

**INFLUÊNCIA DO CULTIVO DE Pinus SOBRE ALGUMAS
CARACTERÍSTICAS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO-ESCURO PRIMITIVAMENTE SOB
VEGETAÇÃO DE CERRADO.**

MÁRCIA INÊS MARTIN SILVEIRA LOPES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1983

A Orlando e Nelly, meus pais,

a Luiz Roberto, meu marido,

à Flávia, minha filha,

com amor e carinho,

ofereço.

Ao Dr. Octavio do Amaral Gurgel Filho,

i n m e m o r i a n,

dedico.

A G R A D E C I M E N T O S

Somos sinceramente gratas às seguintes pessoas e entidades:

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Ferraz de Mello, Professor Adjunto do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela orientação segura, atenciosa e contínua prestada durante a execução do presente trabalho e amizade sempre dispensados.

À Marco Antonio de Oliveira Garrido, Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Florestal, pela valiosa colaboração, apoio e sugestões que sempre nos ofereceu.

À Estação Experimental de Assis do Instituto Florestal do Estado, pela disponibilidade de área e material necessário bem como pela solicitude com que sempre nos recebeu.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro concedido, permitindo a execução desta pesquisa.

À Lêda Maria do Amaral Gurgel Garrido, Engenheiro Agrônomo, Mestre em Experimentação e Estatística, pelo auxílio na análise estatística e principalmente pela forma amigável com que sempre nos apoiou neste trabalho.

Aos Professores e funcionários do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela amizade e facilidade oferecidas.

Ao Instituto de Botânica da Secretaria da Agricultura do Estado, em especial, à Biologista, Mestre em Botânica, Yara Struffaldi De Vuono, pela compreensão, estímulo e facilidades concedidas.

Ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos, do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pela gentil colaboração e incentivo constante.

A Todos que, de uma maneira ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

pag

RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. A manta orgânica e sua importância.....	03
2.1.1. Quantidade de serapilheira e seus efeitos no <u>so</u> <u>lo</u>	05
2.1.2. Composição da serapilheira.....	08
2.2. Efeitos do reflorestamento com <i>Pinus</i> sobre os teores de hidrogênio potencial - H^+ , alumínio trocável - Al^{3+} e sobre o pH do solo.....	09
2.3. Efeitos do reflorestamento com <i>Pinus</i> sobre os teores de nitrogênio - N, carbono - C e relação carbono/nitro <u>g</u> <u>ênio</u> - C/N do solo.....	16
2.4. Efeitos do reflorestamento com <i>Pinus</i> sobre os teores de fósforo solúvel, potássio, cálcio e magnésio trocá- veis do solo.....	21
2.4.1. Efeitos sobre o fósforo solúvel - PO_4^{3-}	22
2.4.2. Efeitos sobre o potássio trocável - K^+	24
2.4.3. Efeitos sobre o cálcio - Ca^{2+} e magnésio - Mg^{2+} trocáveis.....	26
2.5. Efeitos do reflorestamento com <i>Pinus</i> sobre a soma de bases - S, capacidade de troca de cations - CTC e satu- ração em bases - V.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Material.....	32
3.1.1. Localização e topografia.....	32
3.1.2. Clima.....	32
3.1.3. Solo e vegetação.....	33
3.1.4. Essências florestais usadas e tratos culturais.	34

	pag.
3.2. Métodos.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1. Efeitos do florestamento sobre a manta orgânica.	38
4.1.1. Efeitos sobre as quantidades formadas.....	38
4.1.2. Efeitos sobre os teores de macronutrientes.	41
4.2. Efeitos do florestamento sobre o solo.....	43
4.2.1. Efeitos sobre o pH do solo.....	43
4.2.2. Efeitos sobre o teor de alumínio trocável - Al^{3+}	47
4.2.3. Efeitos sobre a acidez potencial - H^+	49
4.2.4. Efeitos sobre o teor de fósforo solúvel - PO_4^{3-}	52
4.2.5. Efeitos sobre o teor de potássio trocável - K^+	55
4.2.6. Efeitos sobre o teor de cálcio trocável - Ca^{2+}	57
4.2.7. Efeitos sobre o teor de magnésio trocável - Mg^{2+}	60
4.2.8. Efeitos sobre a soma de bases - S.....	63
4.2.9. Efeitos sobre a capacidade de troca de ca- tions - CTC.....	65
4.2.10. Efeitos sobre a saturação em bases - V%....	68
4.2.11. Efeitos sobre o teor de carbono - C.....	70
4.2.12. Efeitos sobre o teor de nitrogênio - N.....	73
4.2.13. Efeitos sobre a relação carbono/nitrogênio- C/N.....	75
4.3. Considerações finais.....	78
5. CONCLUSÕES.....	80
6. LITERATURA CITADA.....	82

INFLUÊNCIA DO CULTIVO DE *Pinus* SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO PRIMITIVAMENTE SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO.

MÁRCIA INÊS MARTIN SILVEIRA LOPES

Orientador: FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DEMELLO

RESUMO

Foram coletadas amostras de manta orgânica e de solo, nas profundidades de 0 - 30 cm e 30 - 60 cm, em povoamentos de *Pinus elliottii* (9, 14 e 19 anos), *Pinus patula* (19 anos), *Pinus taeda* (19 anos) e em uma área adjacente com vegetação natural do tipo cerrado, situados em solo Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa, do município de Assis, São Paulo.

Foram determinadas as quantidades de manta orgânica acumuladas, sob cada povoamento, e as quantidades e teores de macronutrientes nas mesmas.

Nas amostras de solo foram efetuadas determinações de pH, acidez de troca e potencial, teores de cations trocáveis, carbono, nitrogênio e fósforo solúvel em H_2SO_4 0,05 N e calculados os valores da soma de bases, CTC, saturação em bases e relação C/N.

Concluiu-se que as quantidades de mantas orgânicas formadas e conteúdos totais de macronutrientes nas mesmas foram semelhantes em todos os tratamentos, porém diferiram no que se refere aos teores de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio que foram maiores na manta de cerrado.

O cultivo de *Pinus* tendeu a elevar a acidez do solo (pH, acidez de troca e potencial) e os teores de carbono, fósforo, cálcio, soma de bases trocáveis, CTC e relação C/N. Não interferiu nos teores de nitrogênio, potássio e magnésio trocáveis, bem como na saturação em bases.

Sugere-se mais estudos relativos ao assunto.

EFFECT OF GROWING *Pinus* ON SOME CHARACTERISTICS OF A DARK
RED LATOSOL ORIGINALLY UNDER "CERRADO" VEGETATION

MÁRCIA INÊS MARTIN SILVEIRA LOPES

Tutor: FRANCISCO DE ASSIS FERRAZ DE MELLÔ

SUMMARY

Samples were collected from the litter covering a Dark-red Latosol, sandy phase, on which three *Pinus* forest of varying ages were grown. These were, respectively, *Pinus elliottii* (9, 14 and 19 years old), *Pinus patula* (19 years old), and *Pinus taeda* (19 years old). Soil samples were also taken at the depths of 0-30 cm and 30-60 cm under the forest and from an adjacent area still under the native "cerrado" vegetation, in Assis City, São Paulo State, Brazil.

The litter accumulated under each forest was quantitatively determined as well as their respective macronutrient content.

The soil samples were analysed to determine pH, exchange and potential acidity, exchangeable cations, carbon, nitrogen and phosphorus soluble in 0,05 N H₂SO₄ and to calculate sum of bases, CEC, base saturation and C/N ratio.

Amount of accumulated litter and total macronutrient content were similar for all treatments. But

nitrogen, potassium, calcium and magnesium content were higher in the litter under "cerrado" vegetation.

The overall effects of the *Pinus* vegetative cover were an increase in soil acidity (pH, exchange and potential acidity) and on carbon, phosphorus and calcium content and on sum of bases, CEC and C/N ratio. No effect was found on nitrogen, exchangeable potassium and magnesium and base saturation.

More studies and further research are needed on the subject.

1. INTRODUÇÃO

As áreas de cerrado, no Brasil, somam aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados e ocorrem desde o Paraná até a região norte da Amazônia, com áreas imensas no Brasil central.

Essas terras, pobres em nutrientes minerais disponíveis para as plantas, foram, por muito tempo, relegadas a plano secundário, no que se refere ao plantio de culturas agrícolas, sendo principalmente usadas para pastagens.

Hoje, os cerrados constituem a fronteira agrícola do Brasil. Neles são cultivadas plantas de interesse econômico tais como: arroz, milho, trigo, soja e outras com boa produtividade.

Além disso, por serem terras fracas, prestam-se ao florestamento e um dos gêneros mais importante para esse fim é o *Pinus*.

A escolha das pináceas para o florestamento dos cerrados parece bastante acertada, pois sabe-se que são espécies com baixo requerimento nutricional e, por isso, se desenvolvem de modo satisfatório em áreas de baixa fertilidade natural.

Entretanto, a implantação de extensas monoculturas florestais nos cerrados, deve provocar alterações ecológicas, que precisam ser urgentemente avaliadas (POGGIANI, 1976).

Surgem, então, algumas perguntas: quanto de matéria orgânica os povoamentos de *Pinus* adicionarão a esses solos?; qual a composição química desse material?; quais as alterações que resultarão nas propriedades químicas de interesse à fertilidade?

São perguntas que exigem respostas, pois não se conhece com precisão o efeito do florestamento com pináceas em solos de cerrado. Daí a execução deste trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A manta orgânica e sua importância

Nos dizeres de HAAG *et alii* (1978), as essências florestais apresentam um comportamento diferente das outras culturas agrícolas, uma vez que contribuem para um melhoramento das condições físicas e químicas do solo em que estão implantadas, pois suas raízes, atingindo maiores profundidades, retiram das camadas inferiores os nutrientes que, juntamente com outros absorvidos por via não radicular, formam os tecidos das plantas que são posteriormente incorporados às camadas superiores, fornecendo material que constantemente é transformado em húmus por processos biológicos.

A devolução de nutrientes ao solo pode ocorrer por escorrimento pelo tronco, gotejamento da copa e principalmente pela decomposição dos restos orgânicos tais como folhas, frutos, sementes, ramos e mesmo tronco de árvores (SPAIN, 1975;

PRITCHETT, 1979). Esse material todo constitui o "litter" pa lavra da língua inglesa para a qual existem termos equivalentes em português: seranilheira ou manta florestal.

O retorno dos nutrientes ao solo, através da queda de folheto, varia de acordo com o tipo de floresta, com as condições edáficas e climáticas.

Segundo SPAIN (1973), a quantidade de folheto caído, bem como sua composição química, afetam o desenvolvimento dos solos e o crescimento da floresta.

KRAMER e KOSLOWSKI (1960) afirmam que o principal meio através do qual os minerais retornam ao solo é pela decomposição do folheto e, portanto, a fertilidade dos solos é influenciada pela rapidez da decomposição desse material que é tão importante quanto a respectiva quantidade e composição.

Nas florestas tropicais e em algumas temperadas, em geral, há pouca acumulação de matéria orgânica devido à rápida decomposição. Grandes acúmulos podem ocorrer em florestas de coníferas devido às condições desfavoráveis para a decomposição (SPURR e BURTON, 1973).

Segundo POGGIANI (1979), muitas dúvidas têm sido levantadas em relação ao valor ecológico das florestas homogêneas de ninheiros tropicais. Alguns conhecimentos já são disponíveis em países de clima temperado (NOIRFALISE e

VANESSE, 1975); entretanto, pouco se sabe em relação às condições tropicais.

2.1.1. Quantidade de serapilheira e seus efeitos no solo.

Resultados obtidos por vários autores em diferentes locais, acham-se resumidos na Tabela 1.

O que se mostra é que ocorrem variações entre espécies conforme METZ *et alii* (1970) e MC CLURKIN (1970), entre idades conforme SWITZER e NELSON (1972) e WELLS e JORGENSEN (1975, 1978). Segundo estes autores as variações ocorrem até 27 anos, estabilizando-se depois dessa idade.

Ocorrem também variações resultantes de diferenças entre locais.

Os solos de plantações de *Pinus* com menos de 20 anos preservam muitas das características que possuíam no tempo de plantio. Entretanto, em povoamentos mais velhos, os solos revelam-se melhorados devido ao enriquecimento em nutrientes pela prolongada deposição de serapilheira e lavagem de sais solúveis da copa (WILDE, 1964).

SWITZER e NELSON (1972) descrevem a acumulação e o ciclo de nutrientes durante 20 anos de desenvolvimento de *Pinus taeda*. Afirmam que as duas primeiras décadas são inte

Tabela 1. Quantidade de Manta Orgânica formada sob Povoamentos de Pinus, t/ha.

FONTE	ESPÉCIE	IDADE anos	REGIÃO	t/ha
BROADFOOT (1951)	<i>P. taeda</i>	15	Mississippi - EUA	24,81
METZ (1954)	<i>P. taeda</i>	12	Carolina do Sul - EUA	14,48
	<i>P. echinata</i>	40		26,06
MC CLURKIN (1970)	<i>P. taeda</i>	15	Mississippi - EUA	19,51
	<i>P. echinata</i>	15		14,46
METZ <i>et alii</i> (1970)	<i>P. taeda</i>	16	Virginia - EUA	24,68
	<i>P. echinata</i>	16		15,15
	<i>P. virginiana</i>	16		16,54
	<i>P. strobus</i>	16		10,66
SWITZER e NELSON (1972)*	<i>P. taeda</i>	5	Mississippi - EUA	2,14
	" "	10		12,85
	" "	15		14,28
	" "	20		16,00
ALBAN (1974)	<i>P. resinosa</i>	49	Minnesota - EUA	50,40
	" "	50		26,88
	" "	72		60,48
BARROS e BRANDI (1975)	<i>P. elliotii</i>	8	Viçosa - MG	15,60
LANE (1975)	<i>P. taeda</i>	7	Carolina do Sul - EUA	18,44
HAAG <i>et alii</i> (1978)	<i>P. taeda</i>	20	Piracicaba - SP	13,95
WELLS e JORGENSEN (1975,1978)*	<i>P. taeda</i>	13	Carolina do Norte - EUA	16,15
	" "	16		27,69
	" "	27		28,84
	" "	32		30,57
	" "	34		30,00
	" "	39		31,73
DELITTI (1982)	<i>P. elliotii</i>	14 - 16	Mogi-Guaçu - SP	20,20

* valores aproximados

ressantes porque: a) é o período de mais rápido desenvolvimento e pronunciadas mudanças ambientais; b) perto do fim desse período há uma aparente aproximação do equilíbrio nutricional.

