

# ALTERAÇÕES PROVOCADAS PELO FLORESTAMENTO DE PINUS sp. NA FERTILIDADE DE SOLOS DA REGIÃO DA LAPA-PR<sup>1</sup>.

Deodato Miguel de Paula Souza<sup>2</sup>  
Marcos Luiz de Paula Souza<sup>3</sup>

## SUMMARY

*Three soil units from Lapa Municipality, PR, were studied they are all part of the same soil catena and are under a twelve-year old Pinus elliottii homogeneous forest, and under native prairie vegetation. Morphological descriptions were made for the six conditions under study. Samples were taken in four points at each condition, at seven depths: 0-10cm; 10-20cm, 20-30cm; 30-40cm; 40-50cm; 50-75cm and 75-100cm.*

*The following parameters were determined: pH in water; organic matter content; exchangeable hydrogen aluminum, calcium+magnesium and potassium. Results are expressed in kg/ha/cm of soil and are presented in graphs. They show the forest has produced the following main alterations: a) increase in exchangeable aluminum; b) organic matter re-distribution within the profile, c) reduction in pH and in exchangeable calcium and magnesium.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da fertilidade do solo com vários tipos de cobertura vegetal é de grande valia para o entendimento de como a floresta pode influir sobre o comportamento químico do solo, e qual a tendência que está se estabelecendo ao novo equilíbrio a que foi submetido o solo, particularmente em áreas com florestas homogêneas de Pinus, devido a elevada importância econômica que adquiriu o florestamento com essas essências exóticas e as especulações a respeito dos possíveis efeitos destas florestas ao meio.

Praticamente inexistem estudos em nosso meio sobre o comportamento da matéria orgânica, da acidez, do magnésio, sódio, potássio e fósforo disponíveis no solo com relação a prováveis interferências provocadas pela cultura.

Trabalhos conduzidos por PAULA SOUZA (1976), revelam que provavelmente o produto acidificante proveniente da decomposição das acículas de Pinus acelera o processo de Podzolização nos solos onde se implantou este tipo de florestamento.

TOSIN (1977), estudando o comportamento microbiológico de solos com reflorestamentos de Pinus, Araucária e Mata Virgem, constatou através análises químicas do solo com Pinus, que o teor da matéria orgânica diminui, que a acidez sofreu um aumento e que os teores de Cálcio, Magnésio e Potássio caíram sensivelmente.

Trabalhos efetuados por GAUCHER (1971), assinalam que o plantio de coníferas em região temperada, em precipitação constante aceleram o processo de lixiviação dos sais solúveis das camadas superficiais.

Com relação ao comportamento da acidez em solo sob vegetação de coníferas SPURR (1940); DOMMERQUES & MANGENOT (1970) e GRAY & WILLIAMS (1971), revelam, em comparação com matas nativas um sensível decréscimo.

Este trabalho mostra para nossas condições alguns efeitos produzidos em três unidades de solos ocorrentes no município da Lapa-PR, com base em uma análise comparativa entre áreas de campo e com Pinus spp. com doze anos desde sua implantação.

(1) Trabalho financiado pela Banestado Reflorestadora S.A.

(2) Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo S.C.A./U.F.Pr. e bolsista do CNPq.

(3) Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo S.C.A./U.F.Pr. e bolsista do CNPq.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área Experimental.

Está localizada no município da Lapa-PR, no 2º planalto paranaense em propriedade da Banestado Reflorestadora S.A. O clima da região de acordo com IAPAR (1978), segundo a classificação de Koeppen é do tipo Cfb (Subtropical úmido, mesotérmico com verões frescos e geadas severas demasiado frequentes sem estação seca) e o Índice Hídrico de Tornwaite (1948), é Úmido sem deficiência anual.

### 2.2. Solos.

Foram estudadas três unidades de solos, cada uma sob duas condições de vegetação:

- a) campo, que vem sendo utilizado como pastagem;
- b) floresta homogênea de *Pinus* spp. com doze anos de idade.

A descrição geral e morfológica das unidades de solos assim como alguns dados analíticos são apresentados a seguir:

#### 2.2.1. PVso Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Álico — relevo suave ondulado.

##### 2.2.1.1. Descrição Geral.

Esta unidade ocorre em relevo suave ondulado, no eluvio da toposequência. Nas duas condições estudadas não se observa sinais de erosão. A área de campo, utilizada como pastagem, apresenta frequentemente a adição de dejetos animais, provavelmente responsável pela variação de valores encontrados nas análises das várias amostras superficiais.

Não existe informação de fertilização química nas áreas, expressando portanto os dados os efeitos do *Pinus* sobre o solo sob condições naturais.

##### 2.2.1.2. Descrição Morfológica PVso — *Pinus*.

O <sub>1</sub>	6	—	0 cm; Deposição de acículas não decompostas.
A <sub>11</sub>	0	—	7 cm; bruno escuro (10 YR 3/3, seco); franco argilo arenoso; fraca, muito pequena granular; macio muito friável; transição clara e plana; raízes abundantes.
A <sub>11</sub>	7	—	30 cm; bruno escuro (10 YR 4/2, seco); franco argilo arenoso; fraca pequena granular; ligeiramente duro, friável; transição clara e plana; raízes abundantes.
A <sub>3</sub>	30	—	50 cm; bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmida); franco argiloso; moderada, muito pequena e pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro; transição clara e plana; raízes abundantes.
B <sub>1</sub>	50	—	67 cm; bruno (7,5 YR 4/4, úmida); franco argiloso; moderada e forte, pequena, blocos subangulares; duro, firme; transição clara e plana; raízes muitas.
B <sub>21</sub>	67	—	88 cm; bruno (7,5 YR 4/4, úmida); argila arenosa; forte pequena; blocos subangulares; cerosidade fraca; duro, firme, transição clara e plana; raízes comuns.

