo com as condições locais e as necessidades da cultura, foram feitos trabalhos de campo e de laboratório segundo os métodos da Secção de Solos deste Instituto.

A região estudada abrange cerca de 10 km<sup>2</sup> de solos arenosos e pobres, situados numa zona limítrofe de duas formações geológicas pouco estudadas sob o ponto de vista agrícola. A cultura em questão é tungue (*Aleurites fordii* Hemsl.)

Entre os dados analíticos relatados e discutidos, os quais são por hora pouco usados no Brasil, mas que fazem parte da prática pedológica moderna, figuram: teores químicos solúveis, trocáveis e totais; determinação dos complexos coloidais do solo e de diversos índices relativos às possibilidades da vida vegetal; porosidade, higroscopicidade e diversos teores de água; ar do solo, análise mecânica com e sem peptização, dispersibilidade da parte coloidal do solo, resistência contra a erosão, potencial de capilaridade, diâmetro dos poros, permeabilidade e ascensão capilar; análise mineralógica do solo, estudo da rocha-mãe, apresentação dos roentgenogramas, que são fotografias das raias de reflexão dos raios X pela malha cristalina das argilas do solo.

Cada um dos horizontes genéticos, em que foram divididos os perfis (tomados até cerca de 2 m de profundidade), são analisados separadamente, referindo-se os resultados a volumes de solo e, quanto à porosidade e ao suprimento d'água, às condições naturais, máximas e mínimas.

Os dados físicos e químicos são apresentados também por meio de diagramas volumétricos e comparados com os correspondentes aos seis principais tipos de solos do Estado de São Paulo.

Seguem notas sobre a geologia, variação dos tipos de solo devida às condições topográficas, quadro climatológico normal provável do lugar, diagrama hiterográfico de Knoche e as observações sobre a vegetação.

Enumeradas as condições do solo desfavoráveis à cultura, sugerem-se medidas e pequenas experiências, cujas aplicações deverão produzir economicamente o melhor rendimento nos solos citados.

Seguem breves observações sobre o cálculo da adubação.

## S U M M A R Y

In order to determine the most economical and efficient physical and chemical soil treatments for the best agricultural production according with local conditions and necessities of crops, field and laboratory works were made in conformity to the methods used by the Soil Department of this Institute.

The region studied includes about 10 Km<sup>2</sup> of poor sandy soils, situated in a zone between two geological formations, soils which till the present have been poorly known. The crop is tung-oil tree (*Alcurites fordii* Hemsley).

In the related and discussed analytical data for the present not very much in use in Brazil, but which play a part in modern pedological practice, are to be mentioned: water soluble elements, exchangeable bases, several kinds of acidity, total colloidal-matter elements; SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of colloidal complex, and several indexes concerned with vegetable life; porosity, higroscopicity and different moisture data; soil air, mechanical analysis with and without peptization, dispersibility of colloid content, resistance against erosion, capillarity potencial, mean pore diameter, permeability and capillar ascension of water; mineralogical analysis of soil, parent material study and roentgenograms, viz., pictures of reflexion X-rays bands dues to interference with crystalline structure of soil clays.

Each one of the genetic horizons, in which the soil profiles (taken as far as two meters in average) were divided, was analysed separately. All data were expressed for volume of soil. Pore spaces and water content are referred to natural, maximum and minimum conditions.

The results of physical and chemical analysis were also presented by mean of volumetric diagrams and compared with correspondent data of six of the most important soil types of the State of São Paulo.

Notes about geology, soil types variation according to topographical conditions, calculated normal climatologic data for the farm, hytherographic diagram of Knoche and notes about vegetation were presented.

After mentioning the injurious and unfavourable soil conditions, some mesures and experiments are suggested in the endeavour to improve economically the yield in the studied soil.

Some notes about the quantity of fertilizers to be used in soils in general were given.