Segundo esses autores, por volta dos dez anos, haveria dominância de árvores de copa baixa e relativamente fechada, com estádios iniciais de desenvolvimento da manta. Ao redor dos vinte anos predominariam árvores com copa elevada, atingindo massa foliar e de manta orgânica estável.

FLORENCE e LAMB (1974) e LAMB e FLORENCE (1975), estudando o efeito da idade do povoamento, qualidade do "site" e tipo de solo sobre o acúmulo de serapilheira em povoamentos de *Pinus radiata*, no sul da Austrália, verificaram que o tipo de solo tinha maior efeito do que os outros dois fatores. A acumulação aumentava até a idade de 20 anos, ficando estável em povoamentos mais velhos, com a estabilização da queda de folhas.

WELLS e JORGENSEN (1975, 1979) e JORGENSEN *et alii* (1980) relataram que, na Carolina do Sul, após o plantio de *Pinus*, em lugar de florestas de baixa qualidade ou em áreas degradadas, o solo era a principal fonte de nutrientes durante os 20 primeiros anos, quando o requerimento dos mesmos se tornava grande. Em plantações mais velhas, a manta orgânica era a fonte principal de nutrientes e também a responsável pela reposição dos mesmos ao solo. Portanto, durante o desenvolvimento da plantação, a fonte de nutrientes para o

Crescimento era gradualmente transferida do solo mineral para a manta orgânica. Relataram, ainda, que até os 16 anos a serapilheira de *Pinus taeda* supriria somente 34% do requerimento de nitrogênio. Entretanto, entre as idades de 30 a 40 anos, supriria 86% das necessidades desse elemento.

O efeito do reflorestamento, com *Pinus*, sobre a quantidade de manta formada, foi estudada por alguns autores com resultados discordantes.

MC CLURKIN (1970) concluiu que o plantio de *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, em áreas degradadas, aumentava a quantidade de manta formada após 15 anos. Resultados semelhantes foram obtidos por BROADFOOT (1951), para a primeira espécie.

BARROS e BRANDI (1975), com o plantio de *Pinus elliottii* em solos pobres, anteriormente utilizados para pastagens verificaram, aos 8 anos, um decréscimo na quantidade de manta formada. Atribuíram-no à diferença em população e ao menor ciclo vegetativo da pastagem.

LANE (1975) observou que a quantidade de manta orgânica não variava muito devido à substituição de florestas de folhosas por *Pinus taeda*, 7 anos após o plantio.

2.1.2. Composição da serapilheira

Não só a quantidade de matéria orgânica devolvida ao solo é importante para a dinâmica de um ecossistema flo

restal, como também a qualidade desse material, que é representada pelo teor de elementos químicos existentes na manta florestal.

Resultados obtidos por diferentes autores, a cham-se resumidos na Tabela 2.

Observando esses dados, verifica-se que, aparentemente, as variações são maiores com relação ao tipo de solo, conforme a variabilidade de resultados obtidos por diferentes autores e com relação à idade dos povoamentos conforme SWITZER e NELSON (1972), WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) e JORGENSEN *et alii* (1980). As variações são menores entre as espécies no mesmo solo (MC CLURKIN, 1970; METZ *et alii*, 1970).

BROADFOOT (1951), com o estabelecimento de *Pinus taeda* em áreas degradadas, constatou, aos 15 anos, que o teor de nitrogênio e cálcio era maior na serapilheira do *Pinus* que na da vegetação herbácea adjacente. MC CLURKIN (1970) obteve os mesmos resultados para *Pinus echinata*. Sob *Pinus taeda*, embora a concentração desses elementos não fosse maior, era maior a quantidade de manta formada.

2.2. Efeitos do reflorestamento com *Pinus* sobre os teores de hidrogênio potencial $-H^+$, alumínio trocável $- Al^{3+}$ e sobre o pH do solo.

O pH do solo, de certa forma, reflete as suas propriedades químicas e as propriedades químicas da matéria

Tabela 2. Composição da Manta Orgânica em Povoamentos de Pinus, kg/ha.

FONTE	ESPÉCIE.	IDADE anos	REGIÃO	kg/ha					
				N	P	K	Ca	Mg	S
BROADFOOT (1951)	<i>P. taeda</i>	15	Mississippi - EUA	205,92	-	-	131,49	-	-
METZ (1954)	<i>P. taeda</i>	12	Carolina do Sul - EUA	90,72	-	-	-	-	-
	<i>P. echinata</i>	40		184,80	-	-	-	-	-
MC CLURKIN (1970)	<i>P. taeda</i>	15	Mississippi - EUA	146,32	-	-	78,04	-	-
	<i>P. echinata</i>	15		130,13	-	-	101,21	-	-
METZ et alii (1970)	<i>P. taeda</i>	16	Virginia - EUA	265,72	19,85	17,87	101,20	16,60	-
	<i>P. echinata</i>	16		177,11	12,90	14,04	84,60	12,82	-
	<i>P. virginiana</i>	16		235,46	14,79	13,39	88,13	10,46	-
	<i>P. strobus</i>	16		147,58	12,58	9,58	110,15	11,42	-
SWITZER e NELSON (1972)	<i>P. taeda</i>	5	Mississippi - EUA	15,00	1,10	5,00	16,00	2,30	2,70
	" "	10		75,00	6,90	12,00	59,00	10,50	8,10
	" "	15		108,00	8,20	14,00	73,00	14,20	9,80
	" "	20		124,00	9,10	16,00	80,00	15,40	10,70
ALBAN (1974)	<i>P. resinosa</i>	49	Minnesota - EUA	443,52	40,32	60,48	358,40	50,40	-
	" "	50		299,04	24,64	33,60	163,52	26,88	-
	" "	72		471,52	42,56	60,48	380,80	60,48	-
WELLS e JORGENSEN (1975, 1978)*	<i>P. taeda</i>	13	Carolina do Norte - EUA	196,15	17,87	12,85	72,68	9,55	-
	" "	16		307,00	30,00	28,00	93,00	20,00	-
	" "	27		323,06	25,36	18,56	86,52	13,46	-
	" "	32		403,83	30,00	24,27	91,71	16,94	-
	" "	34		357,67	39,20	32,84	110,75	20,85	-
	" "	39		369,21	38,04	41,41	121,13	23,02	-
HAAG et alii (1978)	<i>P. taeda</i>	20	Piracicaba - SP	106,09	5,02	11,84	86,92	14,23	20,51
JORGENSEN et alii (1980)	<i>P. taeda</i>	11	Carolina do Norte - EUA	131,50	10,30	9,30	58,20	10,00	-
	" "	32		353,90	39,20	33,90	112,20	21,20	-
DELITTI (1982)	<i>P. elliottii</i>	14 - 16	Mogi-Guaçu - SP	178,00	5,00	9,00	69,00	10,00	19,00

valores aproximados

orgânica depositada como serapilheira. Geralmente coníferas , tais como o *Pinus*, aumentam mais a acidez do solo do que florestas de folhosas (SPURR e BURTON, 1973).

A ocorrência de pH baixo, em solos sob coníferas, é bem conhecida e a menor retirada de bases do solo , principalmente do cálcio, por esse grupo de plantas e, obviamente, com menor retorno ao solo deste elemento, via folhagem, tem sido a explicação dada por vários autores (BARROS e BRANDI, 1975; MESSENGER *et alii*, 1978).

Abaixamento do pH devido ao plantio de *Pinus* foram comprovados por vários autores; entre eles, JONES e RICHARDS (1977), sob *Pinus elliottii* com 32 anos, plantados em áreas anteriormente ocupadas por florestas naturais de Eucalipto. Ressaltam que, de todas as propriedades estudadas, somente o pH foi consideravelmente afetado pela mudança de vegetação.

Resultados semelhantes foram obtidos por ROLFE e BOGGESS (1973), ao compararem os valores de pH sob *Pinus echinata* de 35 anos, com os encontrados em áreas degradadas e florestas de folhosas nativas.

Também TOSIN (1977), nos Estados do Paraná e Santa Catarina, encontrou abaixamento do pH e conseqüente aumento no teor de alumínio trocável, devido à substituição de mata nativa, principalmente por *Pinus elliottii*. BARROS e

BRANDI (1975), com a mesma espécie cultivada em solos de pastagens, obtiveram, aos 8 anos, resultados semelhantes.

Em solos arenosos na California, ZINKE (1962) encontrou valores de pH próximos de 5,7, em solo sob cobertura de *Pinus contorta* com 45 anos, e de 7,2, no mesmo solo, sem cobertura.

HAAG *et alii* (1978) compararam solos com *Pinus taeda* aos 20 anos e sem cobertura florestal. Os dados desses autores mostram que, nas áreas reflorestadas, houve aumento dos teores de hidrogênio potencial e alumínio trocável e de crêscimo do pH.

LEPSCH (1980), comparando solos cultivados com *Pinus*, há mais de 8 anos, e áreas adjacentes, com vegetação natural do tipo cerrado, observou que os primeiros apresentavam valores mais elevados de alumínio trocável e mais baixos de pH, não encontrando diferenças nos teores de hidrogênio potencial. Resultados semelhantes foram obtidos por PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) comparando solos sob floresta pura de *Pinus elliottii* de 12 anos com vegetação de campo.

Segundo MESSENGER *et alii* (1978), o teor de alúmínio trocável na superfície dos solos, pode se alterar rapidamente com uma mudança na vegetação. Os dados coletados pelos autores mostram que, até 10 cm, o alumínio trocável do solo foi significativamente aumentado e o pH reduzido durante

16 anos com plantações de *Pinus*, quando comparadas com florestas nativas e áreas degradadas adjacentes.

Não obstante, a maioria dos trabalhos evidenciam decréscimo do pH devido ao plantio de *Pinus*, HAMILTON (1965), na Austrália, não encontrou mudanças significativas até 31 anos após a implantação de *Pinus radiata*, em substituição a comunidades florestais de Eucalipto. Resultados semelhantes foram obtidos por LANE (1975), 7 anos após a conversão de florestas de folhosas para *Pinus taeda* e por BROADFOOT (1951) ao comparar o pH do solo sob *Pinus taeda* aos 15 anos, com o obtido sob a vegetação herbácea adjacente.

Variações do pH com a profundidade do solo, sob plantações de *Pinus*, são discutidas por vários autores.

METZ *et alii* (1970) em povoamentos de *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana* e *Pinus strobus*, com 16 anos, encontraram valores mais baixos na superfície do solo do que em profundidades maiores. PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) obtiveram os mesmos resultados sob *Pinus elliottii* com 12 anos.

CHALLINOR (1968) afirma que processos de decomposição da serapilheira geralmente provocam alterações no pH do solo. As coníferas, por terem serapilheira mais ácida, geralmente acidificam mais a superfície do solo do que a maiores profundidades. No entanto, em experimentos com

Pinus resinosa e *Pinus strobus*, em Connecticut, verificou aos 30 anos, que as variações de pH no solo eram tão pequenas, no sentido de profundidade, que uma conclusão geral não podia ser formulada. O mesmo foi constatado por outros pesquisadores, em condições diferentes (ROLFE e BOGGESS, 1973; ALBAN, 1974; BARROS e BRANDI, 1975; HAINES e CLEVELAND, 1981).

Geralmente a acidificação do solo decresce à medida que a profundidade aumenta.

Entretanto HAMILTON (1965), em povoamentos de *Pinus radiata* com 29 anos, observou que o pH era maior na superfície e decrescia com a profundidade do solo. Resultados semelhantes foram verificados por METZ *et alii* (1966), WELLS e JORGENSEN (1975), HAAG *et alii* (1978) e MESSENGER *et alii* (1978), em outras condições.

Contudo, há uma discordância entre autores no que se refere ao alumínio trocável.

ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978) encontraram menores teores desse elemento na camada de 0-10 cm quando comparada com a de 10-20 cm, justificando assim os valores obtidos para pH. Entretanto, MESSENGER *et alii* (1978) verificaram um maior teor de alumínio trocável até 10 cm, havendo uma diminuição até 30 cm, tais valores são conflitantes com os obtidos por eles para pH.

BARROS e BRANDI (1978) e PAULA SOUZA e PAULA

elliottii.

VEIGA *et alii* (1977) analisaram amostras de terras em vários povoamentos de *Pinus elliottii*, em diferentes localidades do Estado de São Paulo. Encontraram, na Estação Experimental de Assis, que o pH pouco variava entre as idades de 7 e 13 anos. Entretanto, o alumínio trocável aumentava de 0,70 para 1,70 e.mg/100 g nesse período.

2.3. Efeitos do reflorestamento com *Pinus* sobre os teores de nitrogênio-N, carbono-C e relação carbono/nitrogênio-C/N do solo.