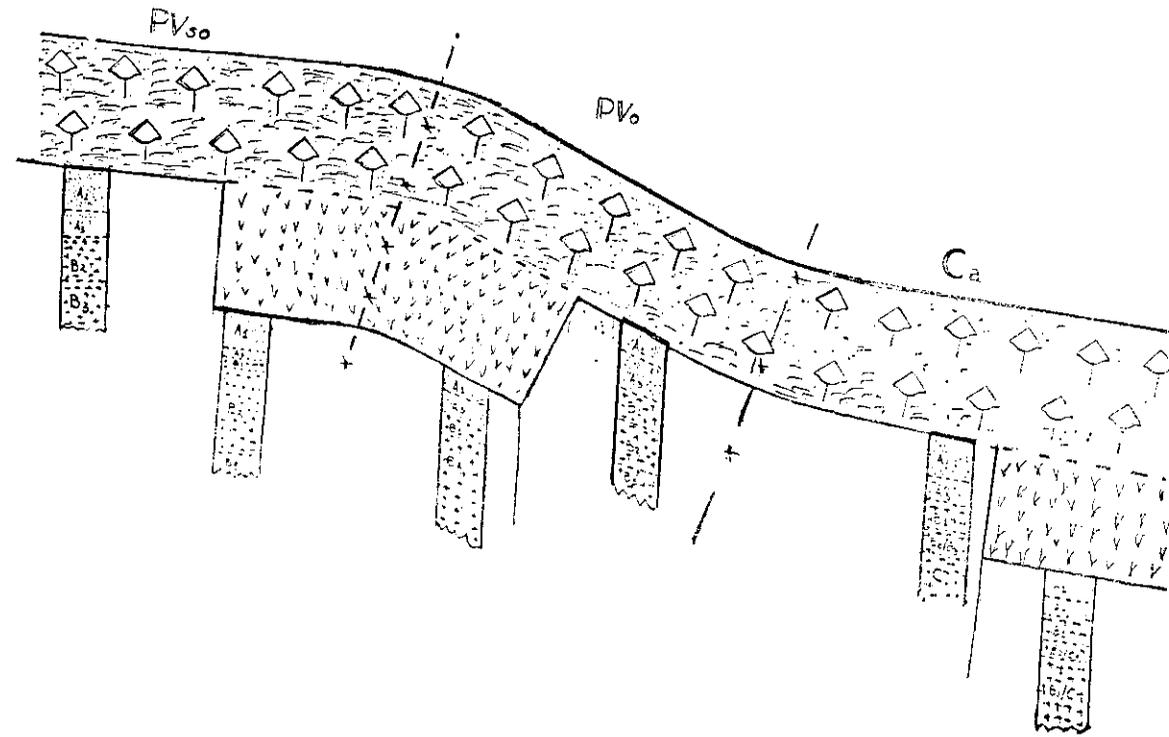


Figura 1 — Ocorrência das unidades de Solo e tratamentos em toposequência na paisagem.

- B<sub>22</sub> 88 — 94 cm; vermelho amarelo (5 YR 4/8, úmida); argila arenosa; moderada, muito pequena, blocos subangulares; cerosidade fraca; duro, firme; transição clara e plana; raízes poucas.
- B<sub>3</sub> 94 — 105 cm+; vermelho (2,5 YR 4/6, úmida); argila arenosa com cascalho; moderada a forte, pequena, blocos subangulares; duro, firme.

### 2.2.1.3. Dados analíticos na unidade PVso — Pinus (Quadro 1).

QUADRO 1 — Análise Química do Perfil — PVso — Pinus

Amostra nº de origem	Amostra nº SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo   ppm				
				<sup>+</sup> H	<sup>+++</sup> Al	<sup>++</sup> Ca	<sup>++</sup> +Mg	<sup>+</sup> K
A <sub>11</sub>	0 — 7	5,07	4,2	9,5	4,1	1,3	60	2
A <sub>12</sub>	7 — 30	5,21	4,4	9,4	3,7	1,1	35	1
A <sub>3</sub>	30 — 50	3,01	4,2	6,3	2,9	1,9	20	1
B <sub>1</sub>	50 — 67	2,47	4,3	6,4	2,5	0,9	16	1
B <sub>21</sub>	67 — 88	2,06	4,5	5,7	1,9	0,5	16	1
B <sub>22</sub>	88 — 94	1,72	4,8	4,8	1,3	0,7	16	1
B <sub>3</sub>	94 — 105	0,98	4,6	3,4	1,0	0,8	16	1

### 2.2.1.4. Descrição Morfológica — PVso — Campo.

- O<sub>1</sub> 0 — 28 cm; bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, seco); franco argilo arenoso; moderada pequena, granular; ligeiramente duro, firme; transição clara e plana; raízes abundantes.
- A<sub>3</sub> 28 — 34 cm; bruno escuro (10 YR 4/3, úmida), mosqueado comum médio e distinto (10 YR 3/3, úmida); franco argiloso; moderada; muito pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro firme; transição clara e plana; raízes abundantes; crotovinas abundantes.
- B<sub>1</sub> 34 — 43 cm; coloração variegada composta de bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido), bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); franco argiloso; moderada pequena, blocos subangulares; ligeiramente duro, firme; transição clara e plana; raízes muitas; crotovina abundantes.
- B<sub>21</sub> 43 — 80 cm; bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido), mosqueado abundante médio e distinto, vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila arenosa; forte, pequena, blocos subangulares; cerosidade pouca; duro; firme; transição clara e plana; raízes comuns, crotovinas abundantes.

- B<sub>22</sub> 80 — 110 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, úmido), mosqueado comum médio e difuso, bruno avermelhado escuro (5 YR 4/2, úmido); argila arenosa; forte, pequena, blocos subangulares; cerosidade pouca; duro, firme; transição clara e plana; raízes poucas; crotovinas abundantes.
- B<sub>3</sub> 110 — 115 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila arenosa; moderada pequena, blocos subangulares; cerosidade pouca; duro friável.

#### 2.2.1.5. Dados Analíticos da Unidade PVso — Campo (Quadro 2).

QUADRO 2 — Análise Química do Perfil PVso — Campo.

Amostra nº de origem	Amostra nº SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo				ppm	
				H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P
A <sub>1</sub>	0 — 28	4,02	4,6	7,8	2,8	1,9	59	1	
A <sub>3</sub>	28 — 34	2,77	4,8	6,2	3,0	1,0	23	1	
B <sub>1</sub>	34 — 43	2,33	5,0	5,7	2,9	1,1	23	1	
B <sub>21</sub>	43 — 80	1,55	4,9	4,4	2,5	0,8	23	1	
B <sub>22</sub>	80 — 110	1,62	5,0	5,2	1,8	0,9	20	1	
B <sub>3</sub>	110 — 115	0,77	5,2	3,2	1,8	0,7	20	2	

#### 2.2.2. PVo — Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Álico relevo ondulado.

##### 2.2.2.1. Descrição Geral.

A ocorrência da unidade na paisagem pode ser verificada na Figura 1. O relevo é ondulado e se encontra entre as unidades PVso e Ca a ser descrita.

Ocupa a posição de meia encosta e apresenta-se sob vegetação de campo, erosão laminar moderada e sulcos rasos freqüentes. Sob vegetação de Pinus esses efeitos já não são observados dada a formação de espesso mulching de acículas.

Essa condição foi escolhida com o objetivo de se investigar os efeitos deste tipo de floresta na recuperação do solo.

##### 2.2.2.2. Descrição Morfológica — PVo — Pinus.

- O<sub>1</sub> 4 — 0 cm; deposição de acículas não decompostas.
- A<sub>1</sub> 0 — 19 cm; bruno escuro (7,5 YR 3/2, seco) apresentando pontos de areia lavada; franco arg. arenosa moderada e forte média granular; macio.
- A<sub>3</sub> 19 — 45 cm; bruno escuro (7,5 YR 4/2, seco) apresentando pontos de areia lavada; franco arg. arenosa moderada pequena e média granular; ligeiramente dura.

