

**Relações entre dados analíticos do solo,
análise foliar e dados de crescimento da
ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA
(Bert) O.Ktze.**

Albino Bruno Dietrich

Universidade Federal do Paraná

**Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal
setor de Ciências Agrárias**

Curitiba - Paraná

1977

**Relações entre dados analíticos do solo,
análise foliar e dados de crescimento da
ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA
(Bert) O.Ktze.**

Albino Bruno Dietrich



Universidade Federal do Paraná

**Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal
setor de Ciências Agrárias**

Curitiba - Paraná

1977

União si a. e Federal do Paraná
L. E. N. L.
bc 66.636 c 13637
18/8/79
SISTOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS

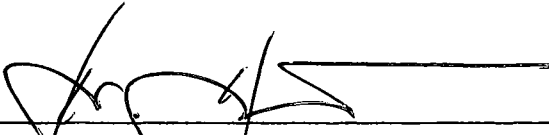
RELações ENTRE DADOS ANALíTICOS DO SOLO,
ANálISE FOLIAR E DADOS DE CRESCIMENTO DA
ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA (BERT) O. KTZE

TESE


*Submetida à consideração da Comissão
Examinadora, como requisito parcial
na obtenção de Título de
Mestre em Ciências*

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

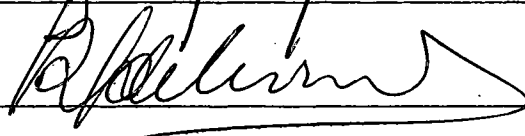
APROVADA:



Presidente



Examinador



Examinador

BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E MADEIRA

DEDICATÓRIA

À minha esposa e filha.

À meus Pais e Irmãos

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

O autor expressa seus agradecimentos aos seus orientadores professores Dr. Winfried Blum e Dr. Ernst Hildebrand pelo apoio e estímulo dispensado, que foi de grande valia para execução deste trabalho. À técnica de laboratório senhora Hildebrand pela sua contribuição nas análises de acículas e solo.

Ao projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PNUD/FAO/IBDF/BRA-45) que me propiciou a oportunidade de realizar este curso de pós-graduação para obtenção do título de Mestre em Ciência-M. Sc., em particular ao Diretor do mesmo e Coordenador Regional da Sub-Estação Sul, respectivamente Dr. Mauro Silva Reis e Ernesto da Silva Araújo, e aos peritos da Fao Dr. Robert William Fishwick e Dr. Reinout Jan de Hoogh. Ao Eng^o Florestal Jesuino Lima Neto e o técnico florestal Mário Morossini pela ajuda na coleta de dados na Flona de Três Barras.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em especial ao Professor Dr. Sylvio Péllico Netto.

Na parte de revisão de literatura agradeço a cooperação de Lea Belczack Coordenadora das Bibliotecas do Setor de Ciências Agrárias.

Agradeço ao Professor Ronald Leal do Centro de Computação da Universidade Federal do Paraná, e aos colegas Professores Altair Barusso e José Ribeiro pela colaboração e orientação no manejo do Computador do Setor de Ciências Agrárias e demais pessoas que de uma forma ou outra contribuíram para este trabalho.

B I O G R A F I A

Nome: ALBINO BRUNO DIETRICH

Data Nascimento: 05 de maio de 1947

Naturalidade: Panambi - Rio Grande do Sul

CURSOS SECUNDÁRIOS:

- Ginásio: Colégio Estadual do Paraná - Curitiba-Pr - 1960 - 1963
- Científico: Colégio Estadual do Paraná - Curitiba-Pr. - 1964 - 1966.

CURSO SUPERIOR:

- Engenharia Florestal - Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná - Curitiba-Pr. 1967 - 1970.

ATIVIDADES PROFISSIONAIS:

- Contraparte do Convênio FAO/IBDF - Bra 45 - 1971 - 1973.
- Responsável pelo Setor Silvicultura/Solo do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal - IBDF - MA da Sub-Estação Sul - 1973.

ÍNDICE

	Página
Título.....	I
Agradecimentos.....	III
Dedicatória.....	II
Biografia.....	IV
LISTA DAS FIGURAS.....	IX
LISTAS DAS TABELAS.....	XII
 CAPÍTULO I	
1. Introdução.....	1
 CAPÍTULO II	
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Os Primeiros Plantios de <u>Araucaria angustifolia</u> (Bert) O.Ktze e seus Problemas (principalmente em relação às condições edáficas).....	3
2.2. Relação entre Qualidade de Sítio e Crescimento.....	4
2.3 Análise de Acículas em <u>Araucaria angustifolia</u>	6
2.3.1 Distribuição dos Teores dos Elementos Nutritivos dentro da <u>Copa</u>	7
2.3.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas acículas com o crescimento	7
2.3.3 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas acículas com os Elementos Nutritivos do Solo.....	7
3. Material e Métodos.....	8
3.1 Material.....	8
3.1.1 Região.....	8
3.1.2 Identificação das Parcelas de Amostragem.....	8
3.1.3 Unidade de Solos Estudadas.....	11
3.2 Métodos.....	11
3.2.1 Métodos de Campo.....	11

	Página	
3.2.1.1	Escolha das Árvores de Amostragem.....	11
3.2.1.2	Coleta de Acículas.....	11
3.2.1.3	Material de Coleta para a Análise de Tronco.....	12
3.2.1.4	Descrição dos Perfis e Coleta de Amostras de Solo.....	12
3.2.2	Métodos de Laboratório.....	12
3.2.2.1	Análise de Tronco.....	12
3.2.2.2	Análise Foliar.....	16
3.2.2.2.1	Preparo do Material.....	16
3.2.2.2.2	Determinações.....	16
3.2.2.3	Análise do Solo.....	17
3.2.2.3.1	Preparo da Amostra.....	17
3.2.2.3.2	Determinações.....	17
3.2.2.4	Análise Estatística.....	18
3.2.2.4.1	Distribuição dos Elementos Essenciais e não Essenciais dentro da copa.....	18
3.2.2.4.2	Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com o Incremento Periódico Anual ($IPA_{(20-25)}$) e com a Altura Total das Árvores de Amostragem (H_{d25}).....	18
3.2.2.4.3	Correlação dos Teores Nutritivos nas Acículas com os Teores Totais do Solo.....	19