Para muitos autores, o melhor indicador do estado geral de fertilidade de um solo reflorestado é o seu conteúdo de matéria orgânica, um constituinte que está fortemente relacionado com a CTC, suprimento de nitrogênio total e nutrientes disponíveis (WILDE, 1964).

A substituição de florestas naturais por povoamentos de *Pinus*, nem sempre é acompanhada por mudanças nos teores de matéria orgânica, nitrogênio, carbono e relação C/N do solo, fato esse observado por LANE (1975), nos EUA, para matéria orgânica, 7 anos após a conversão para *Pinus taeda*; por LEPSCH (1980), no Brasil, para carbono e relação C/N, em locais há mais de 8 anos, com *Pinus* plantados em substituição a cerrado; por JONES e RICHARDS (1977), na Austrália, para carbono, nitrogênio total, NH_4^+ e NO_3^- , 32 anos após o plan

tio de *Pinus elliottii* em solos anteriormente ocupados por florestas naturais de Eucalipto.

No entanto, alguns autores constataram que o re florestamento com pináceas causava diminuição nos teores de matéria orgânica, nitrogênio e carbono e aumento da relação C/N do solo.

Assim, METZ (1954) encontrou menor teor de matéria orgânica e nitrogênio em solos sob *Pinus taeda* com 12 anos e *Pinus echinata* com 40 anos, que em florestas de folhosas.

BYRNES e KARDOS (1963) observaram que o conteúdo de matéria orgânica de três solos, na Pensilvânia, era de duas a três vezes maior no horizonte A sob florestas de folhosas que sob *Pinus resinosa* com 21 anos e áreas degradadas adjacentes. Entre esses dois últimos, pequenas variações ocorriam.

HAMILTON (1965), na Austrália, afirma que a substituição de comunidades florestais de Eucalipto por povoamentos de *Pinus radiata* pode ser acompanhada por importantes mudanças nas propriedades do solo. Embora o horizonte A seja o mais suscetível, essas alterações também se estendem aos outros horizontes do solo e incluem aumento da relação C/N e de crêscimo do carbono e nitrogênio total do solo.

ROLFE e BOGGESS (1973) também concluíram que o

conteúdo de matéria orgânica era maior sob florestas de folhosas nativas do que sob plantações de *Pinus echinata* com 35 anos, sendo também maior nas áreas degradadas adjacentes que nas plantações de *Pinus*. Resultados semelhantes a esses foram obtidos por BROADFOOT (1951), com *Pinus taeda* de 15 anos.

TOSIN (1977), no Brasil, relata que a substituição da mata nativa, principalmente por *Pinus elliottii*, induziu a um decréscimo no teor de matéria orgânica do solo.

Entretanto, a recuperação de áreas degradadas por meio de reflorestamento tem sido indicada e praticada como um meio de restaurar a fertilidade desses solos. Coníferas, por terem um baixo requerimento nutricional, são muito usadas.

Nesse aspecto, alguns autores obtiveram resultados satisfatórios em diferentes condições de solo e clima.

Os dados obtidos por DAY (1940) sugerem que o estabelecimento de coníferas (como *Pinus strobus*, *Pinus resinosa* Solander, *Pinus sylvestris* e *Picea abies*), em solos degradados, resultam em aumento do conteúdo de matéria orgânica, entretanto, esse processo é lento.

ZINKE (1962) observou que o conteúdo de nitrogênio de um solo arenoso era maior sob *Pinus contorta* com 45 anos, diminuindo à medida que se afastava da planta.

STONE e FISHER (1969) e FISHER e STONE (1969) de terminaram o conteúdo de nitrogênio na vegetação herbácea e no solo junto a *Larix*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris* e em áreas degradadas adjacentes. Verificaram que, perto dessas coníferas, eram significativamente maiores as concentrações de nitrogênio na vegetação herbácea, como também de NO_3^- e NH_4^+ no solo. Embora não houvesse diferenças significativas, um maior teor de nitrogênio total era encontrado nos solos, cujas plantações tinham idade variando entre 10 e 14 anos, do que nas áreas adjacentes. O mesmo não ocorria em plantações com idades entre 32 e 33 anos.

Segundo eles, todas as evidências são consistentes com a hipótese de Stone e Will (1965), citada por STONE e FISHER (1969), de que a risosfera de coníferas mineraliza ou extrai o nitrogênio do solo que teria sido resistente à ação microbiana durante a vegetação anterior.

BARROS e BRANDI (1975) observaram que a mudança de vegetação de um solo sob pastagem para *Pinus elliottii*, resultava, após 8 anos, em aumento do teor de matéria orgânica do solo de 4,36% para 5,31%.

MC CLURKIN (1970) também constatou que tanto o nitrogênio como a matéria orgânica do solo aumentava 15 anos após o plantio de *Pinus echinata* e *Pinus taeda*, em solos degradados.

Com relação ao carbono, ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978) também encontraram maior teor sob *Pinus taeda* com 20 anos do que em áreas sem cobertura florestal, até a profundidade de 10 cm, invertendo essa situação na camada de 10 a 20 cm.

Decréscimos nos conteúdos de matéria orgânica, carbono e nitrogênio com a profundidade do solo foram observados em vários povoamentos de *Pinus* de diferentes idades e em diversos locais por vários autores (METZ, 1954; BYRNES e KARDOS, 1963; MADER, 1963; HAMILTON, 1965; CHALLINOR, 1968; METZ *et alii*, 1970; ROLFE e BOGGESS, 1973; ALBAN, 1974; WELLS e JORGENSEN, 1975; 1978; ROCHA FILHO *et alii*, 1978; HAAG *et alii*, 1978; HAINES e CLEVELAND, 1981).

Quanto à relação C/N, METZ *et alii* (1970), trabalhando somente até a profundidade de 8 cm, não verificaram diferenças significativas.

Variações nos teores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica, com a idade dos povoamentos, foram observadas por alguns autores.

Análises de solos até 15 cm de profundidade, em 156 plantações de *Pinus banksiana*, *Pinus resinosa* e *Pinus strobus*, realizadas por WILDE (1964), revelaram uma relação linear positiva entre porcentagem de húmus e idade dos povoamentos, de 10 a 50 anos.

Segundo o autor, um apreciável aumento no conteúdo de matéria orgânica inicia-se com o fechamento da copa. A taxa de máximo enriquecimento do solo em húmus coincide com o período de máximo crescimento, época em que o solo reflorestado, apresenta mais de 70% de seu conteúdo original de matéria orgânica.

Em um campo agricultável convertido em planta-ção de *Pinus taeda*, o conteúdo de nitrogênio na camada de 0 a 60 cm de solo decresceu de 2 392 kg/ha para 2 010 kg/ha em 10 anos (dos 5 aos 15 anos). O maior decréscimo ocorreu na camada de 0 a 8 cm, onde 35% do teor inicial de nitrogênio foi perdido nesse período (WELLS e JORGENSEN, 1975; 1978).

SARTZ (1976), em solo povoado com *Pinus resinosa* e *Pinus strobus*, com idade variando entre 3 e 13 anos, observou que os teores de nitrogênio e carbono decresceram nesse período. Somente em um povoamento de *Pinus resinosa* tais elementos aumentaram.

VEIGA *et alii* (1977), dosando o carbono em terreno plantado com *Pinus elliottii*, na Estação Experimental de Assis, verificaram que este aumentava de 1,0% para 1,3% entre 7 e 13 anos.

2.4. Efeitos de reflorestamento com *Pinus* sobre os teores de fósforo solúvel, potássio, cálcio e magnésio trocáveis do solo.

2.4.1. Efeitos sobre o fósforo solúvel PO_4^{3-} .

A conversão de florestas naturais para *Pinus* pode não acarretar mudanças no conteúdo de fósforo do solo. Isso foi verificado por LANE (1975), para os 15 cm superiores do solo, 7 anos após a introdução de *Pinus taeda*; por LEPSCH (1980) até 20 cm de solo, em povoamentos de *Pinus*, plantados em solos com vegetação do tipo cerrado.

No entanto, HAMILTON (1965) verificou que a mudança de florestas naturais de Eucalipto para *Pinus radiata* causava, após 29 anos, redução no teor de fósforo do solo até a profundidade de 100 cm.

HAAG *et alii* (1978), quando comparavam talhões de *Pinus taeda* aos 20 anos, com áreas sem cobertura florestal, não observaram mudanças no conteúdo de fósforo do solo até a profundidade de 20 cm. O mesmo foi verificado por BARROS e BRANDI (1975) até a profundidade de 60 cm, 8 anos após o plantio de *Pinus elliottii*, em solos usados para pastagens.

Para BARROS e BRANDI (1975) o fato do teor de fósforo ser igual em todos os solos e profundidades era completamente inesperado, pois existe a possibilidade do pH controlar a maneira pela qual o fósforo é retido, e, quando o valor pH cai até determinados valores, o sistema que envolve alumínio e ferro pode manter fixadas grandes proporções do fósforo total presente no solo. Todavia o elevado teor de matéria orgânica na camada superficial, deveria resultar num

correspondente aumento de fósforo ativo. Estes fatos, aliados ao baixo teor de fósforo solúvel, devem ter contribuído para que a sensibilidade da aparelhagem analítica não fosse capaz de detectar as diferenças existentes.

Entretanto FISHER e STONE (1969) encontraram, na profundidade de 5 - 10 cm, maior teor de fósforo solúvel sob plantações de *Larix*, *Pinus sylvestris* e *Pinus strobus*, com idades variando entre 12 e 14 anos, do que em solos degradados onde essas espécies haviam sido plantadas.

Variações dos teores de fósforo com a profundidade do solo sob povoamentos de *Pinus* são discutidas por alguns autores.

Assim, METZ *et alii* (1966), BARROS e BRANDI (1975), HAAG *et alii* (1978) e HAINES e CLEVELAND (1981) não encontraram variações. METZ *et alii* (1970) e WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) concluíram que o teor do elemento em consideração é maior na superfície e diminui com a profundidade.

HAMILTON (1965) encontrou menor quantidade de fósforo na camada entre 8 a 20 cm de solo. Acima de 8 cm e abaixo de 20 cm os valores encontrados eram semelhantes até 100 cm de profundidade.

Quanto às variações do fósforo, com a idade dos povoamentos, WELLS e JORGENSEN (1975, 1978), trabalhando com *Pinus taeda*, não encontraram variações entre as idades de 5 e

15 anos. O mesmo foi verificado por VEIGA *et alii* (1977) em plantações de *Pinus elliottii*, na Estação Experimental de Assis, com idades variando entre 7 e 13 anos.

2.4.2. Efeitos sobre o potássio trocável - K^+ .

A implantação de pináceas em substituição a florestas nativas ou em áreas sem cobertura florestal ou na recuperação de solos degradados acarreta um decréscimo no conteúdo de potássio no solo. Isso foi constatado em vários locais para diferentes espécies, em diversas idades (HAMILTON, 1965; ROLFE e BOGGESS, 1973; BARROS e BRANDI, 1975; TOSIN, 1977 ; ROCHA FILHO *et alii*, 1978; HAAG *et alii*, 1978; LEPSCH, 1980).

ROLFE e BOGGESS (1973) supõem que a ocorrência de maiores níveis de potássio trocável em campos abandonados, quando comparada a solos cultivados com *Pinus*, pode ser atribuída a uma maior absorção e retorno mais vagaroso do potássio, no segundo caso, e menor absorção com rápido retorno desse nutriente no primeiro caso.

Somente LANE (1975) não encontrou mudanças significativas no conteúdo de potássio nos 15 cm iniciais do solo, 7 anos após a conversão de florestas de fôlhasas para *Pinus taeda*.

Variações no conteúdo de potássio com a profundidade do solo, sob povoamentos de *Pinus*, foram discutidas por alguns autores.

HAINES e CLEVELAND (1981) não encontraram diferenças entre as profundidades de 0 - 10 cm e 10 - 20 cm para *Pinus elliottii* com 14 anos.

ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978), em *Pinus taeda* com 20 anos de idade, encontraram, para a profundidade de 0 - 10 cm, 0,10 e.mg K⁺/100 g de terra, diminuindo para 0,06 e.mg K⁺/100g de terra na profundidade de 10 a 20 cm.

Também METZ *et alii* (1970) verificaram decréscimo do teor de potássio até a profundidade de 8 cm, sob quatro espécies de *Pinus*, 16 anos após o estabelecimento em áreas pobres. O mesmo foi constatado por CHALLINOR (1968) até a profundidade de 13 cm, 30 anos após o plantio de *Pinus strobus* e *Pinus resinosa*.

BARROS e BRANDI (1975) observaram que o teor de potássio trocável era maior na camada de 0 - 20 cm de profundidade; a partir daí o valor decrescia e se estabilizava até 60 cm.

Vários autores verificaram que o conteúdo de potássio era maior na superfície do solo e decrescia até cerca de 20 cm, aumentando novamente até cerca de 100 cm.

Isso foi constatado por HAMILTON (1965), sob *Pinus radiata* aos 29 anos; por METZ *et alii* (1966), sob *Pinus taeda* aos 5 anos; por ROLFE e BOGGESS (1973), sob *Pinus*

echinata aos 35 anos; por WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) sob *Pinus taeda* aos 5, 11, 15 e 28 anos.

No entanto, ALBAN (1974) encontrou maiores quantidades na camada de 25 a 100 cm do que na de 0 a 25 cm, em solo povoado com *Pinus resinosa* há mais de 50 anos. WELLS e JORGENSEN (1975), em *Pinus taeda* com 14 e 35 anos, também constatarem que o potássio aumentava com a profundidade do solo.

WELLS e JORGENSEN (1975, 1978), observando variações do teor de potássio no solo com a idade das plantações de *Pinus*, encontraram, até a profundidade de 8 cm, que o conteúdo de potássio trocável decrescia 15% num período de 10 anos (entre 5 e 15 anos).