## L I T E R A T U R A C I T A D A

1. Askinasi, D. L. e S. S. Jarussow. Die Formen der Bodenaziditaet und ihre Bedeutung bei Kalk- und Phosphoritzersetzung. Ergebnisse der Vegetations- und Laboratoriumversuche de Prianischnikow, 15:361-404. Tab. 1-10. 1930.
2. Bach, F. Die Hygroscopizitaet der organischen Substanzen in Abhaengigkeit von den Sorbierten Kationen. Bodenkunde und Pflanzenernaehrung 11:303-316. Tab. 15-21. Fig. 7-10. 1938.
3. Browne, C. A. Some Relationships of Soil to Plant and Animal Nutrition. **Em** U. S. Dept. Agr. Yearb. of Agr. pg. 777-806. 1938.
4. Camargo, Theodoreto de e J. Herrmann. Contribuição para o estudo da adubação verde das terras roxas cansadas. Bol. Técn. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campinas) 1:1-22. 1928.
5. Camargo, Theodoreto de e J. Herrmann. Experiências com diversas formas de adubos azotados. Relat. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campinas) 1925-26:65-113; 243-247. 1927.
6. Camargo, Theodoreto de e Paulo Vageler. Análises de Solos. I. Análise Física. Bol. Técn. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campinas) 24:1-78. 1936.

7. Camargo, Theodoreto de e Paulo Vageler. *Análise de Solos. II. Análise Mineralógica.* Bol. Técn. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campinas) 31:1-19. Quadr. 1-5. 1937.
8. Camargo, Theodoreto de e Paulo Vageler. *Os Solos do Estado de São Paulo. I. Problemas Gerais da Ciência dos Solos tropicais e sub-tropicais.* Bol. Técn. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campinas) 40:1-22, fig. 1-4. 1938.
9. Chavarria, R. A. *El Cálculo, su importancia agronómica.* Bol. del Centro Nac. de Agric. de Costa Rica 21: (s. pag.). 1937.
10. Clarke, C. R. **Em** *The Study of the Soil in the Field.* pg. 1-142. Oxford, Clarendon Press, Inglaterra, 1936.
11. Cooper, H. P. *Fertilizer and Liming Practices Recommended for South Carolina.* South Carolina Agr. Exp. Sta. Circ. 60:1-23. 1939.
12. Eckstein, O., Jacob e Alten. **Em** *Arbeiten ueber Kaliduenkung.* pg. 1-237. Berlin, 1931.
13. Endell, Kurd. *Análise de Solos. II. Pesquisa radioscópica de Argilas e sua Importância técnico-econômica.* Bol. Técn. do Inst.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup> do Estado (Campins) 31:23-40. Fig. 1-12. 1937.
14. Joffe, Jacob S. **Em** *Pedology,* pg. 1-575, Rutgers University Press, New Jersey, 1936.
15. Kappen, H. **Em** *Die Bodenaziditaet,* pg. 1-363. Berlin. 1929.
16. Kletschkowsky, W. M. *Ueber die Konstanz und ueber die Verschiebung der Wirkungsfaktoren in der Ertragsformel von Mitscherlich. Ergebnisse der Vegetations- und Laboratoriumversuche de Prianischnikow.* 15:25-48. Tab. 1-5. Fig. 1-5. 1930.
17. Knoche, W. y V. Borsacov. *Estudio comparativo de Climas apropiados para el Cultivo de la Caña de Azúcar según una nueva Classificación climática.* Bol. de la Estación Exp. Agr. de Tucumán (Argentina), 30:1-19, fig. 1-12. Mayo, 1940.
18. Koenigs, J. **Em** *Chemie der Menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Nachtrag zu Band I, 4.<sup>a</sup> edição,* pg. 1-1216. Berlin. 1923.
19. Lambin, A. Z. *Bei welchen Bedingungen ist die Wirkung des Phosphorits auf die Entwicklung der Pflanzen in saueren Boeden am guenstigsten. Ergebnisse der Vegetations- und Laboratoriumversuche de Prianischnikow.* 15:403-436. Tab. 1-8. Fig. 1-5. 1930.
20. Leal, A. dos Santos. *Tungue (Aleurites fordii).* Public. da Dir. de Inspeção e Fom. Agr. da Secr. da Agr., Ind.<sup>a</sup> e Com. do Est. de S. Paulo. pg. 1-38, ilustr, S. Paulo. 1933.
21. Lemmermann, O. e outros. *Die Beziehungen zwischen Pflanzenernaehrung und Pflanzenwachstum und die Methode Mitscherlich zur Bestimmung des Duengebeduerfniss des Bodens. Zeitschr. fuer Pflanzenernaehr. Dueng. und Bodenkunde. Abt. B. 7:49. 1928.*
22. Lopes da Cruz, A. *Meios empregados para a Avaliação da Fertilidade.* Revista da Soc. Bras. de Agronomia (Rio) 2:3-18; 123-157. 1939.
23. Lundegårdh, H. **Em** *Klima und Boden.* 2.<sup>a</sup> edição pg. 1-480, Jena, 1930.
24. Maiwald, K. *Das Zusammenwirken der Elemente Kalium und Natrium beim Pflanzenwachstum. Ergebnisse der Agrikulturchemie* 1:97-116. Tab. 1-7, Berlin, 1929.
25. Marcondes de Mello, E. *O Aspecto químico coloidal do Solo e sua Aplicação agronômica.* Revista da Soc. Bras. de Agronomia, Rio. 2:158-164. Junho 1939.
26. Meyer, A. *Ueber einige Zusammenhaenge zwischen Klima und Boden in Europa.* Chemie der Erde. 2:209-347. 1926.