CAPÍTULO IV

4.	Apresentação dos Resultados.....	21
4.1	Macro e micronutrientes nas acículas da <u>Araucaria angustifolia</u>	21
4.2	Características do Solo.....	21
4.2.1	Morfologia das Unidades de Solo.....	21
4.2.1.1	Descrição do Perfil SC-1	25
4.2.1.2	Descrição do Perfil SC-2.....	26

	Página	
4.2.1.3	Descrição do Perfil SC-3.....	28
4.2.2	Características Químicas e Físicas do Solo.....	29
4.3	Crescimento Periódico e Crescimento Periódico Anual.....	29
4.4	Distribuição Vertical dos Elementos Nutritivos na Copa da <u>Araucaria angustifolia</u>	38
4.4.1	Nitrogênio.....	38
4.4.2	Fósforo.....	38
4.4.3	Potássio.....	42
4.4.4	Cálcio.....	42
4.4.5	Magnésio.....	45
4.4.6	Ferro.....	45
4.4.7	Manganês.....	46
4.4.8	Alumínio.....	47
4.4.9	Zinco e Cobre.....	51
4.5	Relações dos Teores dos Elementos Essenciais e não Essen- ciais nas Acículas com Dados de Crescimento (Crescimento Pe- riódico Anual (IPA ₍₂₀₋₂₅₎) e a altura total das árvores de amostragem (H _{d25})).....	54
4.5.1	Nitrogênio, Fósforo e Potássio.....	54
4.5.2	Cálcio e Magnésio.....	54
4.5.3	Ferro, Manganês e Alumínio.....	54
4.5.4	Zinco e Cobre.....	54
4.5.5	Boro.....	59
4.5.6	Quocientes (K/Ca, K/Mg, Mn/Fe, Mn/P, N/P, P/Fe).....	59
4.6.	Relações dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os do Solo.....	61
4.6.1	Nitrogênio, Fósforo e Potássio.....	61
4.6.2	Cálcio e Magnésio.....	61
4.6.3	Manganês e Ferro.....	61

	Página
4.6.4 Cálcio mais Magnésio.....	61
 CAPÍTULO V	
5. Discussão dos Resultados.....	63
5.1 Distribuição Vertical dos Elementos na Copa da <u>Araucaria angustifolia</u>	63
5.1.1 Variação do Teor dos Elementos na Copa da <u>Araucaria angustifolia</u>	63
5.1.2 Local de Amostragem na Copa da <u>Araucaria angustifolia</u>	64
5.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Dados de Crescimento ($IPA_{(20-25)}$ e H_{d25}).....	66
5.2.1 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos com o Incremento Periódico Anual ($IPA_{(20-25)}$).....	66
5.2.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos com a Altura total das árvores de amostragem (H_{d25}).....	68
5.3 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Teores Totais desses Elementos no Solo.....	69
 CAPÍTULO VI	
6. Conclusões.....	71
6.1 Metodologia de Amostragem dentro da Copa.....	71
6.2 Relações entre os Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas e Dados de Crescimento.....	71
6.3 Relações entre os Teores dos Elementos Nutritivos essenciais nas Acículas e os Teores Totais do Solo.....	72
Resumo.....	73
Summary.....	76
Zusammenfassung.....	79
Literatura.....	82

LISTA DAS FIGURAS

	Página
FIGURA Nº 1 - <u>Floresta Nacional de Três Barras - SC. (FLONA-IBDF)</u> com a localização da área de estudo.....	9
FIGURA Nº 2 - <u>A área de estudo</u> com a localização dos três <u>sítios</u> e dos perfis na <u>topo-sequência</u> . A altura dominante em pregada foi das 100 árvores com maiores DAPs/ha(Método Assmann/Hummel).....	10
FIGURA Nº 3 - Esquema do local de amostragem das acículas na copa.	13
FIGURA Nº 4 - Corte esquemático de lado e de frente de uma <u>seção de tronco</u> , com a sequência das operações de <u>análise de tronco</u>	14
FIGURA Nº 5 - <u>Resultados da análise textural do solo</u> feita através do método pipeta.....	32
FIGURA Nº 6 - O desenvolvimento do <u>Incremento Periódico da Árvore dominante</u> (H_{d25}) <u>no período de 15 a 25 anos</u> dos três sítios investigados.....	36
FIGURA Nº 7 - O desenvolvimento do <u>Incremento Periódico Anual da Árvore dominante</u> (H_{d25}) <u>no período de 15 a 25 anos</u> dos três sítios investigados.....	37
FIGURA Nº 8 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de fósforo</u> nas acículas de um ano de idade.....	41
FIGURA Nº 9 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de potássio</u> nas acículas de um ano de idade.....	43

	Página
FIGURA Nº 10 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de cálcio nas acículas de um ano de idade.....</u>	44
FIGURA Nº 11 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de magnésio nas acículas de um ano de idade.....</u>	46
FIGURA Nº 12 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de ferro nas acículas de um ano de idade.....</u>	48
FIGURA Nº 13 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de manganês nas acículas de um ano de idade</u>	49
FIGURA Nº 14 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de alumínio nas acículas de um ano de idade.....</u>	50
FIGURA Nº 15 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de zinco nas acículas de um ano de idade.....</u>	52
FIGURA Nº 16 - <u>Distribuição vertical na copa dos teores médios de cobre nas acículas de um ano de idade.....</u>	53
FIGURA Nº 17 - <u>Correlação entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de cálcio nas acículas de um ano de idade.....</u>	56
FIGURA Nº 18 - <u>Correlação entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de magnésio nas acículas de um ano de idade.....</u>	57
FIGURA Nº 19 - <u>Correlação entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de zinco nas acículas de um ano de idade.....</u>	58

	Página
FIGURA Nº 20 - <u>Correlação entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o quociente médio de K/Ca nas acículas de um ano de idade.....</u>	60
FIGURA Nº 21 - <u>Correlação entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor boro do terceiro verticilo das acículas de um ano de idade.....</u>	67