B <sub>1</sub>	45 — 67 cm;	bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4 seco); argila arenosa moderada pequena e média granular; ligeiramente dura.
B <sub>21</sub>	67 — 98 cm;	vermelho escuro (2,5 YR 3/6, seco); argila arenosa moderada a fraca pequena a média granular; duro.
B <sub>22</sub> /B <sub>3</sub>	98 — 128 cm;	vermelha (2,5 YR 4/6, seco); argila arenosa moderada média a grande granular; duro.
Observações:	Presença de crotovinas em todo o perfil, solo muito seco e compacto.	
Seixos:	Nos dois primeiros horizontes A <sub>1</sub> e A <sub>3</sub> raízes grossas, finas e abundantes. Nos horizontes B <sub>1</sub> e B <sub>21</sub> raízes finas muitas.	
Raízes:	Presença de pequenos seixos de quartzito no B <sub>22</sub> /B <sub>3</sub> .	

### 2.2.2.3. Dados Analíticos da Unidade PVo — Pinus (Quadro 3).

QUADRO 3 — Análise Química do Perfil PVo.

Amostra n° de origem	Amostra n° SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo   ppm				
				H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>
A <sub>1</sub>	0 — 19	3,18	4,4	7,0	2,8	1,0	35	2
A <sub>3</sub>	19 — 45	2,84	4,5	6,7	2,2	1,0	16	1
B <sub>1</sub>	45 — 67	1,89	4,5	5,2	2,3	1,0	12	1
B <sub>21</sub>	67 — 98	1,48	4,4	4,7	2,0	1,1	12	1
B <sub>22</sub>	98 — 128	0,87	4,8	2,9	1,7	1,2	12	1

### 2.2.2.4. Descrição Morfológica — PVo — Campo.

A <sub>1</sub>	0 — 16 cm;	bruno (7,5 YR 4/4, seco), bruno escuro (7,5 YR 4/2, úmido); franco argila arenosa fraca média a grande granular; ligeiramente duro, muito friável.
A <sub>3</sub>	16 — 34 cm;	bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido); franco arg. arenosa moderado a fraca pequena granular; muito friável.
B <sub>1</sub>	34 — 57 cm;	vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila arenosa moderado média granular; muito friável.
B <sub>21</sub>	57 — 95 cm;	vermelha (2,5 YR 4/6, úmido); argila arenosa moderada a forte média subangular granular; friável.
B <sub>22</sub>	95 — 120 cm+;	vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila moderada pequena/muito pequena subangular; friável.
Raízes:	No horizonte A <sub>1</sub> muito finas muitas, no A <sub>3</sub> muito finas comuns.	
Observações:	Presença de crotovinas em todo o perfil.	

2.2.2.5. Dados Analíticos da Unidade PVo — Campo (Quadro 4).

QUADRO 4 — Análise Química do Perfil PVo — Campo.

Amostra nº de origem	Amostra nº SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo   ppm				
				<sup>+</sup> H	<sup>+++</sup> Al	<sup>++</sup> Ca	<sup>++</sup> +Mg	<sup>+</sup> K
A <sub>1</sub> <sub>p</sub>	0 — 16	3,18	4,7	6,4	2,2	2,8	23	2
A <sub>3</sub>	16 — 34	2,23	4,9	5,3	2,3	1,3	12	1
B <sub>1</sub>	34 — 57	1,65	5,0	4,6	2,4	0,8	12	1
B <sub>21</sub>	57 — 95	1,42	4,7	4,5	2,2	1,5	12	1
B <sub>22</sub>	95 — 120	0,81	4,7	3,3	1,0	1,2	12	1

2.2.3. Ca — Cambisol Distrófico Alico.

2.2.3.1. Descrição Geral.

Das unidades investigadas esta é menos desenvolvida geneticamente, e de acordo com a Figura 1, ocupa na toposeqüência a posição mais baixa dos três solos, não apresenta sinais de hidromorfismo, uma vez que se encontra bem acima do canal de drenagem, da bacia hidrográfica. Sob campo, que é utilizado como pastagem foi efetuada correção e adubação do solo, apresentando valores: alto para cálcio+magnésio e médio para potássio e fósforo.

2.2.3.2. Descrição Morfológica — Ca — Pinus.

- 0<sub>1</sub> 4 — 0 cm; deposição de acículas não decompostas.
- A<sub>11</sub> 0 — 15 cm; bruno escura (7,5 YR 3/2, seco); franco argila arenosa moderada pequena granular; ligeiramente dura.
- A<sub>12</sub> 15 — 32 cm; bruno escuro (7,5 YR 4/2, seco); franco argila arenosa moderada pequena a média granular, ligeiramente dura.
- A<sub>3</sub> 32 — 49 cm; bruno (7,5 YR 5/4, seco); franco argila arenosa moderada pequena subangular; ligeiramente dura a dura.
- B<sub>1</sub> 49 — 72 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, seco); argila arenosa forte pequena subangular; ligeiramente dura a dura.
- B<sub>2</sub>/B<sub>3</sub> 72 — 88 cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, seco); argila moderado comum médio distinto, vermelho (2,5 YR 5/8, seco); forte média subangular; muito dura.
- C 88 — 120 cm+; amarela avermelhada (5 YR 6/6, seco); mosqueado abundante médio distinto, vermelho (10 R 6/8, seco), abundante médio distinto, amarelo (10 YR 8/8, seco); forte média subangular; muito dura.

2.2.3.3. Dados Analíticos da Unidade Ca — Campo (Quadro 5).

QUADRO 5 — Análise Química do Perfil Ca — Pinus.

Amostra nº de origem	Amostra nº SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo   ppm				
				H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	+Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>
A <sub>11</sub>	0 — 15	2,91	4,2	6,1	3,8	2,3	31	6
A <sub>12</sub>	15 — 32	2,63	4,3	5,5	3,6	1,2	23	3
A <sub>3</sub>	32 — 49	2,23	4,5	5,1	3,6	1,5	27	1
B <sub>1</sub>	49 — 72	1,52	4,6	4,3	3,9	1,5	23	1
B <sub>2</sub> /B <sub>3</sub>	72 — 88	1,18	4,6	4,1	4,1	1,1	27	1
C	88 — 120	0,43	4,8	3,5	3,5	1,0	27	2

2.2.3.4. Descrição Morfológica — Ca — Campo.

- A<sub>1</sub> 0 — 22 cm; bruno escura (10 YR 3/3, seco); bruno muito escuro (10 YR 3/2, úmido); argila arenosa moderada pequena granular; ligeiramente dura a dura.
- A<sub>3</sub> 22 — 38 cm; bruno (10 YR 4/3, úmido); argila arenosa pequena a média forte subangular; friável.
- B<sub>1</sub> 38 — 53 cm; bruno amarelado escura (10 YR 4/4, úmido); argila, moderada a forte pequena subangular; friável.
- B<sub>2</sub>/B<sub>3</sub> 53 — 66 cm; bruno escura (7,5 YR 4/4, úmido), mosqueado comum médio e distinto, vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila, média a forte pequena subangular; muito friável.
- B<sub>3</sub> 66 — 100 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido); mosqueado abundante médio distinto, vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila arenosa, média a forte pequena subangular; friável.

2.2.3.5. Dados Analíticos da Unidade Ca — Campo — (Quadro 6).

QUADRO 6 — Análise Química do Perfil Ca — Campo.