No entanto, VEIGA *et alii* (1977), em povoamentos de *Pinus elliottii*, na Estação Experimental de Assis, encontraram o valor de 0,04 e.mg K^+ /100 g tanto aos 7 como também aos 13 anos.

2.4.3. Efeitos sobre cálcio - Ca^{2+} e magnésio - Mg^{2+} trocáveis

A maioria dos trabalhos consultados mostram que, o reflorestamento com pináceas, diminui os teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo.

Assim, HAMILTON (1965) encontrou menores quantidades, no solo, sob *Pinus radiata* com 29 anos, do que em á -

reas adjacentes com florestas naturais de Eucalipto.

TOSIN (1977) observou que a substituição da mata nativa, principalmente por *Pinus elliottii*, acarretou diminuição nos níveis dos mesmos elementos no solo.

Isso também foi constatado por LEPSCH (1980) com a introdução de *Pinus* em áreas com vegetação natural do tipo cerrado.

ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978), comparando o solo sob talhões de *Pinus taeda* aos 20 anos de idade, com áreas adjacentes sem cobertura florestal, encontraram menores quantidades no solo sob *Pinus*.

Segundo PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981), o florestamento de áreas com vegetação de campo com *Pinus elliottii*, promoveu, após 12 anos, diminuição nos teores de Ca + Mg do solo.

ROLFE e BOGGESS (1973) encontraram menores quantidades de cálcio e magnésio, sob povoamentos de *Pinus echinata* com 35 anos, do que sob florestas de folhosas nativas. No entanto, abaixo de 15 cm de profundidade, as quantidades de cálcio eram maiores no solo sob o *Pinus*, o mesmo não ocorrendo com o magnésio, que continuava menor sob o *Pinus* até o horizonte B.

No mesmo trabalho verificaram que as quantida -

des de cálcio e magnésio eram maiores em todas as profundidades sob povoamentos de *Pinus* que em áreas degradadas adjacentes. Os mesmos resultados foram obtidos para o cálcio, por BROADFOOT (1951) e MC CLURKIN (1970), em condições semelhantes.

BARROS e BRANDI (1975), 8 anos após o plantio de *Pinus elliottii* em solos usados para pastagens, não observaram mudanças significativas no conteúdo de cálcio até 60 cm de profundidade. Entretanto, o solo sob o *Pinus*, concentrava maiores teores de magnésio (0,50 e.mg/100g) quando comparado com o solo sob pastagem (0,26 e.mg/100g).

CHALLINOR (1968), METZ *et alii* (1970), ROCHA FILHO *et alii* (1978), HAAG *et alii* (1978) e HAINES e CLEVELAND (1981), em trabalhos com diferentes espécies de *Pinus* de diferentes idades, observaram decréscimo no conteúdo de cálcio e magnésio até a profundidade de 20 cm.

No entanto, BARROS e BRANDI (1975) não encontraram variação no conteúdo de cálcio até 60 cm, e o de magnésio era sensivelmente maior até a profundidade de 20 cm, decrescendo e se estabilizando até 60 cm.

HAMILTON (1965), METZ *et alii* (1966), ROLFE e BOGGES (1973), ALBAN (1974) e WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) verificaram que as quantidades desses elementos eram maiores na superfície do solo, decrescendo até cerca de 20 cm e a

partir daí aumentando novamente até o horizonte B ou até cerca de 100 cm de profundidade.

MADER (1963) encontrou 0,62 e.mg de Ca + Mg/100 g de terra no horizonte A, decrescendo para 0,27 e.mg/100 g no horizonte B.

Variações no conteúdo de cálcio e magnésio do solo, em função da idade dos povoamentos, foram verificadas por WELLS e JORGENSEN (1975). Eles concluíram que na superfície decrescia em 18% o conteúdo de cálcio trocável e 29% o magnésio trocável no solo sob *Pinus taeda* quando a idade variava de 5 para 15 anos.

VEIGA *et alii* (1977), em povoamentos de *Pinus elliottii*, na Estação Experimental de Assis, encontraram 0,40 e.mg/100g de Ca + Mg em plantações de 7 anos e 0,30 e.mg/100 g em plantações de 13 anos.

2.5. Efeitos do reflorestamento com *Pinus* sobre a soma de bases - S, capacidade de troca de cations - CTC e saturação em bases - V

Poucas informações foram encontradas sobre essas propriedades na bibliografia pesquisada.

Entretanto, HAMILTON (1965) verificou a diminuição da CTC do solo, até 100 cm de profundidade, em povoamentos de *Pinus radiata* com 29 anos, plantados em áreas anterior-

mente ocupadas por florestas naturais de Eucalipto.

ZINKE (1962) encontrou, sob *Pinus contorta* com 45 anos, CTC igual a 2,8 e.mg/100g. Esse valor decrescia com a distância da árvore e chegava a 1,6 e.mg/100g de terra na área sem cobertura florestal.

LEPSCH (1980) constatou, que o reflorestamento de áreas com vegetação do tipo cerrado com pináceas, não afetava os valores de soma de bases e porcentagem de saturação do solo.

MC CLURKIN (1970), com o plantio de *Pinus taeda* e *Pinus echinata* em áreas degradadas, verificou que a soma de bases aumentava mais que o dobro, 15 anos após a introdução desses *Pinus*.

HAINES e CLEVELAND (1981), sob *Pinus elliottii* com 14 anos, observaram que a CTC diminuía de 1,56 e.mg/100g na camada de 0 a 10 cm para 1,23 e.mg/100 g na camada de 10 a 20 cm.

HAMILTON (1965) notou que ela diminuía de 2,7 para 1,4 me/100g de terra até 20 cm de profundidade e aumentava para 8,2 me/100g de terra até 100 cm.

MADER (1963), em plantação de *Pinus resinosa* com 47 anos, encontrou 11,34 e.mg/100g no horizonte A, diminuindo para 5,78 e.mg/100g no horizonte B.

Conclui-se, da revisão bibliográfica efetuada , que os efeitos de povoamentos de *Pinus*, sobre as propriedades químicas do solo, variam em função de vários fatores, o que indica a importância da pesquisa em cada local de interesse , uma vez que é impossível, até o momento, fazer uma generalização válida para todas as condições.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Localização e topografia

A área utilizada para a retirada das amostras pertence à Estação Experimental de Assis, do Instituto Florestal, no município de Assis, Estado de São Paulo, o qual se situa a $22^{\circ}35'$ de latitude sul e $50^{\circ}25'$ de longitude oeste de Greenwich.

A Estação Experimental de Assis ocupa uma área de 1815 ha de relevo levemente ondulado, cujas cotas altitudinais estão entre 520 a 580 m acima do nível do mar.

3.1.2. Clima

Pela carta climática do Estado de São Paulo, organizada por BLANCO e GODOY (1967), com base no sistema de Köppen, o clima da região de Assis é do tipo Cwa, em que a temperatura média do mês mais quente é 23°C e a do mês mais

frio é inferior a 18°C.

A estação seca ocorre entre os meses de abril e setembro, sendo julho e agosto os meses em que atinge maior intensidade.

3.1.3. Solo e vegetação

O solo da área da Estação Experimental é um Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa, profundo, bem drenado, de classe textural barro arenoso, ácido e de baixa fertilidade de acordo com BRASIL (1960).

A análise química da terra coletada em quinze pontos da área da Estação Experimental, realizado em 1970, citado por GARRIDO (1980), apresentou os seguintes resultados médios:

pH	C%	e.mg/100 ml de T.F.S.A.			
		PO ₄ ³⁻ solúvel	K ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺
4,9	1,4	0,02	0,05	0,26	1,14
ácido	limite médio para alto	baixo	baixo	baixo	alto

Como se verifica trata-se de um solo ácido, de baixa fertilidade e com alto teor de Al³⁺ trocável.

A Estação Experimental tem, como vegetação natural ou primitiva, o cerrado, que se caracteriza por apresentar árvores, cujas alturas variam de 6 a 10 m; é uma formação

vegetal pouco densa, com predominância de árvores sobre arbustos e gramíneas. Todavia não chega a se constituir um cerrado.

3.1.4. Essências florestais usadas e tratos culturais.

As áreas usadas para a retirada das amostras de manta orgânica, solo, as espécies vegetais utilizadas e os tratos culturais estão contidas na Tabela 3.

Convém salientar que as essências florestais foram plantadas e cultivadas sem adubação.

3.2. Métodos

Em março de 1981, coletaram-se as amostras em solos cultivados, com três espécies de *Pinus*, e em área adjacente, com vegetação natural.

Cada povoamento de *Pinus* e a superfície de cerrado adjacente foram divididos em quatro partes e, em cada parte, amostraram-se 10 pontos ao acaso constituindo uma amostra composta. Portanto, obtiveram-se quatro repetições por área (ou povoamento).

Em cada ponto foram colhidas amostras de manta orgânica e de terra, esta em duas profundidades: 0-30cm e 30-60 cm.

Na coleta da manta orgânica, utilizou-se de uma área padronizada de $0,1 \text{ m}^2$. O material colhido recebeu uma se

Tabela 3. Descrição das Áreas Usadas nas Amostragens de Manta Orgânica e Solo.

COBERTURA	IDADE DA VAR. (anos)	DATA DO PLANTIO	ÁREA (ha)	ESPAÇAMENTO INICIAL (m ²)	NÚMERO DE DESBASTES	ÉPOCA DO DESBASTE	Nº DE ÁRVORES RETRADAS	ESPAÇAMENTO ATUAL (m ²)
<i>Pinus elliotii</i> Engelm. var. <i>elliottii</i>	9	2/72	0,03	5,10	1	1/79	40	8,50
<i>Pinus elliotii</i> Engelm. var. <i>elliottii</i>	14	2/67	20,00	5,04	2	7/75 10/78	40 40	13,90
<i>Pinus elliotii</i> Engelm. var. <i>elliottii</i>	19	6/62	12,50	2,25	3	3/70 2/74 10/76	40 50 40	12,50
<i>Pinus taeda</i> L.	19	3/62	22,50	2,25	4	5/69 7/72 9/74 9/79	40 50 40 40	20,80
<i>Pinus parula</i> Schl. & Cham.	19	3/62	2,50	2,25	4	5/69 7/72 9/74 9/79	40 50 40 40	20,80
Cerrado	-	-	6,00	-	-	-	-	-

cagem prévia ao sol, seguida de secagem em estufa, a 85°C , até peso constante. A seguir, o material foi pesado, triturado e determinaram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S. De acordo com SARRUGE e HAAG (1974): N, pelo método microkjeldahl; P, por colorimetria, pelo método do vanado-molibdato de amônio; K, por fotometria de chama; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; S, por gravimetria, pela precipitação do sulfato de bário.

A amostragem de solo foi feita com trado, depois da remoção dos horizontes orgânicos. No laboratório, as amostras foram secas ao ar e passadas por peneira de malha de 2 mm de abertura.

Segundo as recomendações contidas em CATANI e JACINTHO (1974), foram determinados os teores de: C, por oxidação pelo $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; N, pelo método microkjeldahl; PO_4^{3-} solúvel em solução de H_2SO_4 0,05 N, por colorimetria; K^+ trocável, por fotometria de chama; Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, pelo método de E.D.T.A. (extraídos com solução 1 N de KCl); Al^{3+} trocável, extraído com solução de KCl N; H^+ potencial, extraído com solução neutra e normal de acetato de cálcio e o valor pH lido em potenciômetro, em suspensão aquosa, na proporção de 1:2,5.

A partir desses resultados foram calculadas a relação C/N, soma de bases, CTC, e porcentagem de saturação em bases.

Os dados de diferentes profundidades relativos a pH, H^+ , Al^{3+} , C, N, PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , relação C/N, soma de bases, CTC e porcentagem de saturação em bases sob cada tipo de vegetação, foram analisados pelo teste F. O esquema estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado.

Para comparar as diferenças nas propriedades do solo, quantidade e composição de manta orgânica, entre as vegetações estudadas, dentro de cada profundidade, os dados foram analisados pelo teste Kruskal-Wallis (não paramétrico), conforme CAMPOS (1979).

A seguir foi utilizado o método das comparações múltiplas (aproximação para grandes amostras), para localizar as diferenças significativas entre pares de tratamentos, segundo CAMPOS (1979).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos do florestamento sobre a manta orgânica

4.1.1. Efeitos sobre as quantidades formadas.

Observando os dados da Tabela 4, verifica-se que as quantidades de manta orgânica, formada sob as espécies aqui tratadas são, de maneira geral, bem maiores que as encontradas pelos diversos autores citados.

O *Pinus elliottii* com 9 anos, produziu 32,850 t/ha de manta, quantidade esta bem maior que a encontrada por BARROS e BRANDI (1975) com a mesma espécie aos 8 anos, cujo valor foi de 15,60 t/ha. Valores também mais baixos foram obtidos por METZ (1954) com *Pinus taeda* aos 12 anos, SWITZER e NELSON (1972) com *Pinus taeda* aos 10 anos, e LANE (1975) com *Pinus taeda* aos 7 anos.

As quantidades de manta sob *Pinus elliottii* aos 14 anos, foram maiores que as obtidas por BROADFOOT (1951) ,

Tabela 4. Quantidade de Manta Orgânica formada e conteúdo de macronutrientes, média de 4 repetições.