LISTA DAS TABELAS

	Página
TABELA Nº 1 - Resultados da Análise Química de acículas com menos de um ano de idade.....	22
TABELA Nº 2 - Média dos teores dos elementos nos verticilos da mesma posição.....	23
TABELA Nº 3 - Média dos teores dos elementos dos verticilos por árvore.....	24
TABELA Nº 4 - Resultados da Análise química do solo (teor total)....	30
TABELA Nº 5 - Resultados da Análise física do solo (textura).....	31
TABELA Nº 6 - Dados de desenvolvimento da altura total (m) e do incremento anual (m), nos últimos 10 anos da árvore 1.1, nas condições do sítio I, obtidos através da análise de tronco.....	33
TABELA Nº 7 - Dados de desenvolvimento da altura total (m) e do incremento anual (m), nos últimos 10 anos da árvore 2.1, nas condições do sítio II, obtidos através da análise do tronco.....	34
TABELA Nº 8 - Dados de desenvolvimento da altura total (m) e do incremento anual (m), nos últimos 10 anos da árvore 3.1, nas condições do sítio III, obtidos através da análise de tronco.....	35
TABELA Nº 9 - Regressões lineares e exponenciais entre os teores dos elementos essenciais e não essenciais nas acículas de 1 ano de idade (x) e o local de amostragem dentro da copa (nº do verticilo do ápice até a base da copa 1, 2, 3.... n=y) por árvore e por sítio (veja figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).....	39

Página

TABELA Nº 10 - O teor médio do ápice (verticilo 1) e da base (verticilo n), com a diferença de aumento ou redução..	40
TABELA Nº 11 -Correlação entre os elementos essenciais e não essenciais nas acículas e quocientes destes com dados de crescimento - Coeficientes de correlação....	55
TABELA Nº 12 - Correlação entre dados analíticos do solo do horizonte A com dados analíticos foliares (média dos teores dos elementos dos verticilos por árvore)....	62
TABELA Nº 13 - Local de amostragem na copa - comparação do teor nas acículas do 3º verticilo (1), e o teor médio nas acículas dos verticilos por árvore (2).....	65

1. INTRODUÇÃO

As florestas de Araucaria angustifolia, uma ^{espécie} série de grande valor ecológico e econômico, desde o início do século vem sofrendo desmatamentos violentos, sem uma reposição sistemática. Este déficit atualmente acarreta grandes problemas na economia madeireira e também no equilíbrio ecológico das florestas do sul do Brasil.

O ritmo de desmatamento médio da Araucaria angustifolia no Estado do Paraná, no período de 1930 a 1960 foi de aproximadamente 638 km²/ano, o correndo um aceleração do processo de desmatamento desde 1930 (MAACK, 1968).

Os dados de levantamento do primeiro inventário do pinheiro (VAN DILLE WIJN et al., 1966) revelou um índice de desmatamento médio de 1134,2 km²/ano, também referências faz PÉLLICO NETTO (1971) com bases em valores estimados. O segundo inventário citado por MACHADO et. al. (1974) também revelou a mesma tendência.

O ritmo de reposição média de Araucaria angustifolia no Estado do Paraná no período de 1966 a 1976 foi de aproximadamente 34,4 km²/ano (MACHADO et al., 1974) refletindo o déficit ocorrido no período.

O incremento total estimado da floresta nativa e nativa remanescente* foi de 486.200 m³/ano (VAN DILLEWIJN et al., 1966), que em comparação com a produção média de pinho serrado e outros tipos de produtos (não incluindo polpa e papel) no período de 1965 a 1975 (IBDF, 1976)** foi de 2.662.144,3 m³/ano, demonstra também o desequilíbrio entre as taxas de exploração e reposição do patrimônio florestal.

A reposição das florestas de Araucaria angustifolia tem ocorrido em pequena escala, principalmente devido aos problemas financeiros e desconhecimento dos fatores ecológicos. Os incentivos proporcionados não compensam os rendimentos atuais maiores das espécies exóticas, mais tolerantes e com períodos de rotação mais curtos.

* Florestas nativas que já sofreram extração.

** Dados obtidos na Delegacia Regional do Paraná - CTBA. PR (não publicado).

Com o presente trabalho pretende-se contribuir na elucidação dos fatores ecológicos que tem dificultado o plantio da Araucaria angustifolia, em programas de reflorestamento. Para tentar esclarecer estes fatores foram utilizadas a análise foliar, considerada atualmente o método adequado para avaliar o estado nutricional das plantas, bem como a análise do solo e a análise do tronco. Os seguintes objetivos foram tentados:

- 1) Elaborar uma metodologia em condições definidas para verificar e definir o estado nutricional da Araucaria angustifolia, através de relações entre a análise do solo, das acículas e de dados de crescimento.
- 2) Estudar a variação dos teores dos elementos essenciais e não essenciais, nas acículas, a fim de determinar, na copa da Araucária angustifolia, o verticilo representativo do teor médio, como local de amostragem para futuros estudos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Os Primeiros Plantios de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze e seus Problemas (principalmente em relação às condições edáficas).

Os primeiros plantios de Araucaria angustifolia numa escala maior e dentro de medidas técnicas, foram iniciados na década de 1920 (dados coletados na FAO/IBDF/Bra-45), na Companhia Melhoramentos de São Paulo, no município de Caieiras-SP. Os primeiros plantios em grande escala no sul do Brasil e especificamente no Paraná, tiveram início com as atividades do Instituto Nacional do Pinho em torno de 1945 e, na iniciativa privada com as da Indústria Klabin do Paraná de Celulose S/A (IKPC). Diversos problemas surgiram com a implantação dos povoamentos de Araucaria angustifolia, podendo ressaltar-se os relacionados com: armazenamento das sementes, técnicas inadequadas do viveiro, inimigos naturais como os ratos e as formigas, tratamentos culturais inadequados, falta de manejo dos povoamentos, plantio em sítios inadequados.

WIELICZKA (1953) e KOHOUT (1953) propuseram o plantio de Araucaria angustifolia em áreas de campo e cerrado no Estado do Paraná, mais especificamente na Fazenda Monte Alegre (IKPC), tomando como base as boas implantações de Eucalyptus spp no Estado de São Paulo.

Relata VAN der VLIET (1958) que os solos de campos (no Paraná), como também os solos de mata pouco profundos, são impróprios para o florestamento da Araucaria angustifolia, que apresenta uma raiz pivotante pouco adaptável. Os plantios devem ocorrer em solos profundos de preferência onde já haviam povoamentos de Araucaria angustifolia com crescimento satisfatório.