Amostra nº de origem	Amostra nº SCA	M.O	pH	eq. mg/100 ml de solo   ppm				
				H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	Ca <sup>++</sup>	+Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>
A <sub>1</sub>	0 — 22	5,15	5,2	8,2	0,9	7,6	76	8
A <sub>3</sub>	22 — 38	2,81	4,5	5,9	4,9	1,5	35	1
B <sub>1</sub>	38 — 53	1,64	4,3	5,0	5,1	1,7	31	2
B <sub>2</sub> /B <sub>3</sub>	53 — 66	1,20	4,8	4,2	4,9	1,0	27	1
B <sub>3</sub>	66 — 100	0,65	4,6	2,7	4,4	1,1	27	1

### 2.3. Coleta de Amostras.

Para verificar as alterações químicas, em cada uma das seis áreas selecionadas foram coletadas com quatro repetições amostras às profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-75; 75-100 centímetros; num total de 168 amostras de solos.

### 2.4. Determinações Analíticas.

#### 2.4.1. Análise Granulométrica.

Utilizou-se o método da pipeta, e como dispersante o piro fosfato de sódio e a agitação pelo método do ultrassom. A escala granulométrica adotada foi a Americana.

#### 2.4.2. Análise Química.

Foram determinados: C, carbono orgânico; pH em água; Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup>, Al<sup>+++</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> permutáveis; e P assimilável de acordo com VETTORI (1969). A matéria orgânica foi calculada pela expressão  $C\% \times 1.72 = \% \text{ M.O.}$  (matéria orgânica).

#### 2.4.3. Apresentação dos dados.

Para evidenciar as alterações assim como tornar mais fácil a interpretação dos dados obtidos, os valores de matéria orgânica; Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup>; K<sup>+</sup>; H<sup>+</sup> foram transformados em Kg. ou Ton., por hectare por cm., de profundidade de solo e apresentados na forma de figuras. O índice pH também foi apresentado na forma gráfica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Matéria Orgânica

A figura 2 (ABC), mostra a distribuição em profundidade (ton/ha/cm), e os valores totais por camadas até um metro de profundidade para cada tratamento nos três solos estudados.

Com base no quadro 7, observa-se que os valores totais (ton/1 metro de profundidade/ha), para os dois tratamentos nas unidades PVso e Ca, são semelhantes, portanto não houve influência do Pinus no total de matéria orgânica do solo.

Para a unidade PVo houve um sensível acréscimo de material em todo perfil, o que era esperado por se tratar de um solo que vem sofrendo erosão laminar sob campo e sob floresta está protegido do fenômeno, recebendo adição de material orgânica.

A figura 2, mostra a influência da floresta na distribuição de matéria orgânica em profundidade, ficando evidente que no campo a distribuição é a normal dos solos da região, ou seja, há um acréscimo constante em profundidade, enquanto que sob floresta houve redistribuição do material, havendo perdas na camada de 0-20cm, e ganho de 20-30cm. Este fato reforça as observações de PAULA SOUZA (1976), que há uma tendência ao processo de podzolização em solos sob vegetação de Pinus, e concorda parcialmente com TOSIN (1977), visto que ocorreu transferência de material ocasionando diminuição apenas na camada de 0-20cm, nas unidades PVso e Ca e ganho em todo perfil para a unidade PVo.

### 3.2. pH do Solo.

A figura 3 (ABC), reflete o comportamento do pH do solo determinado em água nos dois tratamentos em profundidade e mostra que o Pinus promoveu uma maior acidificação nos solos, inclusive na unidade PVo, que naturalmente já apresentava pH baixo, com valores médios de 4,5 a 4,6 até profundidade de 1 metro.

Esses dados concordam com os obtidos por SPURR (1940), DOMMERQUES & MANGENOT (1970) e GRAY & WILLIANS (1971).

Para a unidade Ca, a larga amplitude de variação obtida pode ser atribuída a correção efetuada na área de campo.

### 3.3. Hidrogênio Trocável.

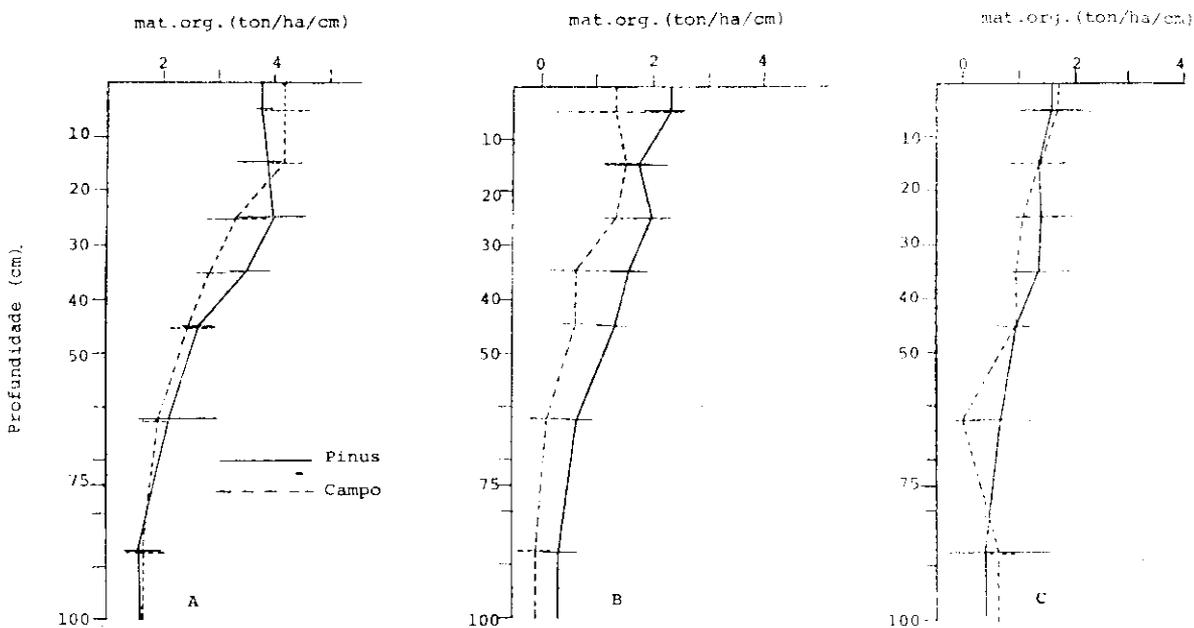
A figura 4 (ABC), mostra a distribuição do Hidrogênio trocável até 100 cm de profundidade, ajustando os dados em Kg de H/ha/cm de solo.

Os gráficos sugerem não ter havido modificações no solo devido aos tratamentos, visto que os valores obtidos mostram uma diferença muito pequena entre os tratamentos, havendo alternância nos valores maiores para as unidades de solos sob campo e Pinus.