27. Mowry, H. Variation in the Tung-Oil Tree. Florida Agr. Exp. St. Techn. Bul. 247:1-32. 1932.
28. Newell, V., Mowry e Barnette. The Tung-Oil Tree. Florida Agr. Exp. St. Bul. 280:1-67. 1935.
29. Oppenheim, V. e Mark Malamphy. Sobre a Tectónica da Área de São Pedro — Xarqueada. Avulso do Serv. Fom. Prod. Mineral do Min. Agricultura, Rio. 7:1-15; (Córte estrutural E-F) 1936.
30. Reifenberg, A. **Em** The Soils of Palestine. pg. 1-131. Tab. 1-73., London, 1938.
31. Reuther, W. e R. Dickey. A preliminary Report on Frenching of Tung Trees. Florida Agr. Exp. St. Bul. 318:1-21. 1937.
32. Rohde, G. Kann Natrium den Naehrstoff Kalium in pflanzlichen und tierischen Lebewesen teilweise oder ganz ersetzen? Die Ernaehrung der Pflanze. 35:230-235. Berlin. 1939.
33. Russell, E. John. **Em** Soil Conditions and Plant Growth. 7.ª edição pg. 1-655, London, 1937.
34. Schneidewind, W. **Em** Die Ernaehrung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 5.ª edição, pg. 1-543. Berlin. 1922.
35. Setzer, J. Os Solos do Estado de S. Paulo. III. Generalidades sobre a riqueza química. Bol. Técn. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas) 70:1-35. Tab. 1-7, Mapas 1-3, Fig. 1-3. 1940.
36. Setzer, J. Propriedades físicas dos Solos do Estado de S. Paulo em face ao combate contra a erosão. Revista de Agricultura. 15:99-113. 10 tab. 1940.
37. Setzer, J. Frequência do pH nos Solos do Estado de S. Paulo. Rev. Brasileira de Química, 11:101-103; diagr. 1-2. 1941.
38. Teixeira Mendes, J. E. Contribuição ao Estudo da Cultura de Tunque (*Aleurites fordii*, Hemsley) no Estado de São Paulo. Bol. do Inst.º Agr.º do Estado (Campinas). 18:1-18. Ilustr. 1938.
39. Trénel, M. Das Problem der mineralischen Bodenaciditaet. Ergebnisse der Agrikulturchemie 1:221-234. Berlin. 1929.
40. Vageler, Paul. Over de Ontleding van Groenbemesting in de Gronden en de deze Ontleding vergezellende Verschijnselen. De Bergcultures. 27:145-147. Java. 1927.
41. Vageler, Paul. Duengungsversuche und Bodenanalyse unter besonderer Beruecksichtigung der tropischen Verhaeltnisse. Ernaehrung der Pflanze. 26:103-109; 137-149. Berlin. 1930.
42. Vageler, Paul. **Em** Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. pg. 1-336, Berlin, 1932.
43. Vageler, Paul. **Em** Grundriss der tropischen und subtropischen Bodenkunde, 2.ª edição, pg. 1-252. Berlin. 1938.
44. Vageler, Paulo. Secção de Solos. Separata do Relatório Anual. Inst.º Agr.º do Estado (Campinas). 1935:1-32. Tab. 1-3. Diagr. 1-3. 1936.
45. Waksman, S. A. **Em** Humus, pg. 1-494, Baltimore, 1936.
46. Washburne, Chester W. Petroleum Geology of the State of S. Paulo, Brazil. Bol. Commiss. Geogr. e Geol. do Estado de S. Paulo 22:1-272. 1 map., 1930.
47. Willis, L. G. **Em** Bibliography of references to the literature on the Minor Elements and their relation to the science of Plant Nutrition, pg. 1-488, 3.ª edição, Raleigh, N. C. (Resumos de Abbott, J. B., S. D. Conner and H. R. Dmalley, Indiana Sta. Bul. 170). 1939.