G. SPELTZ (1963) analisou dados dendrométricos de plantios de Araucaria angustifolia na Fazenda Monte Alegre, em três tipos de solos, denominados de solo de mata*, cerrado e campo, observando diferenças no crescimento em altura e diâmetro, chegando à conclusão que Araucaria angustifolia é uma espécie exigente quanto às qualidades de solo. Não é indicada a sua implantação em solos de campo (rendimentos de 3 a 4 m³/ha/ano), mesmo considerando-se a economia nos tratamentos culturais e com restrições em relação aos solos de cerrado.

* primitivamente cobertos por mata nativa de Araucaria angustifolia.

Estudo detalhado de GOLFARI (1971) mostrou que dentro da ocorrência natural da Araucaria angustifolia no planalto sul do Brasil, aproximadamente apenas 25% da superfície apresentam condições ecológicas e econômicas de plantio desta espécie.

2.2 Relação entre Qualidade de Sítio e Crescimento

Existem poucas investigações desta natureza com a espécie Araucaria angustifolia.

Estudando a relação entre qualidade-crescimento na Araucaria angustifolia VAN GOOR (1965) observou que a vegetação original (histórico da área) é de grande importância para o bom desenvolvimento da mesma. Áreas onde se praticava agricultura e as de mata ou capoeira são mais aptas para implantar plantios desta espécie, do que as de campo ou cerrado. Na área de estudo foi observado que a profundidade do solo está fortemente correlacionada com a classe de qualidade. Em solos de substrato ácido o principal fator limitante do crescimento é a quantidade de cálcio e magnésio trocável no solo. O valor mínimo foi considerado de 2,00meq/100g de solo.

Para plantios econômicos a Araucaria angustifolia deveria ficar restrita a solos de fertilidade média a alta, ou aonde a fertilidade pode ser melhorada através de métodos simples. Segundo o mesmo autor, em solos provenientes de substrato básico com rocha matriz basalto (RS), a profundidade de aparentemente não deve ultrapassar mais de 100 a 120cm para o desenvolvimento das raízes. Isto é válido para os solos cuja vegetação é mata ou capoeira, pois em solos cuja vegetação original é campo, a classe de qualidade é sempre baixa. A profundidade ótima parece ser de 20 a 70cm. Mesmo sendo as condições físicas do solo favoráveis a um maior desenvolvimento das raízes, quando as mesmas atingem uma profundidade de cerca de 70 cm, não mais emitem raízes laterais, até que a raiz principal atinge a rocha matriz intemperizada. O autor afirma que isto é devido às diferenças de concentração do alumínio trocável: já nos horizontes superficiais é alto (até 7,6meq/100 g de solo), sendo que a 70 cm esta quantidade pode chegar até valores de 15 a 20 meq/100 g de solo, podendo então haver uma ação tóxica sobre o crescimento.

O crescimento da Araucaria angustifolia é descrito por LASSERE et al. (1972) quando cultivado em diferentes solos de Puerto Piray, Misiones-Ar

gentina. Foi observado o crescimento da espécie em três tipos de solo: terra roxa, litossolo (fase pedregosa) e hidromórficos*. A araucaria angustifolia desenvolveu-se melhor sobre os solos roxos (incremento anual de $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$), podendo excluir para o cultivo da mesma os litossolos e solos hidromórficos desta região. Pela análise química os valores respectivos para a saturação de bases para o horizonte A foram de 32,50% (terra roxa), 81,10% (litossolo) e 11,00% (hidromórfico), demonstrando que a saturação de bases é maior nos litossolos, porém o desenvolvimento das árvores é maior na terra roxa, onde a profundidade do solo e por consequência a expansão do sistema radicular da árvore parece ser muito mais importante do que a saturação de bases (Lassere et al. (1972)).

Estudo de avaliação de sítio para Araucaria angustifolia em plantações artificiais, com mais de cinco anos de idade foi realizado no planalto sul do Brasil por DE HOOGH e DIETRICH (1976). O estudo mostrou que os litossolos roxos do oeste do Paraná, especialmente aqueles das áreas em que foram feitos cortes recentes na floresta primária, devem ser aproveitados prioritariamente para reflorestamento com Araucaria angustifolia. A análise de regressão múltipla revela que a percentagem de saturação de bases (%V) foi o fator químico do solo com maior significância sobre a qualidade de sítio da Araucaria angustifolia. Este fator está altamente correlacionado com o conteúdo de Ca^{+2} mg/100 g de solo ($r=0,923$). De modo geral pode ser confirmada a verificação de VAN GOOR sobre a exigência de um mínimo de Ca^{+2} Mg de 2,00 meq/100 g de solo necessário a um bom crescimento da Araucaria angustifolia. Pode também ser notado que, mesmo em solos de conteúdos baixos de Ca^{+2} Mg (0,5 meq/100g de solo) ou com saturação de bases muito baixa (<10%), frequentemente ocorre crescimento bom. Esta contradição revela que mais estudos sobre o crescimento da Araucaria angustifolia devem ser feitos em regiões específicas. A profundidade do horizonte A é considerada como o segundo fator edáfico de maior importância no crescimento da Araucaria angustifolia.

Estudos de crescimento em Pinus elliottii por VAN GOOR et al. (1975) fazem referências a níveis críticos dos fatores químicos. Os níveis críticos no solo destas espécies estão situados, para o Ca^{+2} Mg em quantidades menores do que 1,0 meq/100 g de solo, saturação de Al maior do que 50% e quantidade de P_2O_5 /100 g de solo menor do que 40 mg. Com a Araucaria angustifolia estes níveis críticos estão situados para Ca^{+2} Mg em quantidades menores do que 2,0 meq/100 g de solo, saturação do Al maior do que 50% e quantidade de P_2O_5 /100 g de

* - agrupamentos indiscriminados de solos.

solo menor do que 40 mg.

2.3 Análise de Acículas em Araucaria angustifolia

As primeiras análises de acículas em povoamentos adultos foram realizadas por VAN GOOR (1965) em sua pesquisa, relação qualidade-crescimento na Araucaria angustifolia. Os nutrientes nitrogênio, cálcio e ferro mostram uma relação positiva com o crescimento. O teor crítico de cálcio foi considerado - ser 0,70%. O manganês mostrou-se correlacionado negativamente com o crescimento. Os nutrientes fósforo, potássio, magnésio, zinco e boro não apresentaram - nenhuma relação com a classe de qualidade. Às vezes o grau de descoloração das acículas foi relacionado com níveis de nitrogênio menores que 1,40%, porém, em outros casos, a mesma descoloração foi encontrada em acículas com conteúdos de nitrogênio mais altos. Para a interpretação destes valores seria necessário conhecer o local de amostragem dentro da copa, a idade das acículas (veja REISSMANN et. al., 1976), ficando vago o aspecto de como o autor realizou a coleta de dados, que não está explícito em seu trabalho.