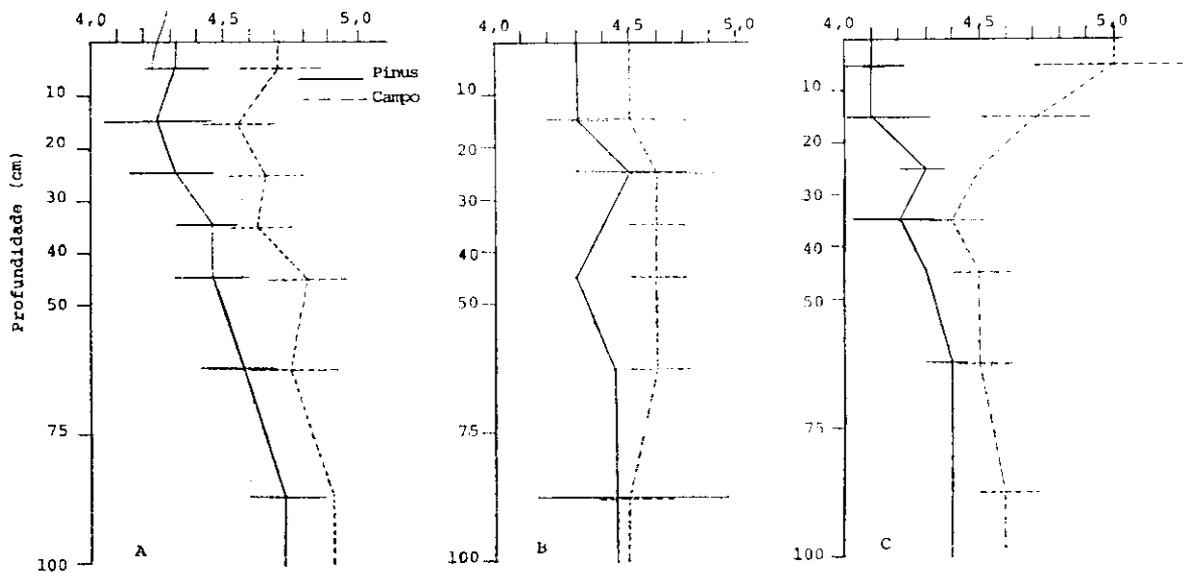
Provavelmente isso deve aos solos se encontrarem com altos teores de hidrogênio trocável adsorvidos também em condições naturais, portanto a presença do Pinus acidificando o meio, veio se refletir na solução do solo, evidenciada pelo abaixamento do índice pH determinado em água.

**QUADRO 7: Valores totais encontrados nos tratamentos, para as três unidades de Solo, até um metro de profundidade.**

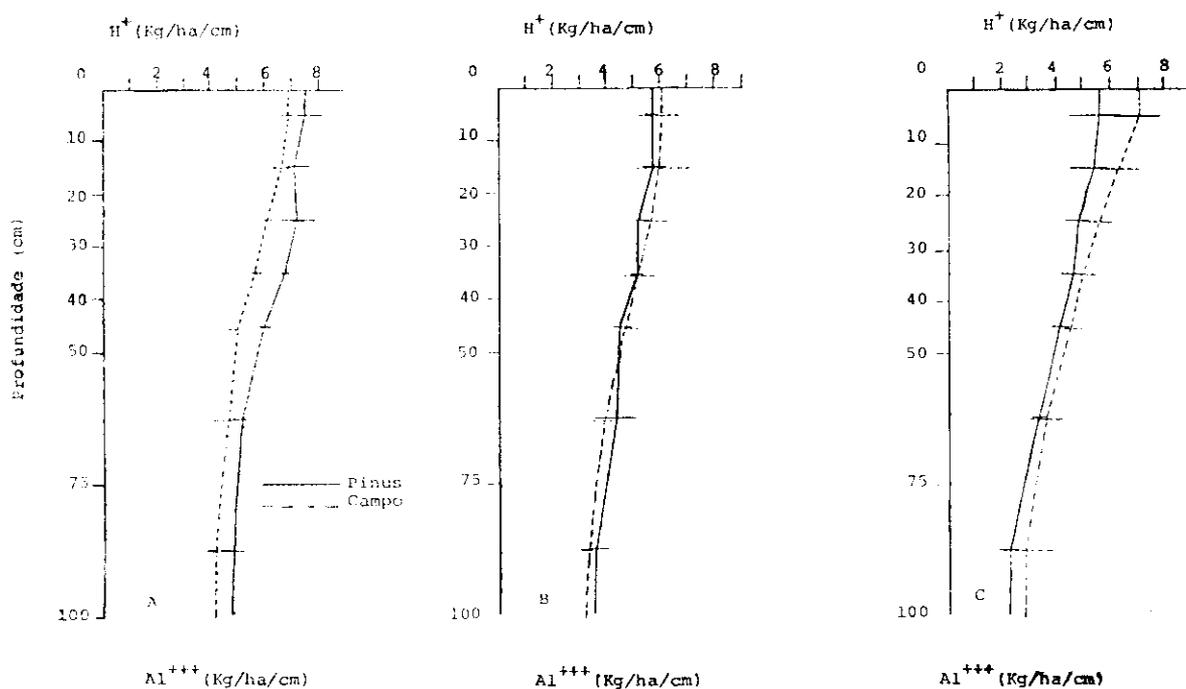
Unidade de Solo	M.O. (Ton/ha)	H (kg/ha)	Al (kg/ha)	Ca+Mg (kg/ha)	K (kg/ha)
PVso — Pinus	276,0 ± 34,2	597,8 ± 30,6	2495,2 ± 271,7	1354,2 ± 145,8	230,5 ± 35,2
PVso — Campo	263,1 ± 27,2	527,7 ± 22,8	2072,4 ± 384,0	2186,0 ± 551,0	298,2 ± 115,0
PVo — Pinus	217,6 ± 23,1	466,6 ± 37,2	2485,1 ± 199,0	1856,6 ± 424,6	175,7 ± 13,3
PVo — Campo	158,5 ± 34,1	636,4 ± 34,3	2455 ± 253,0	1981,2 ± 307,1	104,5 ± 8,5
Ca — Campo	90,7 ± 13	449,2 ± 42,7	4092,7 ± 162,2	1414,6 ± 191,1	168,2 ± 9,8
Ca — Pinus	94,9 ± 32,7	385,9 ± 28,7	3434,6 ± 532,6	4803,2 ± 1316,4	473,2 ± 52,3



**Figura 2 — Distribuição da Matéria Orgânica do solo (ton/ha) com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para as unidades PVso(A) — PVo(B) e Ca(C)).**



**Figura 3 (ABC) — Variação do índice pH (em água) e desvio padrão da média em profundidade, para os tratamentos Campo e Pinus para as unidades PVso(A) — PVo(B) e Ca(C).**



**Figura 4 — Distribuição do Hidrogênio trocável do solo (kg/ha) com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para as unidades PVso(A) — PVo(B) e Ca(C).**

### 3.4. Alumínio Trocável.

A figura 5 expressa as quantidades médias de Alumínio trocável em Kg/ha/cm de solo, para as condições estudadas.

Os dados da unidade PVso refletem o efeito de concentração provocado pelo Pinus, que é mais intenso nos 20 cm, superficiais, tendo importância até aproximadamente 60 cm., de profundidade. O aumento do teor de Alumínio sob floresta deve ser atribuído à diminuição do pH, que provocou sua liberação.