CARACTERÍSTICAS	t ₁ <i>Pinus elliottii</i>		t ₂ <i>Pinus elliottii</i>		t ₃ <i>Pinus elliottii</i>		t ₄ <i>Pinus taeda</i>		t ₅ <i>Pinus patula</i>		t ₆ Cerrado		KRUSKAL- -WALLIS	COMPARAÇÕES MULTIPLAS
	com 9 anos	com 14 anos	com 14 anos	com 19 anos	com 19 anos	com 19 anos	com 19 anos	com 19 anos	com 19 anos	H				
Manta t/ha	32,85	36,87	29,28	37,39	32,91	21,71	4,46 n.s.	n.s.						
N kg/ha	209,91	414,35	278,28	292,49	260,25	285,96	3,49 n.s.	n.s.						
P "	7,02	19,87	10,62	10,41	12,71	7,90	6,01 n.s.	n.s.						
K "	38,35	34,39	14,64	14,78	27,37	40,07	10,76 n.s.	n.s.						
Ca "	101,64	119,51	66,87	86,14	42,03	77,33	6,01 n.s.	n.s.						
Mg "	18,38	26,84	11,71	12,13	16,41	32,23	5,14 n.s.	n.s.						
S "	26,96	39,13	41,80	26,81	42,36	16,95	4,75 n.s.	n.s.						
N %	0,620	1,110	0,955	0,765	0,753	1,295	17,24**	t ₆ [#] t ₁ , t ₂ [#] t ₁						
P "	0,023	0,050	0,038	0,028	0,040	0,035	10,65 n.s.	n.s.						
K "	0,113	0,095	0,050	0,040	0,075	0,180	19,60**	t ₆ [#] t ₄ , t ₆ [#] t ₃						
Ca "	0,293	0,320	0,220	0,218	0,125	0,348	13,45*	t ₂ [#] t ₅ , t ₆ [#] t ₅						
Mg "	0,053	0,065	0,040	0,030	0,050	0,145	14,35*	t ₆ [#] t ₄						
S "	0,085	0,100	0,148	0,073	0,138	0,080	3,93 n.s.	n.s.						

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

com *Pinus taeda* aos 15 anos; MC CLURKIN (1970), com *Pinus taeda* e *Pinus echinata* aos 15 anos; METZ *et alii* (1970), com plantações de 16 anos; SWITZER e NELSON (1972), com *Pinus taeda* aos 15 anos; WELLS e JORGENSEN (1975, 1978), com *Pinus taeda* aos 13 e 16 anos e por DELITTI (1982), com *Pinus elliottii* entre 14 e 16 anos.

Os valores obtidos para *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus patula* com 19 anos, foram maiores que os encontrados por SWITZER e NELSON (1972) e HAAG *et alii* (1978), sob *Pinus taeda* com 20 anos, sendo que, em *Pinus taeda* e *Pinus patula*, foram também maiores que as quantidades obtidas por WELLS e JORGENSEN (1975,1978), em *Pinus taeda* com 27, 32, 34 e 39 anos.

Constata-se também, pela Tabela 4, que não houve diferenças significativas entre as quantidades de manta formada, sob as diferentes vegetações.

Esses resultados contrastam com os obtidos por METZ *et alii* (1970) e MC CLURKIN (1970) que observaram variações entre espécies e também diferem dos encontrados por SWITZER e NELSON (1972) e WELLS e JORGENSEN (1975,1978) que verificaram variações entre idades das plantações de *Pinus*.

Embora o cerrado seja o tratamento que apresentou o menor valor, não se verifica, estatisticamente, aumento nas quantidades de manta formada devido ao plantio de *Pinus*

em solo de cerrado. Os mesmos resultados foram obtidos por LANE (1975), 7 anos após a conversão de florestas de folhosas para *Pinus taeda*.

No entanto, diferem de MC CLURKIN (1970) e BROADFOOT (1951) que constataram aumento na quantidade de manta formada após 15 anos, com *Pinus*, em áreas degradadas. Difererem também de BARROS e BRANDI (1975); estes encontraram uma diminuição na manta após 8 anos, com *Pinus elliottii*, em solos anteriormente usados como pastagem.

Embora a análise estatística mostre não haver diferenças significativas nas quantidades de manta formada sob *Pinus* e cerrado, as quantidades sob os povoamentos de *Pinus* foram bem maiores que sob o cerrado.

Tudo indica, que florestamento com pináceas em solos de cerrado, tende a aumentar a quantidade de manta orgânica formada.

4.1.2. Efeitos sobre os teores de macronutrientes

Observando a Tabela 4, nota-se que não houve diferenças significativas entre tratamentos no que se refere às quantidades de elementos na manta.

Não obstante, o cerrado foi o tratamento que apresentou menores quantidades de fósforo e enxôfre e maiores de potássio e magnésio.

Em termos de concentração, a manta orgânica do cerrado tem maiores teores de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio que a manta dos *Pinus*.

Estatisticamente o cerrado diferiu do *Pinus elliottii* com 9 anos, para o nitrogênio; do *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* com 19 anos, para potássio; do *Pinus patula* para o cálcio e do *Pinus taeda* para o magnésio.

Para os elementos fósforo e enxofre não houve diferenças significativas nos seus teores entre os tratamentos.

O que se observa, pelos resultados obtidos com *Pinus elliottii*, é que não houve variações nos teores e quantidades de elementos na manta, com a idade aumentando de 9 para 19 anos; a não ser no caso de *Pinus elliottii* com 14 anos, que teve seu teor de nitrogênio na manta, significativamente superior ao de *Pinus elliottii* com 9 anos.

No caso de potássio, parece haver uma diminuição tanto de seus teores como de suas quantidades com o aumento da idade de 9 para 19 anos. No entanto, essas diferenças não são estatisticamente significativas.

Esses resultados discordam dos de SWITZER e NELSON (1972), WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) e JORGENSEN *et alii* (1980). Estes verificaram, em plantações de *Pinus taeda*,

que o teor dos elementos na serapilheira aumentava com o aumento da idade.

Nota-se também, pela Tabela 4, que não houve variações entre espécies, discordando dos resultados obtidos por METZ *et alii* (1970), quando compararam plantações de *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana* e *Pinus strobus* com idade de 16 anos.

A serapilheira do cerrado mostrou ser mais rica em nutrientes que a do *Pinus*, discordando assim dos resultados de BROADFOOT (1951) e MC CLURKIN (1970) que constataram, após 15 anos, que os teores de nitrogênio e cálcio eram maiores na serapilheira do *Pinus* que na da vegetação herbácea adjacente.

Verifica-se pois, que embora os *Pinus* tenham contribuído com maiores quantidades de matéria, concentram menores teores de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio.

4.2. Efeitos do florestamento sobre o solo

4.2.1. Efeitos sobre pH do solo

Observando dos dados de Tabela 5, verifica-se

Tabela 5. Valores médios de pH nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V. %
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	5,18	5,15	0,04 n.s.	3,51
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	5,00	5,15	3,85 n.s.	2,13
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	5,07	5,38	30,85**	1,46
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	5,00	5,10	5,99*	1,14
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	4,93	5,05	2,42 n.s.	2,28
t ₆ - cerrado	5,30	5,53	5,65 n.s.	2,47
KRUSKAL-WALLIS	11,31*	16,78*		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	n.s.	t ₆ ≠ t ₅		

n.s. - não significativo

* - Significativo a 5%

** - significativo a 1%

que há diferenças significativas no valor pH entre as profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm em *Pinus elliottii* com 19 anos e *Pinus taeda* com a mesma idade.

Nesses tratamentos o pH foi significativamente menor na profundidade de 0 - 30 cm. Este fato vem de encontro com as afirmações de CHALLINOR (1968) de que as espécies florestais, por terem um folheto mais ácido, geralmente acidificam mais a superfície do solo.

Nos tratamentos *Pinus elliottii* com 9 anos e 14 anos, *Pinus patula* e cerrado, as diferenças entre as duas profundidades não são significativas.

BARROS e BRANDI (1975) também não constataram mudanças no pH até 60 cm de profundidade em *Pinus elliottii* com 8 anos de idade. O mesmo foi verificado por HAINES e CLEVELAND (1981), com a mesma espécie aos 14 anos.

CHALLINOR (1968) em *Pinus resinosa* e *Pinus strobus* com 30 anos, ROLFE e BOGGESS (1973) em *Pinus echinata* com 35 anos, e ALBAN (1974) em *Pinus resinosa* com mais de 50 anos, também não verificaram variação no pH com a profundidade.

Não se verifica, pela Tabela 5, decréscimo do pH com a profundidade do solo, conforme foi observado por HAMILTON (1965) em *Pinus radiata* com 29 anos, METZ *et alii* (1966) em *Pinus taeda* com 5 anos, WELLS e JORGENSEN (1975) em

Pinus taeda com 28 e 35 anos, HAAG *et alii* (1978) em *Pinus taeda* com 20 anos, e MESSENGER *et alii* (1978) em *Pinus resinosa*, *Pinus strobus* e *Pinus banksiana* com 16 anos.

Os *Pinus* se comportaram de modo a causar a acidificação do solo. No entanto, apesar do cerrado ser o tratamento que apresentou o maior pH em ambas as profundidades, não diferiu estatisticamente dos outros povoamentos estudados na camada de 0 a 30 cm.

Na profundidade de 30 a 60 cm, o cerrado diferiu apenas de *Pinus patula* que apresentou, entre todos os tratamentos, o menor pH.

Embora a maioria dos trabalhos consultados evidenciem decréscimo do pH, devido ao plantio de *Pinus*, HAMILTON (1965) em *Pinus radiata* até 31 anos e LANE (1975) em *Pinus taeda* com 7 anos, também não encontraram mudanças significativas no pH do solo sob esses *Pinus* plantados em substituição a florestas naturais.

Não se observa, pela Tabela 5, variações com a idade das plantações. O mesmo foi verificado por VEIGA *et alii* (1977) em povoamentos de *Pinus elliottii*, com a idade variando entre 7 e 13 anos, na Estação Experimental de Assis.

Entretanto, contrariam os resultados de WELLS e JORGENSEN (1975) em *Pinus taeda*, e JONES e RICHARDS (1977), com *Pinus elliottii*, que constataram decréscimo do pH com a

idade das plantações de *Pinus*.

Os solos de cerrado normalmente já são de pH baixo e o florestamento com pináceas, ao que parece pelos resultados obtidos, mostram uma tendência para maior acidificação.

4.2.2. Efeitos sobre o teor de Alumínio trocável $-Al^{3+}$

Observando os dados da Tabela 6, verifica-se que os teores de alumínio da camada de 0 a 30 cm são estatisticamente superiores aos da profundidade de 30 a 60 cm nos tratamentos: *Pinus elliottii* com 9, 14 e 19 anos e cerrado. Resultados semelhantes foram obtidos por BARROS e BRANDI (1975) e PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) em *Pinus elliottii* com 8 e 12 anos respectivamente.

Nos tratamentos *Pinus taeda* e *Pinus patula*, os teores de alumínio não diferiram estatisticamente nas duas profundidades. No entanto, HAAG *et alii* (1978) e ROCHA FILHO *et alii* (1978), em *Pinus taeda* com 20 anos, encontraram um acúmulo de alumínio trocável na camada de 10 - 20 cm.

Nota-se que, em relação ao *Pinus elliottii* nas três idades, as concentrações de alumínio foram estatisticamente superiores na profundidade de 0 - 30 cm.

Constata-se que, embora nem sempre significativa, há uma tendência do alumínio trocável se acumular mais na

Tabela 6. Valores médios de Al^{3+} trocável (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t_1 - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	1,41	1,18	17,64**	6,10
t_2 - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	1,66	1,38	13,22*	7,10
t_3 - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	1,35	0,92	35,91**	8,83
t_4 - <i>P. taeda</i> - 19 anos	1,65	1,57	0,52 n.s.	8,77
t_5 - <i>P. patula</i> - 19 anos	1,70	1,61	0,85 n.s.	8,81
t_6 - cerrado	0,79	0,59	20,46**	8,80
KRUSKAL-WALLIS	18,40**	20,96**		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	$t_5 \neq t_6$	$t_5 \neq t_6$		
	$t_2 \neq t_6$	$t_4 \neq t_6$		
	$t_4 \neq t_6$			

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

camada superior, o que concorda com as observações relativas a pH e hidrogênio potencial (Tabela 5 e 7).

Foram encontradas, nas duas profundidades, maiores teores de alumínio nos solos com *Pinus* do que no de cerrado. No entanto diferiram estatisticamente do cerrado apenas *Pinus patula*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* com 14 anos na profundidade de 0 - 30 cm, *Pinus patula* e *Pinus taeda* na profundidade de 30 - 60 cm.

Os teores de alumínio trocável no solo sob os *Pinus* foram praticamente o dobro dos encontrados no solo sob cerrado.

Aumento no teor de alumínio trocável no solo devido ao plantio de *Pinus* também foram observados por BARROS e BRANDI (1975) em *Pinus elliottii* com 8 anos, TOSIN (1977) em *Pinus elliottii*, HAAG *et alii* (1978) em *Pinus taeda* com 20 anos, MESSENGER *et alii* (1978) em *Pinus resinosa*, *Pinus strobus* e *Pinus banksiana* com 16 anos, LEPSCH (1980), em plantações com mais de 8 anos e PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) em *Pinus elliottii* com 12 anos.

Pelos resultados obtidos, verifica-se que o florestamento com pináceas, em solo de cerrado, aumentou sensivelmente o alumínio trocável do solo.

4.2.3 Efeitos sobre a acidez potencial $-H^+$

Em todos os tratamentos analisados, com exceção apenas do *Pinus taeda*, foram encontradas diferenças significativas entre as duas profundidades. A concentração de hidrogênio, contida na Tabela 7, revelou ser significativamente superior na camada de 0 - 30 cm.

PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) também observaram decréscimo nos teores de hidrogênio potencial com a profundidade dos solos em plantação de *Pinus elliottii* com 12 anos.