LA BASTIDE e VAN GOOR (1970) em seu estudo à respeito de relações entre crescimento e sítio de plantações de Araucaria angustifolia confirmaram as observações anteriores.

SIMÕES (1972) observou os efeitos da omissão de nutrientes em mudas de Araucaria angustifolia cultivadas em vasos. O teor de fósforo na parte aérea das plantas não foi afetado pela omissão dos outros elementos minerais na solução nutritiva. As plantas dos tratamentos com omissão de magnésio e nitrogênio tiveram aumentados o teor de potássio na parte aérea da planta. Com a omissão do elemento potássio verificou-se um aumento do cálcio na parte aérea da planta e da mesma forma do magnésio.

Sintomas de deficiência e redução ou distúrbios de crescimento, podem ser encontrados em Araucaria angustifolia nos seguintes níveis críticos dos nutrientes nas acículas (VAN GOOR et. al., 1975).

N menor do que 1,00% do peso da matéria seca;

P menor do que 0,09% do peso da matéria seca;

K menor do que 0,30% do peso da matéria seca;

Cu menor do que 3ppm do peso da matéria seca;

B menor do que 10ppm do peso da matéria seca.

Por causa da variação grande dos teores dos nutrientes nas acículas da copa da Araucaria angustifolia (REISSMANN et al., 1976), estes níveis críticos estabelecidos por VAN GOOR et. al., 1976, devem ser interpretados cuidadosamente.

2.3.1 Distribuição dos Teores dos Elementos Nutritivos dentro da Copa

Para a Araucária angustifolia, não existe nenhum trabalho, que mencione, o aspecto distribuição dos teores na copa. Mas, estudos como de WHITE (1954), LEYTON e ARMSON (1956) e ELSAESSER (1972) demonstraram que certos elementos mostram uma distribuição vertical regular na copa de coníferas (Pinus spp e Psudotuga taxifolia).

2.3.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com o crescimento

Verificaram-se apenas os estudos de VAN GOOR, (1965) e VAN GOOR e LA BASTIDE (1970) que demonstraram para a Araucaria angustifolia relação desta natureza, ver com mais detalhes 2.3. Com outras coníferas estes estudos, já estão numa fase de bastante desenvolvimento, como os trabalhos de LEYTON e ARMSON (1956), WEHRMANN (1959), HEINSDORF (1964) e TAMM et. al.(1974) em Pinus silvestris, o de ZOETTL e VELASCO (1966) em Pinus spp e também de STREBEL (1960) em Picea abies e muitos outros trabalhos.

2.3.3 Correlações dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Elementos Nutritivos do Solo

Estudos desta natureza foram realizados na Araucaria angustifolia por VAN GOOR e LA BASTIDE (1970) e constataram uma relação entre a composição do solo e os teores dos nutrientes nas acículas da Araucaria angustifolia. O cálcio das acículas, apresenta uma correlação positiva com o cálcio + magnésio do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Região

A coleta de dados para a pesquisa foi desenvolvida na Floresta Nacional (Flona) de Três Barras - SC, que reúne condições de uniformidade do espaço físico, acesso fácil e rápido, e com infra-estrutura adequada (plantios em diversas classes de idade, mão-de-obra, alojamento, etc.). (Figura 1 - Mapa da Flona de Três Barras).

Situada no planalto Meridional, nas coordenadas de 50° 20' de longitude W e 26° e 6' de latitude sul, na altitude de aproximadamente 760m, com clima do tipo Cfb, segundo a classificação de Koeppen com medidas térmicas do mês mais frio abaixo de 18°C positivos; chuvas bem distribuídas durante o ano todo com precipitação anual de aproximadamente 1350mm (mesotermal úmido). Os meses mais quentes são os de dezembro e janeiro e os mais frios de junho a agosto, quando ocorrem geadas com temperaturas abaixo de 0°C.

A área de estudo está localizada nos talhões 14, 15 e 16 (figura nº 2), que representam um espaço físico pequeno, homogêneo com respeito aos fatores do sítio (não determinados quantitativamente neste estudo) como posição geográfica, clima e tratamento silvicultural e histórico da área, heterogêneo em relação ao crescimento e condições edáficas (variável controlada) entre os sítios.