Para a unidade PVo, também se observa a mesma tendência até aproximadamente 40 cm., sendo que além desta profundidade o efeito não mais se produziu. A quantidade de alumínio liberada sob Pinus que corresponde a área entre as curvas da figura 5A, com base nos valores médios obtidos, até 40 cm., de profundidade corresponde a aproximadamente 150 kg de Alumínio trocável por hectare. Considerando o volume de solo contido em um hectare até um metro de profundidade (Quadro 7), verifica-se que a diferença deste elemento entre os tratamentos foi de apenas 29 kg., desprezível visto que o desvio padrão encontrado foi de 199 kg e 253 kg respectivamente para as áreas de campo e Pinus.

Para a unidade Cambisol (Ca), os dados da figura 5C, mostram que os efeitos da correção do solo atingiram a profundidade de 40 cm., e que para corrigir o solo sob Pinus e deixá-lo com o mesmo teor de Alumínio trocável que o solo de campo, com base nos dados médios obtidos, seria necessário a neutralização de 660 kg de Alumínio trocável.

Considerando-se que os dados obtidos de pH, Al e Ca + Mg estão compatíveis, a discussão dos dados objetivando a correção dos solos será efetuada quando se tratar do comportamento do Ca + Mg trocáveis do solo.

### 3.5. Potássio Trocável.

O potássio teve um comportamento particular para cada unidade de solo. Os valores calculados e expressos em kg/ha/cm de solo até a profundidade de 1 metro são apresentados na figura 6.

Na unidade PVso, que representa os efeitos do Pinus em relação ao campo em condições naturais, foi prejudicado sensivelmente pelas adições animais que promoveram um desvio padrão para as camadas superficiais na área de campo maior que o valor médio encontrado para Pinus. Devido à mobilidade do potássio em nossos solos, a variabilidade dos teores deste elemento no solo é observada até a profundidade de 30 cm., aproximadamente.

Mesmo se considerando os valores médios como verdadeiros, se teria até a profundidade de 30 cm., uma perda de potássio da ordem de 80 kg/ha, provocada pelo Pinus, que provavelmente deve ser bem menor e até insignificante.

O comportamento deste elemento na unidade PVo sofreu uma inversão, como mostra a figura 6B, os valores encontrados na floresta foram maiores que no campo. Portanto o Pinus adicionou potássio ao solo em toda profundidade analisada, num total de aproximadamente 70 kg/ha.

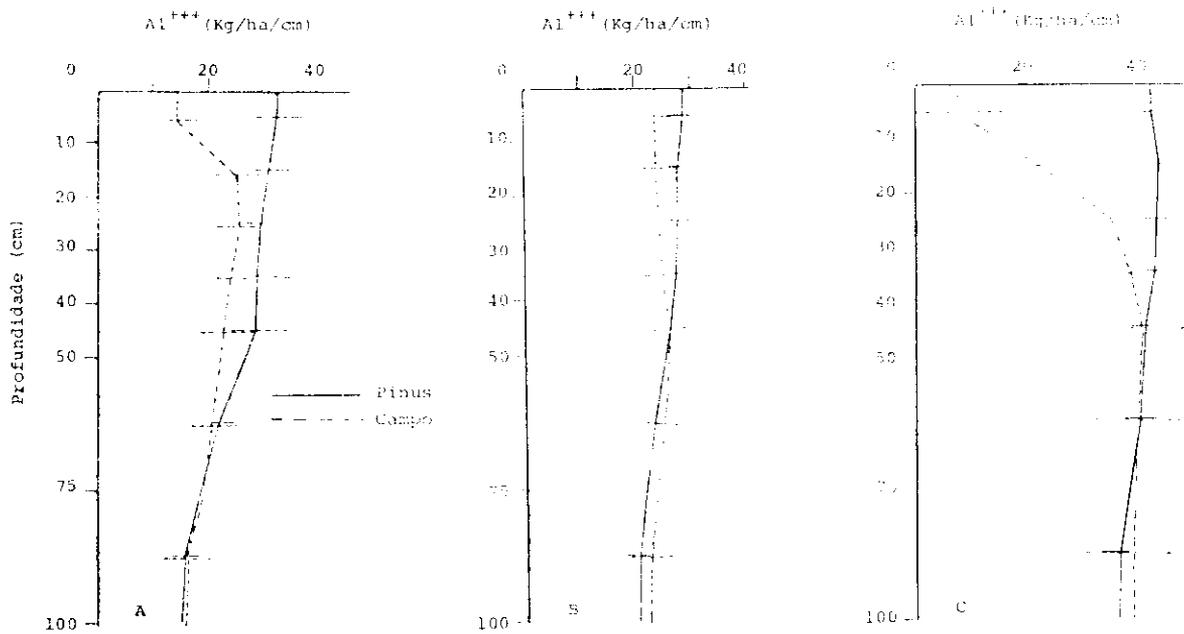
A figura 6C, mostra os dados da unidade Ca, que devido às adubações e a sua mobilidade, o potássio apresenta em todo perfil um valor para o campo bem mais elevado. A diferença obtida foi de 305 kg/ha para 1 metro de profundidade de solo, valor maior que o total do elemento encontrado neste mesmo volume de solo sob Pinus, 168 kg.

Embora o solo sob campo esteja bem mais suprido deste nutriente, os valores para profundidades maiores que 20 cm., são considerados baixos.

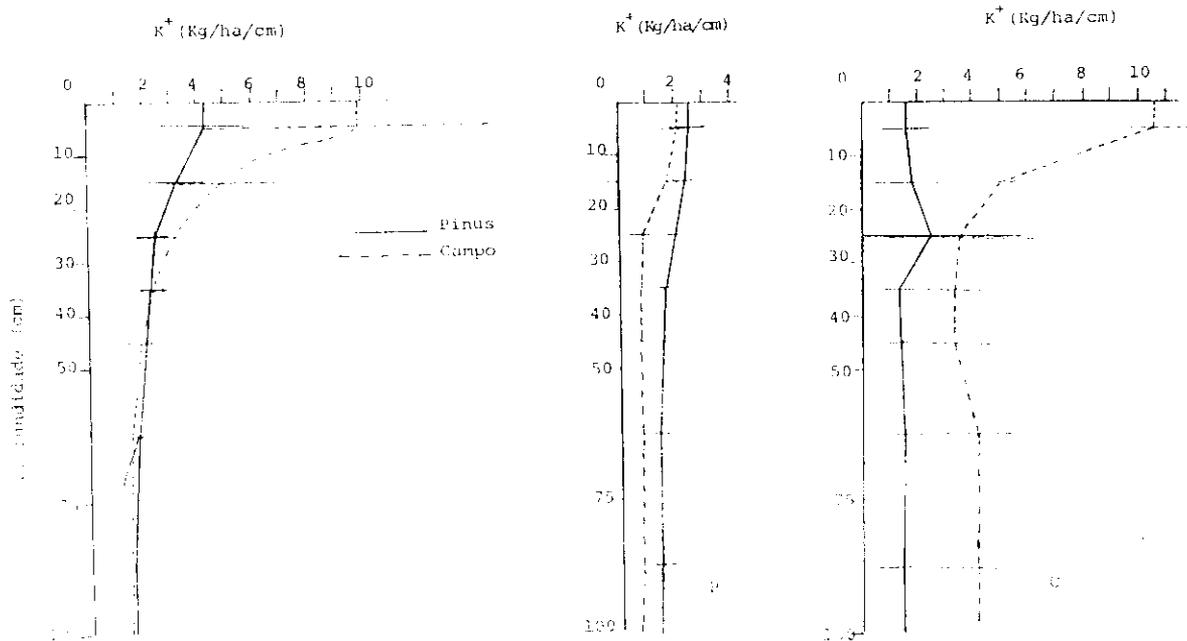
### 3.6. Cálcio + Magnésio Trocáveis.