O solo sob cerrado foi o que apresentou menos hidrogênio potencial em ambas as profundidades. De um modo geral, esses resultados concordam com os apresentados relativos aos valores de pH (Tabela 5). Na profundidade de 0 - 30 cm ele diferiu estatisticamente do *Pinus elliottii* com 14 anos e *Pinus taeda*, estando o *Pinus patula* bem próximo do nível de significância. Na profundidade de 30 - 60 cm, o cerrado diferiu desses mesmos tratamentos.

Esses resultados concordam com HAAG *et alii* (1978) ao constatarem aumento do hidrogênio potencial em áreas reflorestadas com *Pinus*. No entanto, LEPSCH (1980), comparando locais cultivados com *Pinus* há mais de 8 anos, com áreas adjacentes, com vegetação natural do tipo cerrado, não encontrou diferenças significativas nos teores de hidrogênio, tanto na profundidade de 0 - 20 cm como na de 60 - 80 cm.

Tabela 7. Valores médios de H^+ potencial (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE :cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t_1 - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	4,53	3,65	17,02**	7,36
t_2 - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	6,09	4,94	16,85**	7,18
t_3 - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	4,50	2,73	54,41**	9,35
t_4 - <i>P. taeda</i> - 19 anos	5,57	5,41	0,25 n.s.	8,19
t_5 - <i>P. patula</i> - 19 anos	5,55	5,07	6,85*	4,92
t_6 - cerrado	2,64	2,02	26,99**	7,19
KRUSKAL-WALLIS	19,51**	20,28**		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	$t_2 \neq t_6$	$t_4 \neq t_6$		
	$t_4 \neq t_6$	$t_5 \neq t_6$		
		$t_2 \neq t_6$		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

O que se observa é que o plantio de *Pinus* em solos sob vegetação de cerrado aumentou o teor de hidrogênio potencial destes solos.

4.2.4. Efeitos sobre o teor de fósforo solúvel $-PO_4^{3-}$

Diferenças significativas são encontradas (Tabela 8), nas concentrações de fósforo, entre as profundidades de 0 - 30 cm e 30 - 60 cm, nos tratamentos *Pinus elliottii* com 9, 14 e 19 anos, e *Pinus taeda*, sendo maiores na primeira.

METZ *et alii* (1970), trabalhando até a profundidade de 8 cm, com *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana* e *Pinus strobus* com 16 anos, e WELLS e JORGENSEN (1975,1978) até a profundidade de 60 cm em *Pinus taeda*, com idades variando entre 5 e 35 anos, também concluíram que o teor de fósforo é maior na superfície e diminui com a profundidade.

Os tratamentos *Pinus patula* e cerrado não diferem significativamente nas duas profundidades. HAAG *et alii* (1978), com *Pinus taeda* de 20 anos, e HAINES e CLEVELAND (1981), com *Pinus elliottii* de 14 anos, não encontraram variações até 20 cm. METZ *et alii* (1966), com *Pinus taeda* de 5 anos e BARROS e BRANDI (1975), sob *Pinus elliottii* de 8 anos, não constatarem variações até 60 cm.

Observa-se que, de maneira geral, os *Pinus* se comportaram de modo a causar um enriquecimento em fósforo nas

Tabela 8. Valores médios de PO_4^{3-} solúvel (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V. %
	0 - 30	30 - 60		
t_1 - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,030	0,021	40,11**	8,40
t_2 - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,030	0,020	8,25*	19,50
t_3 - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,038	0,019	17,86**	21,52
t_4 - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,028	0,021	11,52*	12,27
t_5 - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,026	0,021	1,19 n.s.	26,29
t_6 - cerrado	0,012	0,011	0,99 n.s.	12,29
KRUSKAL-WALLIS	13,53*	11,09*		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	$t_3 \neq t_6$	n.s.		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

camadas superficiais, com exceção do *Pinus patula*.

A tendência geral é a do fósforo se acumular nas camadas superiores dos tratamentos, o que se pode explicar pela remoção do mesmo das camadas mais profundas, deposição na superfície em formas orgânicas e fixação após mineralização.

O cerrado foi o tratamento que apresentou menor quantidade de fósforo em ambas as profundidades. No entanto diferiu estatisticamente apenas do *Pinus elliottii* com 19 anos, na profundidade de 0 - 30 cm.

Nota-se que, de modo geral, os *Pinus* não acarretaram mudanças significativas no conteúdo de fósforo do solo, pois apenas um tratamento diferiu estatisticamente do cerrado. Tal fato está de acordo com LANE (1975) e LEPSCH (1980), mas difere de HAMILTON (1965), ao verificar que povoamentos de *Pinus radiata* causavam, após 29 anos, redução no teor de fósforo do solo anteriormente ocupado por florestas de Eucalipto.

Observa-se, pela Tabela 8, que não houve variações do teor de fósforo com a idade das plantações, concordando com as observações de WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) em *Pinus taeda*, e VEIGA *et alii* (1977) com *Pinus elliottii*.

Os solos de cerrados normalmente já apresentam um teor muito baixo de fósforo e o florestamento com pináceas, ao que parece, pelos resultados obtidos, promoveu um li

geiro aumento no teor de fósforo do solo, embora estatisticamente isso só se observe para *Pinus elliottii* com 19 anos.

4.2.5. Efeitos sobre o teor de potássio trocável - K^+

Os teores de potássio encontrados nas duas profundidades diferiram estatisticamente, segundo os dados da Tabela 9, para todos os tratamentos, com exceção apenas do *Pinus patula*.

Na camada de 0 - 30 cm de profundidade, os teores do elemento foram superiores aos encontrados a 30 - 60 cm, a 1% de probabilidade. No *Pinus patula* a não significância se deve, talvez, ao coeficiente de variação muito alto.

Esses resultados assemelham-se aos de CHALLINOR (1968), em *Pinus strobus* e *Pinus resinosa* com 30 anos, METZ *et alii* (1970), em plantações de *Pinus* com 16 anos, BARROS e BRANDI (1975), sob *Pinus elliottii* com 8 anos, ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978), em *Pinus taeda* com 20 anos.

Não houve diferenças significativas entre tratamentos no conteúdo de potássio de ambas profundidades. Portanto, não houve variações entre espécies, nem entre idade dos povoamentos, nem entre os *Pinus* e o cerrado.

Tais resultados contradizem os encontrados por HAMILTON (1965), ROLFE e BOGGESS (1973), BARROS e BRANDI (1975); TOSIN (1977), ROCHA FILHO *et alii* (1978), HAAG *et*

Tabela 9. Valores médios de K^+ trocável (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t_1 - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,028	0,013	18,00 **	24,99
t_2 - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,033	0,020	25,00 **	13,46
t_3 - <i>P. elliotti</i> - 19 anos	0,033	0,020	25,00 **	13,46
t_4 - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,030	0,015	27,00 **	18,14
t_5 - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,030	0,018	3,94 n.s.	37,46
t_6 - cerrado	0,030	0,013	49,00 **	16,63
KRUSKAL-WALLIS	3,27 n.s.	7,94 n.s.		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	n.s.	n.s.		

n.s. - não significativo

** - significativo a 1%

alii (1978) e LEPSCH (1980) que verificaram decréscimo no teor de potássio do solo devido à implantação de *Pinus* em substituição a florestas nativas, ou em áreas sem cobertura florestal ou ainda na recuperação de solos degradados.

No entanto, LANE (1975) também não encontrou mudanças significativas no teor de potássio do solo, 7 anos após a conversão de florestas de folhosas para *Pinus taeda*.

Os teores do elemento são muito baixos em todos os tratamentos e tudo indica que não ocorrem variações decorrentes do florestamento.

4.2.6. Efeitos sobre o teor de cálcio trocável - Ca^{2+}

Os resultados contidos na Tabela 10, mostram que não houve diferenças significativas nos teores de cálcio entre profundidades.

Entretanto, apesar dos dados não diferirem estatisticamente, houve uma tendência do cálcio se concentrar na profundidade de 0 - 30 cm, em todos os tipos de vegetação.

Uma possível explicação para o fato de não haver diferenças significativas entre as duas profundidades talvez seja devido aos elevados coeficientes de variação apresentados pelos tratamentos.

Também supõe-se que o cálcio retirado dos hori -

Tabela 10. Valores médios de Ca^{2+} trocável (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,08	0,05	2,55 n.s.	30,03
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,11	0,09	2,78 n.s.	88,36
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,11	0,06	0,33 n.s.	59,21
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,11	0,06	0,07 n.s.	62,00
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,08	0,05	2,23 n.s.	36,35
t ₆ - cerrado	0,03	0,02	0,20 n.s.	33,28
KRUSKAL-WALLIS	13,00*	9,57 n.s.		
COMPARAÇÕES-MÚLTIPLAS	t ₂ ≠ t ₆ t ₃ ≠ t ₆ t ₄ ≠ t ₆	n.s.		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

zontes inferiores e depositado na superfície, após a mineralização, tenha sofrido lavagem pelas águas de percolação, em virtude da baixa capacidade de troca de cations do solo.

Outras explicações são possíveis. Assim, POGGIANI *et alii* (1979) e POGGIANI (1981) afirmam que, por ser o cálcio um elemento que não se transloca, e tende a se concentrar no lenho, ele tem que ser constantemente absorvido do solo, para atender às necessidades da planta, o que não ocorre com N, P, e K, cuja reciclagem interna supre parte das suas necessidades e retornam ao solo devido à queda das folhas.

Aliado a isso está o fato de, segundo SPURR e BURTON (1973) e PRITCHETT (1979), os *Pinus* apresentaram baixo requerimento em cálcio quando comparado a outros ecossistemas e conseqüentemente menor retorno ao solo via folhagem.

Além disso, o baixo pH e o alto teor de alumínio que ocorrem normalmente sob plantações de *Pinus* causam, segundo MESSENGER (1975), a perda de cations básicos nos horizontes e-luviais.

Não obstante, a maioria dos trabalhos evidenciam decréscimo no conteúdo de cálcio com a profundidade, no solo, sob plantações de *Pinus* (CHALLINOR, 1968; METZ *et alii*, 1970; HAAG *et alii*, 1978; HAINES e CLEVELAND, 1981), BARROS e BRANDI (1975) também não encontraram variações até 60 cm, em *Pinus elliottii* com 8 anos.

O cerrado foi o tratamento que apresentou o menor teor de cálcio em ambas profundidades, diferindo estatisticamente do *Pinus elliottii* com 14 e 19 anos e *Pinus taeda*, apenas na profundidade de 0-30 cm.

Verifica-se que, de modo geral, os *Pinus* tiveram o efeito de aumentar o conteúdo de cálcio trocável do solo sob cerrado. Isso contradiz os resultados de HAMILTON (1965), ROLFE e BOGGESS (1973), TOSIN (1977), HAAG *et alii* (1978), LEPSCH (1980) e PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) quando constataram o decréscimo devido ao reflorestamento com *Pinus*.

No entanto, concordam com BROADFOOT (1951), MC CLURKIN (1970) e ROLFE e BOGGESS (1973) ao verificarem que o teor de cálcio era maior sob povoamentos de *Pinus* que em áreas degradadas adjacentes.

Observa-se também neste trabalho que não ocorreram variações, nos teores de cálcio trocável com a idade das plantações, diferentemente do que foi observado por WELLS e JORGENSEN (1975, 1978), que verificaram decréscimo nos seus teores com o aumento da idade de 5 para 15 anos.

Os resultados obtidos, sugerem que o florestamento com pináceas em solos de cerrado tendeu a aumentar o conteúdo de cálcio trocável do solo.

4.2.7. Efeito sobre o teor de magnésio trocável - Mg^{2+}

Pelo exame da Tabela 11, nos tratamentos *Pinus elliottii* com 14 anos, *Pinus taeda* e cerrado, as concentrações de magnésio foram estatisticamente superiores na profundidade de 0 - 30 cm.

Nos tratamentos *Pinus elliottii* com 9 e 19 anos, e *Pinus patula*, não houve diferenças significativas entre as duas profundidades, provavelmente devido aos elevados coeficientes de variação apresentados por tais tratamentos.

Decréscimo no conteúdo de magnésio trocável com a profundidade do solo em povoamentos de *Pinus* também foram verificados por CHALLINOR (1968) METZ *et alii* (1970), BARROS e BRANDI (1975), ROCHA FILHO *et alii* (1978), HAAG *et alii* (1978) e HAINES e CLEVELAND (1981).

Observando o resultado das comparações múltiplas nota-se que ocorrem apenas variações na profundidade de 0 - 30 cm, entre idades dos povoamentos, com o *Pinus elliottii*, com 9 anos, apresentando a menor concentração de magnésio trocável e diferindo do *Pinus elliottii* com 14 e 19 anos. Na profundidade de 30 a 60 cm, os tratamentos não diferiram entre si.

Não ocorreram diferenças entre os teores de magnésio trocável no solo entre *Pinus* e cerrado. Esses resultados são discordantes com os de HAMILTON (1965), ROLFE e BOGGESS (1973), TOSIN (1977), ROCHA FILHO *et alii* (1978), HAAG

Tabela 11. Valores médios de Mg^{2+} trocável (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t_1 - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,028	0,035	0,34 n.s.	58,05
t_2 - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,060	0,043	13,36*	13,20
t_3 - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,065	0,045	2,66 n.s.	31,49
t_4 - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,048	0,030	49,00**	9,12
t_5 - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,053	0,055	0,02 n.s.	41,42
t_6 - cerrado	0,045	0,025	24,00**	16,49
KRUSKAL-WALLIS	18,39**	11,14*		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	$t_3 \neq t_1$	n.s.		
	$t_2 \neq t_1$			

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

et alii (1978), LEPSCH (1980) e PAULA SOUZA e PAULA SOUZA (1981) que verificaram decréscimo nos conteúdos de magnésio trocável do solo devido à substituição da vegetação natural para povoamentos de *Pinus*.