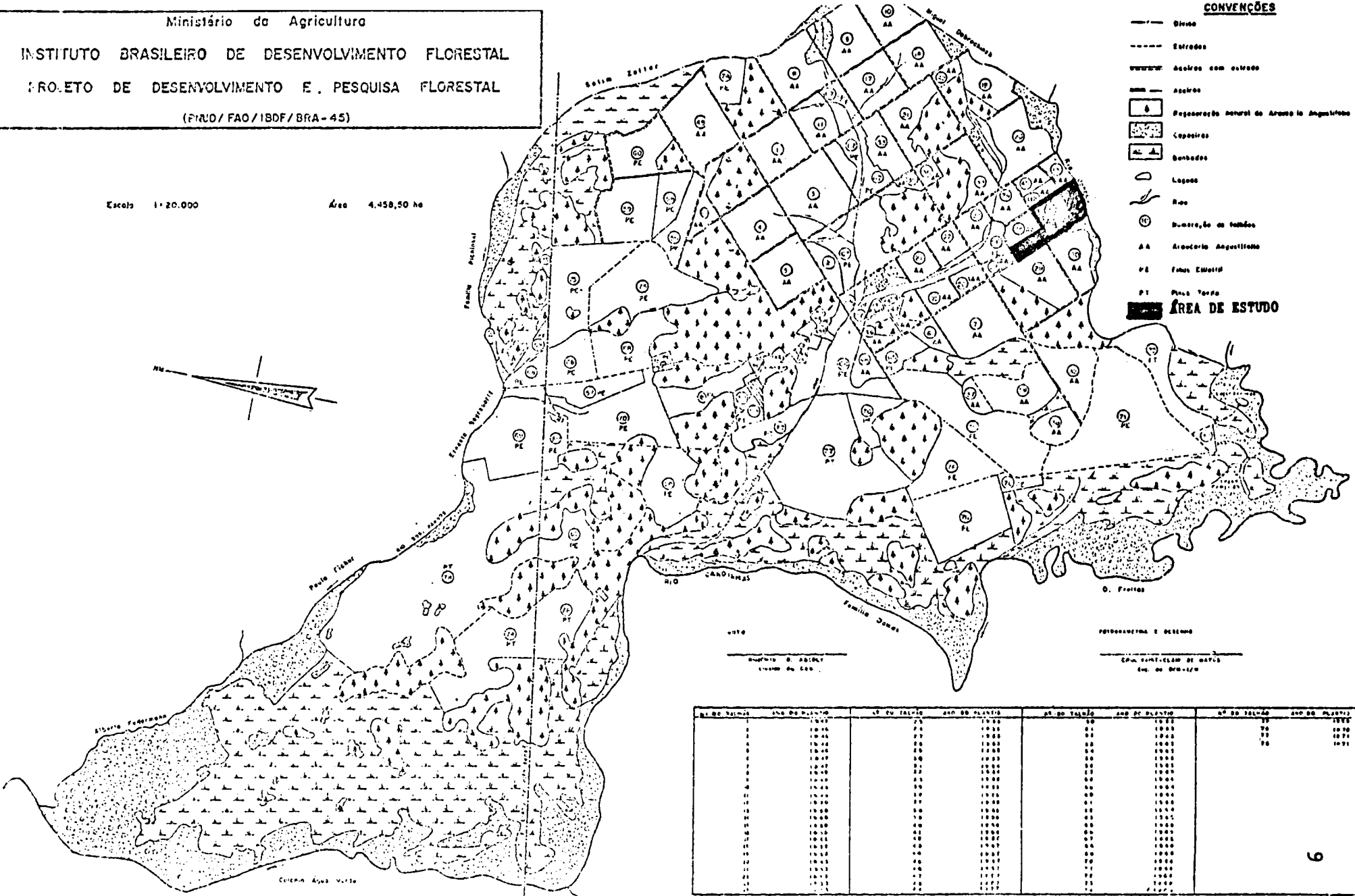
3.1.2 Identificação das Parcelas de Amostragem

Foram identificadas e localizadas três parcelas, que ocorrem em uma topo-sequência. Estas parcelas foram escolhidas baseadas no critério da qualidade de sítio, usando-se para isto a altura dominante (A_d) como índice. Por isto em seguida as parcelas escolhidas são denominadas de sítio I, II e III. O sítio nº I encontra-se na parte mais elevada, em um relevo local suave ondulado; o sítio nº II em uma depressão natural do terreno e o sítio nº III na vertente da topo-sequência em um relevo local ondulado.

Ministério da Agricultura
 INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL
 PROJETO DE DESENVOLVIMENTO E PESQUISA FLORESTAL
 (FNUD/FAO/IBDF/BRA-45)