O decréscimo dos teores trocáveis de Ca + Mg provocados pelo florestamento com Pinus podem ser observados nas figuras 7 (A,B) e 7 (C).

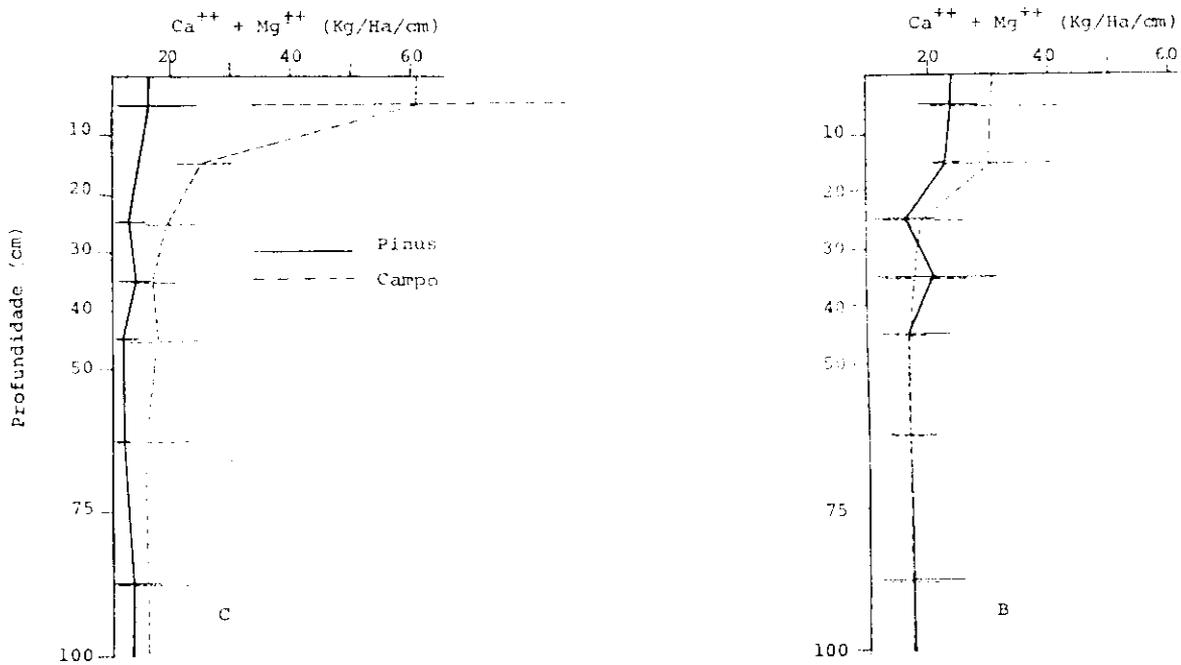
A unidade PVso, mesmo sob vegetação de campo apresenta níveis baixos dos elementos considerados, portanto naturalmente esta unidade de solo é pobre para estes cátions. Os desvios exagerados em relação à média para a camada superficial nas condições de campo também podem ser atribuídos principalmente



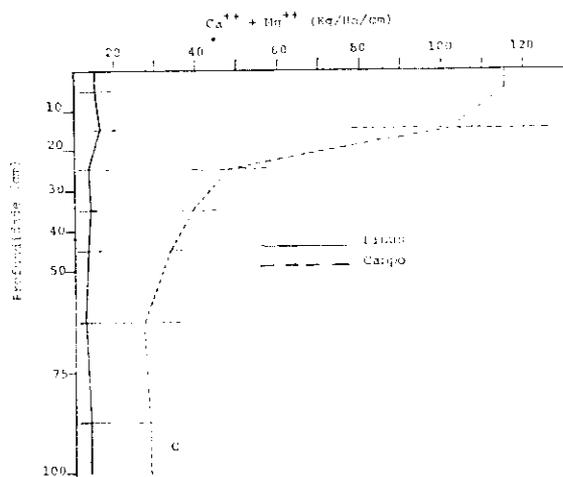
**Figura 5 — Distribuição do Alumínio trocável do solo (kg/ha) com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para as unidades de solos PVso(A) — PVo(B) e Ca(C).**



**Figura 6 — Distribuição do Potássio trocável do (kg/ha) com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para as unidades PVso(A) — PVo(B) e Ca(C).**



**Figura 7A e 7B — Distribuição do Cálcio + Magnésio com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para as unidades PVso e PVo.**



**Figura 7C — Distribuição do Cálcio + Magnésio com o desvio padrão da média em profundidade, sob Campo e sob Pinus para a unidade Cambisol (Ca).**

te a dejetos animais que são adicionados caoticamente ao terreno, uma vez que é utilizada como pastagem.

Como esta unidade é a que fornece os melhores dados para uma análise comparativa dos efeitos do Pinus na fertilidade dos solos, com relação a perdas por lixiviação e insolubilização dos cátions, podemos calcular através a figura 7A, com base nos valores médios para a profundidade desejada até 1 metro as perdas ocorridas em kg/ha/cm de solo.

Para uma camada de 0-30 cm., onde os efeitos foram evidentes, para se elevar o teor de Ca + Mg sob floresta para as condições naturais seriam necessários a adição de aproximadamente 640 kg/ha desses elementos, o que corresponde a aproximadamente 1600 kg de calcáreo. De outra forma, se verificarmos o teor de Alumínio trocável médio para esta mesma profundidade, teremos: sob campo 2,5 eq.mg/100 ml de solos e sob Pinus 3,5, para os quais seriam recomendados a incorporação de 5 e 7 toneladas de calcáreo respectivamente para suas correções. Portanto, podemos concluir que para o solo considerado, após 12 anos de utilização com Pinus, a incorporação de 2 ton/ha de calcáreo restituiria as perdas ocasionadas pelo florestamento com Pinus.

A unidade PVo, que tem como objetivo a investigação dos efeitos em solo que se encontrava em degradação, mostro que para estes elementos que se encontravam em teores muito baixos naturalmente, a presença do Pinus os tornaram ainda menores, na camada de 0-30 cm.; (fig. 7B). A perda verificada baseando-se nos valores médios foi de aproximadamente 200 kg/ha, sendo necessário a adição de 500 kg/ha de calcáreo para restituir a perda ocorrida.

Com base nos valores analíticos, verificou-se que para elevar o pH a nível desejado, e neutralizar o Alumínio trocável, seriam recomendados para as duas condições 5,4 e 6,2 ton/ha de calcáreo, exigindo a área de floresta apenas 800 kg/ha de calcáreo a mais que a área de campo.