Não se verificaram os aumentos dos teores de magnésio trocável no solo constatados por ROLFE e BOGGESS (1973) e BARROS e BRANDI (1975) devido ao plantio de *Pinus* em solos depauperados.

O que se observa é que houve um aumento nos conteúdos de magnésio no solo com a idade do *Pinus elliottii*, aumentando de 9 para 14 e 19 anos. Resultados contrários foram obtidos por WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) ao verificarem que diminuiu 29% o conteúdo de magnésio trocável do solo, sob *Pinus taeda*, quando a idade aumentava de 5 para 15 anos.

Os solos de cerrado apresentam teores muito baixos de magnésio trocável e o florestamento com pináceas, ao que parece pelos resultados obtidos, tendeu a manter o nível do elemento no solo.

4.2.8. Efeitos sobre a soma de bases - S.

Pelo exame da Tabela 12, comprova-se que, com relação à profundidade, diferiram estatisticamente *Pinus elliottii* com 19 anos, *Pinus taeda* e cerrado, havendo nesses

Tabela 12. Valores médios da Soma de Bases (e.mg/100g de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,13	0,10	2,25 n.s.	24,07
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,20	0,15	1,76 n.s.	33,31
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,21	0,12	10,20*	23,30
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,18	0,10	27,20**	15,83
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,16	0,13	2,27 n.s.	23,27
t ₆ - cerrado	0,10	0,06	32,00**	12,50
KRUSKAL-WALLIS	15,68**	11,75*		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	t ₃ ≠ t ₆ t ₂ ≠ t ₆	t ₂ ≠ t ₆		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

tratamentos decréscimo da soma de bases com a profundidade.

Não houve diferenças significativas nos outros tratamentos.

Comparando os tratamentos entre si, verifica-se que o cerrado apresentou a menor soma de bases nas duas profundidades, diferindo estatisticamente na camada de 0 - 30 cm dos *Pinus elliottii* com 14 e 19 anos, e na camada de 30 - 60 cm, somente do *Pinus elliottii* com 14 anos.

MC CLURKIN (1970) também concluiu que a soma de bases aumentava devido ao plantio de *Pinus taeda* e *Pinus echinata* em áreas degradadas.

No entanto LEPSCH (1980), analisando o solo nas profundidades de 0 - 20 e 60 - 80 cm sob povoamentos de *Pinus* com mais de 8 anos e áreas adjacentes com vegetação de cerrado, não encontrou diferenças significativas no valor da soma de bases entre essas vegetações.

Os resultados indicam que o florestamento com pináceas em solo de cerrado tendeu a aumentar a soma de bases do solo.

4.2.9. Efeitos sobre a capacidade de troca de cations - CTC

A capacidade de troca de cations do solo, sob

Pinus taeda e *Pinus patula*, não diferiu estatisticamente entre as duas profundidades. No entanto, esse parâmetro relativo ao *Pinus elliottii* com 9, 14 e 19 anos, e cerrado foi significativamente maior na profundidade de 0 - 30 cm (Tabela 13).

HAINES e CLEVELAND (1981) em estudos com *Pinus elliottii* com 14 anos, também notaram decréscimo da capacidade de troca de cations até 20 cm de profundidade. MADER (1963) em *Pinus resinosa* com mais de 47 anos, fez as mesmas verificações até o horizonte B. Não obstante, HAMILTON (1965) encontrou maior valor na profundidade de 40 - 70 cm do que na camada de 0 - 40 cm, em povoamentos de *Pinus radiata* com 29 anos.

Comparando os tratamentos entre si, verifica-se que, à profundidade de 0 - 30 cm, maiores valores de capacidade de troca de cations foram encontrados sob *Pinus elliottii* com 14 anos, *Pinus taeda* e *Pinus patula*. Os dois primeiros diferiram estatisticamente do cerrado que apresentou, entre todos os tratamentos, a menor capacidade de troca de cations. No caso do *Pinus patula*, apesar de não diferir estatisticamente, o valor está próximo do nível de significância.

Na profundidade de 30 - 60 cm, *Pinus taeda* e *Pinus patula* também diferiram do cerrado.

Esses resultados assemelham-se aos de ZINKE (1962) que também obteve maiores valores de capacidade de tro

Tabêla 13. Valores médios da CTC (e.mg/100 de terra) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 re petições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	6,07	4,93	18,82**	6,77
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	7,95	6,47	24,79**	5,84
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	6,05	3,78	53,33**	8,96
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	7,39	7,08	0,63 n.s.	7,71
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	7,41	6,80	5,79 n.s.	5,07
t ₆ - cerrado	3,53	2,68	29,20**	7,17
KRUSKAL-WALLIS	19,79**	20,36**		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	t ₂ ≠ t ₆	t ₄ ≠ t ₆		
	t ₄ ≠ t ₆	t ₅ ≠ t ₆		

n.s. - não significativo

** - significativo a 1%

ca de cations sob *Pinus contorta* com 45 anos, do que sob o mesmo solo sem cobertura florestal.

Os resultados sugerem que o florestamento com pináceas aumentou na CTC do solo.

4.2.10. Efeitos sobre a saturação em bases -V%

Pelo exame da Tabela 14, observa-se que, somente no caso de *Pinus taeda*, houve diferença significativa da saturação em bases entre as duas profundidades, com a camada de 0 - 30 cm, apresentando maior valor.

A análise entre as vegetações mostra que, na profundidade de 0 - 30 cm, não há diferenças entre tratamentos enquanto que na de 30 - 60 cm somente diferiram *Pinus elliottii* com 19 anos do *Pinus taeda*, com o primeiro apresentando o maior valor.

Os *Pinus* não diferiram do cerrado e não houve variações com a idade dos povoamentos.

LEPSCH (1980) também não verificou mudanças na saturação em bases, nas camadas 0 - 20 cm e 60 - 80 cm em povoamentos de *Pinus* com mais de 8 anos, em áreas de cerrado.

Ao que parece o florestamento com *Pinus* em solos de cerrado não teve influência sobre a saturação em bases do solo.

Tabela 14. Valores médios da Saturação em Bases (%) nas profundidades de 0 - 30 a 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	2,18	2,08	0,14 n.s.	13,06
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	2,57	2,34	0,19 n.s.	20,23
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	3,47	3,24	0,20 n.s.	11,57
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	2,48	1,42	21,06**	8,61
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	2,18	1,84	0,72	13,94
t ₆ - cerrado	2,85	2,23	4,36 n.s.	8,27
KRUSKAL-WALLIS	10,56 n.s.	11,13*		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	n.s.	t ₃ ≠ t ₄		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

OBS.: Os F e os C.V. foram obtidos com os dados transformados em arc. sen \sqrt{x}

4.2.11. Efeitos sobre o teor de carbono - C

Os dados da Tabela 15 revelam que há diferenças significativas no teor de carbono, entre as profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, em todos os tratamentos, com exceção do *Pinus taeda*.

Decrêscimo no teor de carbono, com a profundidade do solo, era o esperado pois a maioria dos trabalhos é unânime em afirmar que ele diminui com a profundidade (METZ, 1954; MADER, 1963; BYRNES e KARDOS, 1963; CHALLINOR, 1968; METZ *et alii*, 1970; ROLFE e BOGGESS, 1973; HAINES e CLEVELAND, 1981).

O *Pinus taeda* foi a única espécie que não mostrou variação significativa no teor de carbono com a profundidade. ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978) para a mesma espécie, com 20 anos, também não observaram variações entre as camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm de profundidade.

O cerrado foi o tratamento que apresentou menor teor de carbono. Diferiu estatisticamente apenas do *Pinus elliottii* com 14 anos, na profundidade de 0 - 30 cm. Na profundidade de 30 - 60 cm diferiu deste e também do *Pinus taeda*.

Esses resultados discordam de JONES e RICHARDS (1977) e LEPSCH (1980) que não encontraram variação no teor de carbono, devido à substituição de áreas de vegetação natural para *Pinus*.

Tabela 15. Valores médios de C(%) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,81	0,46	76,02**	4,60
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	1,09	0,82	18,53*	6,95
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,63	0,26	34,14**	10,52
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,80	0,70	2,60 n.s.	5,54
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,88	0,67	8,99*	6,55
t ₆ - cerrado	0,45	0,24	27,50**	8,47
KRUSKAL-WALLIS	17,87**	20,39**		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	t ₂ ≠ t ₃	t ₂ ≠ t ₃		
	t ₂ ≠ t ₆	t ₂ ≠ t ₆		
		t ₄ ≠ t ₆		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

OBS.: Os F e os C.V. foram obtidos com dados transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{x}$

Diferem também de METZ (1954), BYRNES e KARDOS (1963), HAMILTON (1965), ROLFE e BOGGESS (1973) e TOSIN (1977) que encontraram maior teor de matéria orgânica sob florestas naturais do que em plantações de *Pinus*.

Entretanto, estão de acordo com os obtidos por BARROS e BRANDI (1975) que comprovaram após 8 anos, com *Pinus elliottii*, aumento no teor de matéria orgânica do solo e com ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1978) que encontraram maior teor de carbono sob *Pinus taeda* com 20 anos, do que em áreas sem cobertura florestal.

Ainda pelo exame da Tabela 15, verifica-se que há diferenças significativas no teor de carbono na profundidade de 0 - 30 e 30 - 60 cm entre *Pinus elliottii* com 14 e 19 anos, este último apresentando menor teor.

Esses resultados corroboram com os obtidos por SARTZ (1976) ao observar decréscimos do teor de carbono, em povoamentos de *Pinus resinosa* e *Pinus strobus*, com o aumento da idade de 3 para 13 anos.

No entanto, contrariam os obtidos por VEIGA *et alii* (1977) ao constatarem aumento no teor de carbono com a idade de *Pinus elliottii*, aumentando de 7 para 13 anos.

Embora tenha ocorrido decréscimo no teor de carbono com a idade do *Pinus elliottii*, aumentando de 14 para 19 anos, WILDE (1964) encontrou pequena variação no conteúdo de

matéria orgânica do solo em povoamentos com menos de 20 anos.

Os resultados sugerem que o florestamento com *Pinus* em solo de cerrado tendeu a aumentar o teor de carbono do solo.

4.2.12. Efeitos sobre o teor de nitrogênio -N

Verifica-se, pela Tabela 16, que apenas *Pinus taeda* e cerrado não apresentaram diferenças significativas nos teores de nitrogênio entre as duas profundidades.

Nos demais tratamentos, os teores desse elemento foram significativamente maiores na superfície, diminuindo na profundidade de 30 - 60 cm.

Decrêscimos no teor de nitrogênio com a profundidade do solo sob pináceas também foram constatados por METZ (1954), MADER (1963), HAMILTON (1965), CHALLINOR (1968), METZ *et alii* (1970) e WELLS e JORGENSEN (1975, 1978).

Comparando os tratamentos entre si, nota-se que não há diferenças nos teores de nitrogênio entre os *Pinus* e o cerrado. Resultados semelhantes foram encontrados por JONES e RICHARDS (1977) na Austrália, 32 anos após o plantio de *Pinus elliottii*, em solos anteriormente ocupados por florestas naturais de Eucalipto.

Há apenas uma diferença na profundidade de 30 -

Tabela 16. Valores médios de N (%) nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V.%
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	0,088	0,073	10,63 *	4,24
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	0,115	0,094	16,91 **	3,58
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	0,085	0,055	21,24 **	6,50
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	0,086	0,070	2,46 n.s.	9,06
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	0,089	0,072	7,77 *	5,58
t ₆ - cerrado	0,081	0,068	4,49 n.s.	5,89
KRUSKAL-WALLIS	9,68 n.s.	16,36 **		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	n.s.	t ₂ ≠ t ₃		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

OBS.: Os F e os C.V. foram obtidos com dados transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{x}$

60 cm entre *Pinus elliottii* com 14 e 19 anos. Isso mostra que houve um decréscimo do teor de nitrogênio com o aumento da idade de 14 para 19 anos. SARTZ (1976) fez as mesmas observações em povoamentos de *Pinus resinosa* e *Pinus strobus*, com idade variando de 3 para 13 anos.

WELLS e JORGENSEN (1975, 1978) também observaram que o conteúdo de nitrogênio na camada de 0 - 60 cm do solo decrescia de 2 392 kg/ha para 2 010 kg/ha em 10 anos (dos 5 aos 15 anos)

Embora, alguns autores, tenham notado que o reflorestamento de áreas degradadas, promovia aumento nos teores de nitrogênio do solo (ZINKE, 1962; STONE e FISHER, 1969; FISHER e STONE, 1969; MC CLURKIN, 1970), os resultados, indicam que o plantio de *Pinus*, em áreas de cerrado, não provocou alterações nos teores do elemento.

4.2.13. Efeitos sobre a relação carbono/nitrogênio - C/N.

Diferenças significativas quanto à profundidade foram apresentadas pelo *Pinus elliottii* com 9 e 19 anos e cerrado. Tais tratamentos apresentaram maior relação carbono/nitrogênio, na profundidade de 0 - 30 cm do que na de 30 - 60 cm (Tabela 17).

A relação C/N sob *Pinus elliottii* com 14 anos ,

Tabela 17. Valores médios da Relação C/N nas profundidades de 0 - 30 e 30 - 60 cm, média de 4 repetições.