Escala 1:20.000

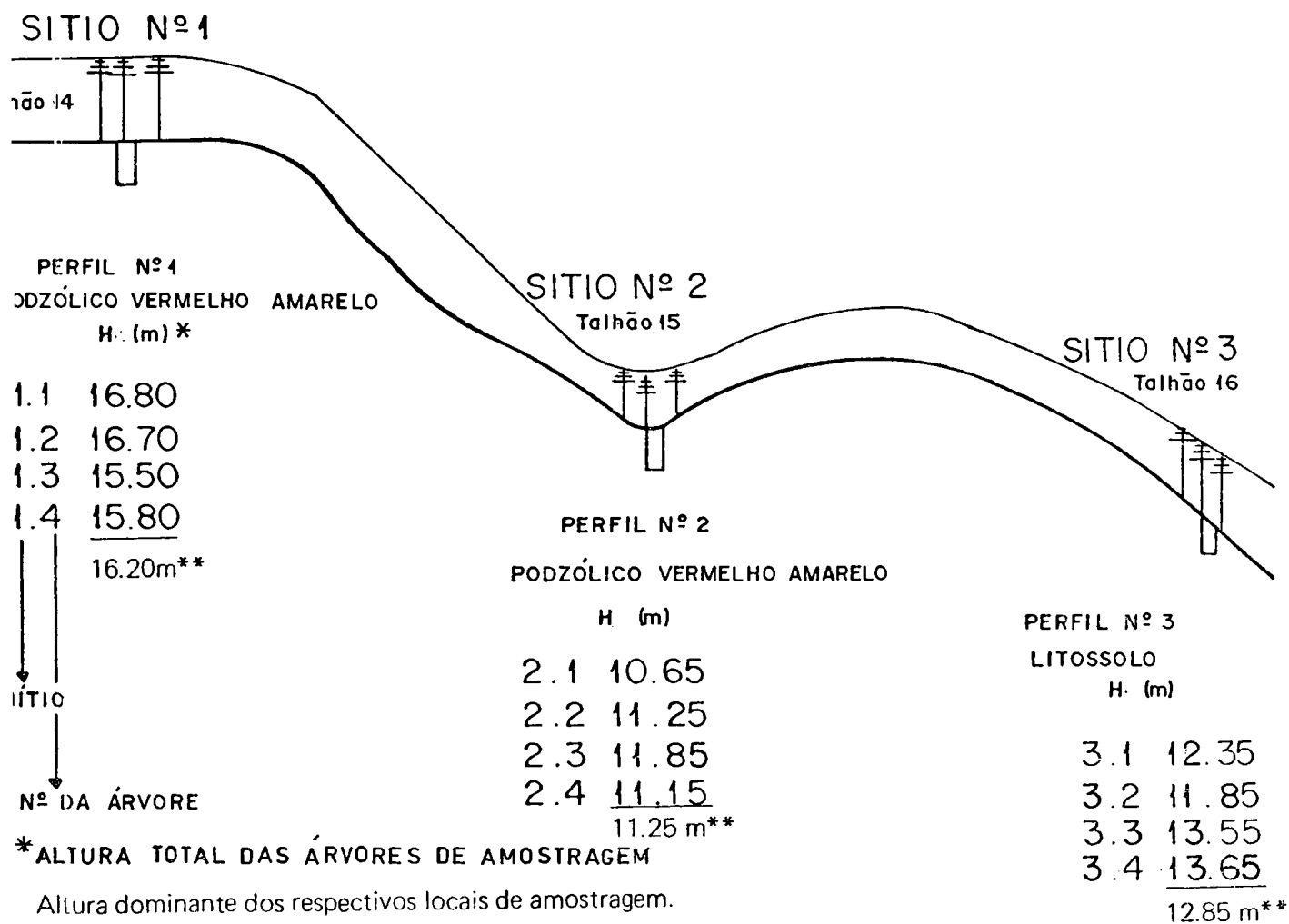
Área 4.458,50 ha



- CONVENÇÕES**
- Estrada
 - - - Estradas
 - ~~~~~ Açúres com estrada
 - Açúres
 - ◻ Regeneração natural de *Arucaria angustifolia*
 - ▨ Capoeiras
 - △ Banheios
 - Lagoas
 - Rio
 - ⊙ Número de árvores
 - AA *Arucaria angustifolia*
 - PE Pinus Elliotti
 - PT Pinus Torreyana
 - ÁREA DE ESTUDO

BR. DO TÁLMO	ANO DE PLANTIO	CP. DO TÁLMO	ANO DE PLANTIO	PT. DO TÁLMO	ANO DE PLANTIO	AP. DO TÁLMO	ANO DE PLANTIO
01	1955	01	1955	01	1955	01	1955
02	1955	02	1955	02	1955	02	1955
03	1955	03	1955	03	1955	03	1955
04	1955	04	1955	04	1955	04	1955
05	1955	05	1955	05	1955	05	1955
06	1955	06	1955	06	1955	06	1955
07	1955	07	1955	07	1955	07	1955
08	1955	08	1955	08	1955	08	1955
09	1955	09	1955	09	1955	09	1955
10	1955	10	1955	10	1955	10	1955
11	1955	11	1955	11	1955	11	1955
12	1955	12	1955	12	1955	12	1955
13	1955	13	1955	13	1955	13	1955
14	1955	14	1955	14	1955	14	1955
15	1955	15	1955	15	1955	15	1955
16	1955	16	1955	16	1955	16	1955
17	1955	17	1955	17	1955	17	1955
18	1955	18	1955	18	1955	18	1955
19	1955	19	1955	19	1955	19	1955
20	1955	20	1955	20	1955	20	1955
21	1955	21	1955	21	1955	21	1955
22	1955	22	1955	22	1955	22	1955
23	1955	23	1955	23	1955	23	1955
24	1955	24	1955	24	1955	24	1955
25	1955	25	1955	25	1955	25	1955
26	1955	26	1955	26	1955	26	1955
27	1955	27	1955	27	1955	27	1955
28	1955	28	1955	28	1955	28	1955
29	1955	29	1955	29	1955	29	1955
30	1955	30	1955	30	1955	30	1955
31	1955	31	1955	31	1955	31	1955
32	1955	32	1955	32	1955	32	1955
33	1955	33	1955	33	1955	33	1955
34	1955	34	1955	34	1955	34	1955
35	1955	35	1955	35	1955	35	1955
36	1955	36	1955	36	1955	36	1955
37	1955	37	1955	37	1955	37	1955
38	1955	38	1955	38	1955	38	1955
39	1955	39	1955	39	1955	39	1955
40	1955	40	1955	40	1955	40	1955
41	1955	41	1955	41	1955	41	1955
42	1955	42	1955	42	1955	42	1955
43	1955	43	1955	43	1955	43	1955
44	1955	44	1955	44	1955	44	1955
45	1955	45	1955	45	1955	45	1955
46	1955	46	1955	46	1955	46	1955
47	1955	47	1955	47	1955	47	1955
48	1955	48	1955	48	1955	48	1955
49	1955	49	1955	49	1955	49	1955
50	1955	50	1955	50	1955	50	1955
51	1955	51	1955	51	1955	51	1955
52	1955	52	1955	52	1955	52	1955
53	1955	53	1955	53	1955	53	1955
54	1955	54	1955	54	1955	54	1955
55	1955	55	1955	55	1955	55	1955
56	1955	56	1955	56	1955	56	1955
57	1955	57	1955	57	1955	57	1955
58	1955	58	1955	58	1955	58	1955
59	1955	59	1955	59	1955	59	1955
60	1955	60	1955	60	1955	60	1955
61	1955	61	1955	61	1955	61	1955
62	1955	62	1955	62	1955	62	1955
63	1955	63	1955	63	1955	63	1955
64	1955	64	1955	64	1955	64	1955
65	1955	65	1955	65	1955	65	1955
66	1955	66	1955	66	1955	66	1955
67	1955	67	1955	67	1955	67	1955
68	1955	68	1955	68	1955	68	1955
69	1955	69	1955	69	1955	69	1955
70	1955	70	1955	70	1955	70	1955
71	1955	71	1955	71	1955	71	1955
72	1955	72	1955	72	1955	72	1955
73	1955	73	1955	73	1955	73	1955
74	1955	74	1955	74	1955	74	1955
75	1955	75	1955	75	1955	75	1955
76	1955	76	1955	76	1955	76	1955
77	1955	77	1955	77	1955	77	1955
78	1955	78	1955	78	1955	78	1955
79	1955	79	1955	79	1955	79	1955
80	1955	80	1955	80	1955	80	1955
81	1955	81	1955	81	1955	81	1955
82	1955	82	1955	82	1955	82	1955
83	1955	83	1955	83	1955	83	1955
84	1955	84	1955	84	1955	84	1955
85	1955	85	1955	85	1955	85	1955
86	1955	86	1955	86	1955	86	1955
87	1955	87	1955	87	1955	87	1955
88	1955	88	1955	88	1955	88	1955
89	1955	89	1955	89	1955	89	1955
90	1955	90	1955	90	1955	90	1955
91	1955	91	1955	91	1955	91	1955
92	1955	92	1955	92	1955	92	1955
93	1955	93	1955	93	1955	93	1955
94	1955	94	1955	94	1955	94	1955
95	1955	95	1955	95	1955	95	1955
96	1955	96	1955	96	1955	96	1955
97	1955	97	1955	97	1955	97	1955
98	1955	98	1955	98	1955	98	1955
99	1955	99	1955	99	1955	99	1955
100	1955	100	1955	100	1955	100	1955

FIGURA Nº 1 - Floresta Nacional de Três Barras - SC (FLO-NA-15DF) com a localização da área de estudo.



CORTE ESQUEMÁTICO