Sob o ponto de vista conservacionista, não se considerando o valor econô-

mico da floresta, a implantação do Pinus foi altamente positiva para esta condição, uma vez que paralisou os fenômenos erosivos e devolveu ao solo parte da matéria orgânica perdida e proporcionou a perda de apenas 200 kg/ha de cálcio + magnésio.

A unidade Cambisol sob campo corrigida e adubada apresenta para estes nutrientes 0-10 cm teores altos, 10-20 cm teores médios e de 20 a 30 cm teores baixos. Essa distribuição mostra que naturalmente o solo era também muito pobre nestes cátions. A figura 7C, permite

avaliar a quantidade de Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup>, necessária para tornar os solos equivalentes com relação a estes elementos. Para a profundidade de 20 cm os valores médios demonstram haver uma diferença de aproximadamente 1800 kg/ha de Ca + Mg ou 4,5 toneladas de calcáreo/ha.

#### 4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos e analisados permitiram as seguintes conclusões, para as unidades de solos investigadas:

##### 4.1. Pvs0 — Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Alico relevo suave ondulado.

Esta unidade foi a que forneceu os melhores dados para a análise dos efeitos do Pinus em relação ao campo, onde constatou-se que:

a) o Pinus promoveu a acidificação do solo, acarretando a diminuição do índice pH e dos teores de Cálcio + Magnésio em todo perfil estudado, e o aumento do Alumínio trocável até aproximadamente 60 cm de profundidade;

c) após a utilização deste solo durante 12 anos com Pinus, com base nos valores médios de Ca + Mg, seriam necessários a incorporação de aproximadamente duas toneladas de calcáreo por hectare para devolver sua condição natural;

c) com relação ao Hidrogênio e ao Potássio trocáveis, Fósforo disponível e Matéria Orgânica, as diferenças obtidas foram insignificantes.

#### 4.2. PVo — Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico Alíco relevo ondulado.

Esta condição permitiu avaliar os efeitos do florestamento com *Pinus elliotti* após 12 anos em local que vinha sofrendo a ação de erosão laminar moderada e com a presença de sulcos ocasionais rasos, constatando-se:

a) houve a acidificação do solo ocorrendo a diminuição do índice pH, e do teor de Ca + Mg e aumento no Alumínio trocável, porém com baixa intensidade e apenas nos 30 cm superficiais exigindo aproximadamente a adição de 500 kg/ha de calcáreo para restabelecer a condição natural de campo;

b) houve aumento dos teores de Potássio trocável (71 kg/ha/m) e Matéria Orgânica (59 kg/ha/m) em todo perfil na área florestada;

c) com relação ao Hidrogênio trocável houve decréscimo de 110 kg na área sob *Pinus*, por hectare para 1 metro de profundidade.

#### 4.3. Ca — Cambisol Distrófico Alíco.

O estudo comparativo desta unidade permitiu avaliar as diferenças existentes entre um solo quimicamente pobre florestado com *Pinus* por 12 anos e uma área de campo, originalmente nas mesmas condições, atualmente corrigida e adubada, que permitiram as seguintes conclusões:

a) praticamente não houve diferenças no teor total de matéria orgânica, e hidrogênio trocável para o volume de solo estudado;

b) para se tornarem equivalentes na camada superficial de 0-20 cm, em teores de Ca + Mg seria necessário a adição de aproximadamente 4,5 toneladas de calcáreo por ha, na área sob *Pinus*.

c) a diferença no teor de Potássio de acordo com os valores médios, para um metro de profundidade é de 305 kg/ha.

#### 4.4. Conclusões Gerais.

Podem ser generalizadas as seguintes conclusões, para os solos estudados:

O florestamento com *Pinus elliotti*, após 12 anos:

a) promoveu a acidificação do solo, diminuindo o pH e o teor de Ca + Mg, e liberando Alumínio trocável;

b) provocou redistribuição da matéria orgânica aumentando seu teor em profundidade;

c) teve pouca influência no teor de Potássio e Hidrogênio trocável, com comportamentos variáveis de acordo com as condições que se encontra o solo;

d) promoveu a recuperação de áreas erodidas protegendo da erosão hídrica e aumentando o teor de matéria orgânica em todo perfil;

e) os efeitos sobre as bases trocáveis foram pequenos considerando-se as quantidades de adubos e corretivos necessários para corrigir os solos estudados em condições naturais.

#### 5. RESUMO

Foram estudadas três unidades de sala que compõe uma toposequência no Município da Lapa, localizado no 2º planalto paranaense, sob floresta pura de *Pinus elliotti* com doze anos de idade, e vegetação de campo. Os solos foram descritos morfologicamente nas seis condições estudadas e cada área foi amostrada em quatro pontos e a sete profundidades, a saber: 0-10cm, 14-20cm; 20-30cm, 30-40cm; 40-50cm; 50-75cm; 75-100cm.

Foram determinados: pH em água; Matéria Orgânica, Hidrogênio, Alumínio, Cálcio + Magnésio e Potássio trocáveis. Os resultados obtidos em kg/ha/cm de solo são apresentados graficamente e mostram que o florestamento dentre as alterações provocadas destacam-se: a) aumento no teor de Alumínio Trocável; b) redistribuição da matéria orgânica no perfil; c) diminuição do pH, e dos teores de Cálcio + Magnésio trocáveis.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Fernando Gravina Munhoz, DFF/SCA/UFP, pela realização das análises de fertilidade dos solos. A Banestado Reflorestadora S/A, pelo financiamento do projeto e cessão de parte da área experimental. Ao Sr. Gustavo Kastrup pela cessão de parte da área experimental.

## 7. LITERATURA CITADA

1. DOMMERQUES, Y. e MANGENOT, F., 1970. *Ecologia microbienne du sol*. Paris, Masson Ed. 796 p.
2. GAUCHER, G., 1971. *Tratado de pedologia agrícola*. Barcelona, Ed. Omega. 647 p.
3. GRAY, T.R.G. e WILLIAMS, S.T., 1971. *Soil micro-organisms*. Edinburgh, Oliver & Boyd Ed. 240 p.
4. IAPAR — Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1978. *Cartas Climáticas básicas do Estado do Paraná*, Londrina-PR. 41 p.
5. PAULA SOUZA, D.M., 1976. *Alterações Físicas Químicas e Biológicas provocadas pela cultura de Pinus em alguns solos do Paraná*. SCA UFP. Curitiba. (mimeografado).
6. SPURR, S.H., 1940. The influence of two juniper species on soil reaction. *Soil Science*, 50: 289-294.
7. TOSIN, J.C., 1977. *Influência do Pinus elliottii, Engelm, da Araucaria angustifolia (Bert.) O. KTZE e da mata nativa sobre a atividade da microflora do solo*, SCA/UFP. Curitiba (Tese de Mestrado) 111 p.
8. VETTORI, L. e PIERANTONI, H., 1968. *Análise granulométrica — Novo método para determinar a fração argila*. EPFS/EPE-Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro.
9. VETTORI, L., 1969. *Métodos de Análise de Solo*. Ministério da Agricultura. Bol. Técnico, n.º 7. 24 p.