TRATAMENTOS	PROFUNDIDADE cm		F	C.V. %
	0 - 30	30 - 60		
t ₁ - <i>P. elliottii</i> - 9 anos	9,21	6,31	42,05**	8,14
t ₂ - <i>P. elliottii</i> - 14 anos	9,44	8,73	0,86 n.s.	11,93
t ₃ - <i>P. elliottii</i> - 19 anos	7,49	4,76	8,65*	21,41
t ₄ - <i>P. taeda</i> - 19 anos	9,53	10,15	0,64 n.s.	11,10
t ₅ - <i>P. patula</i> - 19 anos	9,94	9,38	0,41 n.s.	12,71
t ₆ - cerrado	5,59	3,53	10,30*	19,84
KRUSKAL-WALLIS	12,77*	20,57**		
COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS	t ₅ ≠ t ₆	t ₄ ≠ t ₃ t ₄ ≠ t ₆ t ₅ ≠ t ₆		

n.s. - não significativo

* - significativo a 5%

** - significativo a 1%

Pinus taeda e *Pinus patula* não variou com a profundidade. METZ *et alii* (1970) obtiveram os mesmos resultados até 8 cm, em plantações com 16 anos, de *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana* e *Pinus strobus*.

O cerrado foi o tratamento que apresentou a menor relação carbono/nitrogênio em ambas profundidades, diferindo estatisticamente na profundidade de 0 - 30 cm do *Pinus patula* e na camada de 30 - 60 cm deste e também do *Pinus taeda*.

Esse aumento da relação carbono/nitrogênio sob o *Pinus* também foi constatado por HAMILTON (1965), na Austrália, 29 anos após a introdução de *Pinus radiata* em áreas anteriormente ocupadas por florestas de Eucalipto. O autor explica que, no solo sob *Pinus*, é menor a quantidade de matéria orgânica incorporada e que o húmus é mais decomposto no solo sob Eucalipto.

No entanto LEPSCH (1980), no Brasil, não verificou mudanças na relação carbono/nitrogênio devido ao plantio de *Pinus* em áreas de cerrado.

Diferiram, também na profundidade de 30 - 60 cm, *Pinus elliottii* com 19 anos e *Pinus taeda*, com este apresentando maior valor. Essa diferença entre espécies não foi encontrada por METZ *et alii* (1970) entre povoamentos com 16 anos de *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana* e *Pinus*

strobis.

Os resultados revelam que o florestamento de áreas de cerrado com pináceas promoveu o aumento da relação C/N do solo.

4.3. Considerações finais

Deve ser considerado que os povoamentos de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus patula*, até a idade de 19 anos, são jovens e, portanto, tiveram pouco tempo para produzir uma serapilheira estável e influenciar o solo de cerrado.

Por volta dos 20 anos, as plantações atingem o equilíbrio nutricional e passam a produzir uma serapilheira estável.

Segundo afirmações de WILDE (1964), SWITZER e NELSON (1972), FLORENCE e LAMB (1974) e WELLS e JORGENSEN (1975, 1978), até essa idade o solo é a principal fonte de nutrientes para o desenvolvimento da plantação, e somente em plantações mais velhas ele seria melhorado, ou seja, enriquecido em nutrientes devido à prolongada deposição de serapilheira.

No entanto, constata-se, neste trabalho, que, até a idade de 19 anos, o florestamento com pináceas, feito em áreas de vegetação natural do tipo cerrado, causou aumento nos teores de hidrogênio, alumínio, carbono, fósforo, cálcio, soma de

bases, CTC , relação C/N e decréscimo do pH.

As variações foram pequenas, devendo ocorrer maiores modificações em povoamentos mais velhos.

Não deve ser esquecido, também, que os solos de cerrado já são muito ácidos e pobres em nutrientes, portanto é de se esperar que as modificações não sejam muito grandes.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que este trabalho foi realizado chega-se às seguintes conclusões:

a) Não há diferenças entre *Pinus* e cerrado em quantidade de manta orgânica formada e de macronutrientes na mesma.

b) A manta orgânica do cerrado apresenta teores mais elevados em nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio que a dos *Pinus*.

c) Os *Pinus* tendem a baixar o pH do solo de cerrado e aumentar os teores de alumínio, hidrogênio, carbono, fósforo, cálcio, soma de bases, capacidade de troca de cations e relação carbono/nitrogênio, não interferindo nos teores de nitrogênio, potássio, magnésio e saturação em bases.

d) Todos os parâmetros estudados são mais ele-

vados na camada de 0 - 30 cm, diminuindo na camada de 30 - 60 cm, com exceção dos teores de cálcio e saturação em bases que não diferem significativamente em ambas as profundidades e do valor pH que tende a ser maior na profundidade de 30 - 60 cm.

Para que possam ser formuladas conclusões mais gerais e definitivas recomenda-se que outros estudos sejam realizados, observando-se, sobretudo, povoamentos mais velhos.

6. LITERATURA CITADA

- ALBAN, D.H., 1974. *Soil variation and sampling intensity under red pine and aspen in Minnesota*. Minnesota. USDA, Forest Service. 10p. (Research paper, NC - 106).
- BARROS, N.F. e R.M. BRANDI, 1975. Influência de três espécies florestais sobre a fertilidade de solo de pastagem em Viçosa, M.G. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, 6(21):24 - 29.
- BLANCO, H.G. e H. GODOY, 1967. *Carta de chuvas do Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agronômico, 18p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo ; contribuição à carta de solos do Brasil. *Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas*, Rio de Janeiro, n.12. 634 p.

- BROADFOOT, W.M., 1951. Soil rehabilitation under eastern redcedar and loblolly pine. *Journal of Forestry*, Washington, 49(11)780-781.
- BYRNES, W.R. e L.T. KARDOS, 1963. Hydrologic characteristics of three soils supporting natural hardwoods, planted red pine, and old field plant communities. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 27:468-473.
- CAMPOS, H., 1979. *Estatística experimental não paramétrica*. 3^a ed. Piracicaba, ESALQ/USP Departamento de Matemática e Estatística. 343p.
- CATANI, R.A. e A.O.JACINTHO, 1974. *Avaliação da fertilidade do solo; Métodos de análise*. Piracicaba, Livroceres. 6lp.
- CHALLINOR, D., 1968. Alteration of surface soil characteristics by four tree species. *Ecology*, Brooklin, 49(2):286-290.
- DAY, G.M., 1940. Topsoil changes in coniferous plantations. *Journal of Forestry*, Washington, 38(8):646-648.
- DELITTI, W.B.C., 1982. Aspectos dinâmicos da serapilheira de uma floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Moçil-Guaçu, SP). São Paulo, USP, Instituto de Biociências, 130 p. (Dissertação de Mestrado).
- FISHER, R.F. e E.L. STONE, 1969. Increased availability of nitrogen and phosphorus in the root zone of conifers.

- Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 33(2): 955-961.
- FLORENCE, R.G. e D. LAMB, 1974. Influence of stand and site on radiata pine litter in South Australia. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, 4(3):502-510.
- GARRIDO, M.A.O., 1980. Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folhêdo de alguns povoamentos puros e mistos de espécies nativas. Piracicaba, ESALQ/USP. 105 p. (Dissertação de mestrado).
- HAAG, H.P., J.V.C. ROCHA FILHO e G.D. OLIVEIRA, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta. *O solo*, Piracicaba, 70(2):28-31.
- HAINES, S.G. e G. CLEVELAND, 1981. Seasonal variation in properties of five forest soils in Southwest Georgia. *Journal Soil Science Society of America*, Madison, 45:139 - 143.
- HAMILTON, C.D. 1965. Changes in the soil under *Pinus radiata*. *Australian Forestry*, Melbourne, 29:275-289.
- JONES, J.M. e B.N. RICHARDS, 1977. Changes in the microbiology of eucalypt forest soils following reafforestation with exotic pines. *Australian Forest Research*, Canberra, 7:229-240.

- JORGENSEN, J.R., C.G. WELLS e L.J. METZ, 1980. Nutrient changes in decomposing loblolly pine forest floor. *Journal Soil Science Society of America*, Madison, 44:1307-1314.
- KRAMER, P.J. e T. KOSLOWSKI, 1960. *Fisiologia das árvores*. Trad. A.M.A. GOMES. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 745p.
- LAMB, D. e R.G. FLORENCE, 1975. Influence of soil type on the nitrogen and phosphorus content of radiata pine litter. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, 5(2):143-151.
- LANE, C.L., 1975. Forest stand conversion from hardwoods to pines; effects on soil nutrients, microorganisms and forest floor weight during the first seven years. *Forest Science*, Washington, 21(2):155-159.
- LEPSCH, I.F., 1980. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4:103-107.
- MADER, D.L., 1963. Soil variability - a serious problem in soil-site studies in the northeast. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 27:707-709.
- MC CLURKIN, D.C., 1970. Site rehabilitation under plantet redcedar and pine. In: YOUNGBERG, C.T., ed. *Tree growth and forest soils*. Corvallis, Oregon State University

Press. p. 339-345.

- MESSENGER, A.S., 1975. Climate, time, and organisms in relation to podzol development in Michigan Sands. II. Relationships between chemical element concentration in mature tree foliage and upper humic horizons. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 39:698-702.
- MESSENGER, A.S., J.R. KLINE e D. WILDEROTTER, 1978. Aluminun biocycling as a factor in soil change. *Plant and Soil*, The Hague, 49:703-709. (short communication).
- METZ, L.J., 1954. Forest floor in the Piedmont region of South Carolina. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 18:335-338.
- METZ, L.J., C.G. WELLS e B.F. SWINDEL, 1966. Sampling soil and foliage in a pine plantation. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 30:397-399.
- METZ, L.J., C.G. WELLS e P.P. KOPMANIK, 1970. *Comparing the forest floor and surface soil beneath four pine species in the Virginia Piedmont*. Asheville, USDA, Forest Service. 8 p. (Research paper, SE - 55).
- NOIRFALISE, A. e R. VANESSE, 1975. *Conséquences de la monoculture des conifères pour la conservation des sols et pour le bilan hidrologique*. Bruxelles, Association des Espaces Verts (A.S.B.L.). 44p.

- PAULA SOUZA, D.M. e M.L. PAULA SOUZA, 1981. Alterações provocadas pelo florestamento de *Pinus* sp. na fertilidade de solos da região da LAPA - PR. *Revista Floresta*, Rio de Janeiro, 12(2):36-52.
- POGGIANI, F., 1976. Ciclo de nutrientes e produtividade da floresta implantada. *Silvicultura*, São Paulo, 1(3):45-48.
- POGGIANI, F., 1979. Deposição mensal de acículas e de nutrientes em plantações homogêneas de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribaea hondurensis*. *Boletim Informativo P.P.T.*, Piracicaba, 7:12-19.
- POGGIANI, F., 1981. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. *Gaseificação de madeira e carvão vegetal*. Belo Horizonte, CETEC, p.26-33.
- POGGIANI, F., H.T.Z. COUTO e J.W. SIMÕES, 1979. Aspectos ecológicos das mini-rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. *Circular Técnica*. IPEF, Piracicaba, n. 74. 7p.
- PRITCHETT, W.L. 1979. *Properties and management of forest soils*. New York, John Wiley, 500p.
- ROCHA FILHO, J.V.C., H.P. HAAG, G.D. OLIVEIRA e R.A. PITELLI, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. I. Distribuição no solo e na manta. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 35:113-123. (no prelo).

- ROLFE, G.L. e W.R. BOGGESE, 1973. Soil conditions under old field and forest cover in Southern Illinois. *Proceedings Soil Science Society of America*, Madison, 37:314-318.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQ/USP. 56p.
- SARTZ, R.S., 1976. *Effect of plantation establishment on soil and soil water in Southwestern Wisconsin*. Minnesota, USDA, Forest Service, 8p. (Research paper, NC - 127).
- SPAIN, A.V., 1973. Litter fall in a new South Wales conifer forest: a multivariate comparison of plant nutrient element status and return in four species. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 10(2):527-555.
- SPAIN, A.V., 1975. Aspects of the role the soil biota in forest litter decomposition. *Australian Forestry*, Melbourne, 38(3):171-176.
- SPURR, S.H. e V.B. BURTON, 1973. *Forest ecology*. New York, The Ronald Press. 571 p.
- STONE, E.L. e R.F. FISHER, 1969. An effect of conifers on available soil nitrogen. *Plant and Soil*, The Hague, 30(1):134-138. (short communication).
- SWITZER, G.L. e L.E. NELSON, 1972. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations ecosystems: the first twenty years. *Proceedings Soil*

Science Society of America, Madison, 36:143-147.

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. *Revista Floresta*, Rio de Janeiro, 8(1):73-74.

VEIGA, A.A., J.E.R. VEIGA, O.S. LIMA e G.S. PINHEIRO, 1977 .
Macronutrientes e alumínio em povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. *Boletim Técnico. Instituto Florestal*, São Paulo, n. 27. 13p.

WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1975. Nutrient cycling in loblolly pine plantations. In: BERNIER, B. e C.H. WINGET, ed. *Forest soils and forest land management*. Quebec, Les Presses de L'Université Laval. p.137-158.

WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1978. *Nutrient cycling in loblolly pine - Silvicultural implications*. Asheville , USDA, Forest Service. p.89-93. (Research paper, SE 181).

WELLS, C.G. e J.R. JORGENSEN, 1979. Effect of intensive harvesting on nutrient supply and sustained productivity . In: USDA FOREST SERVICE. *Impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling*. Triangle Park, Southeastern Forest Experiment Station, p.212-229.

WILDE, S.A., 1964. Changes in soil productivity induced by pine plantations. *Soil Science*, Baltimore, 97:276-278.

ZINKE, P.J., 1962. The pattern of influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology*, Brooklin, 43(1) :130-133.