FIGURA Nº 2 - A área de estudo com a localização dos três sítios e dos perfís na topo-sequência. A altura dominante empregada foi a média das alturas das 400 árvores com maiores DAPs/ha (Método Assmann/Hummel).

3.1.3 Unidades de Solos Estudadas

As unidades de solos do sítio I e II, apresentam desenvolvimento em vários horizontes e ambos foram denominados de podzólicos vermelho amarelo. A unidade de solo do sítio III é pouco desenvolvida, e foi denominada de litossolo (veja descrição dos perfis na seção 4.2.1).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Métodos de Campo

3.2.1.1 Escolha das Árvores de Amostragem

Neste trabalho foi utilizada a altura dominante, como indicador de qualidade de sítio, porque é um parâmetro relativamente pouco influenciado por outros fatores, como por exemplo a densidade do povoamento (DE HOOGH, DIETRICH, e AHRENS, 1976). As árvores amostradas pertencem à camada superior de cada sítio e suas alturas representam a altura dominante do sítio em questão.

Para determinar a altura dominante foram demarcadas seis parcelas de área de 10x10m localizadas ao acaso dentro de cada sítio. Dentro de cada parcela foi localizada e medida a árvore de maior diâmetro (método Asmann/Hummel). A seguir determinou-se a média dos diâmetros das seis árvores escolhidas. A partir do diâmetro médio, obtido por esse método, foram escolhidas quatro árvores em cada um dos três sítios, com aproximadamente este diâmetro. Estas árvores foram derrubadas para a coleta de acículas, e uma delas foi utilizada para a análise de tronco.

As árvores foram identificadas por três números, sendo o primeiro, o número correspondente ao sítio onde está localizada; o segundo, o número da árvore dentro de um sítio (quatro repetições por sítio) e o terceiro, o número do verticilo. O número do verticilo aumenta do ápice para a base da copa, por exemplo a árvore 1.3 apresenta 8 verticilos vivos, cada verticilo representa um local de coleta de acículas (veja tabela nº 1).

3.2.1.2 Coleta de Acículas

Após a derrubada das árvores de amostragem, foram apenas coletadas as acículas de exposição norte (área da copa com maior insolação) e tomadas as

seguintes medidas: altura total, altura do verticilo usado nas coletas das a c í c u l a s e o diâmetro à altura do peito.

Foram coletadas as acículas, de no máximo 1 ano de idade (REISSMANN et al. 1976), partindo-se do verticilo vivo mais próximo do ápice da co pa, até o verticilo vivo mais distante do ápice (Figura nº 3).

3.2.1.3 Material de Coleta para a Análise de Tronco

Após a derrubada das árvores, uma delas por sítio foi cortada na metade da altura ($H_T/2$). A metade superior foi seccionada em partes de 1,00 m. Foram cortadas longitudinalmente as partes de 1,00m, para o estudo do inc re me nto an ua l da altura através dos anéis (Veja seção 3.2.2.1).

3.2.1.4 Descrição dos Perfis e Coleta de Amostras de Solos

Para o reconhecimento e descrição das unidades de solo foram abertas trincheiras, a uma distância de 0,5m das árvores a serem estudadas, com dimensões de 1,00 x 1,50m de área e, com uma profundidade de 2,00m, com exceção do litossol.

A descrição dos perfis foi realizada de acordo com o Manual de Mé to d e t r a b a l h o d e t r a b a l h o d e c a m p o d e L E M O S e S A N T O S (1976). De cada perfil de solo foram retiradas 9 amostras, segundo LEMOS e SANTOS (1976), a profundidade está indicada nas tabelas nº 4 e 5.

3.2.2 Métodos de Laboratório

3.2.2.1 Análise de Tronco

A técnica da análise de tronco, empregada para determinar o cre s c i m e n t o em altura (da árvore dominante) nos últimos anos foi desenvolvida pelo próprio autor (veja figura nº 4).

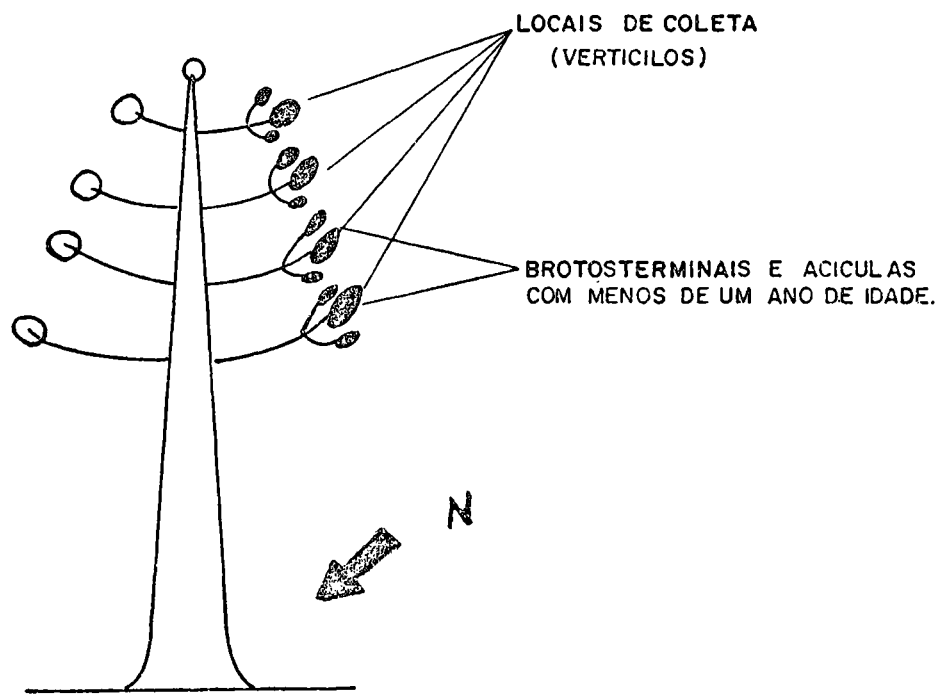


FIGURA Nº 3 - Esquema do local de amostragem das acículas
na copa.

ÁRVORE 1.1

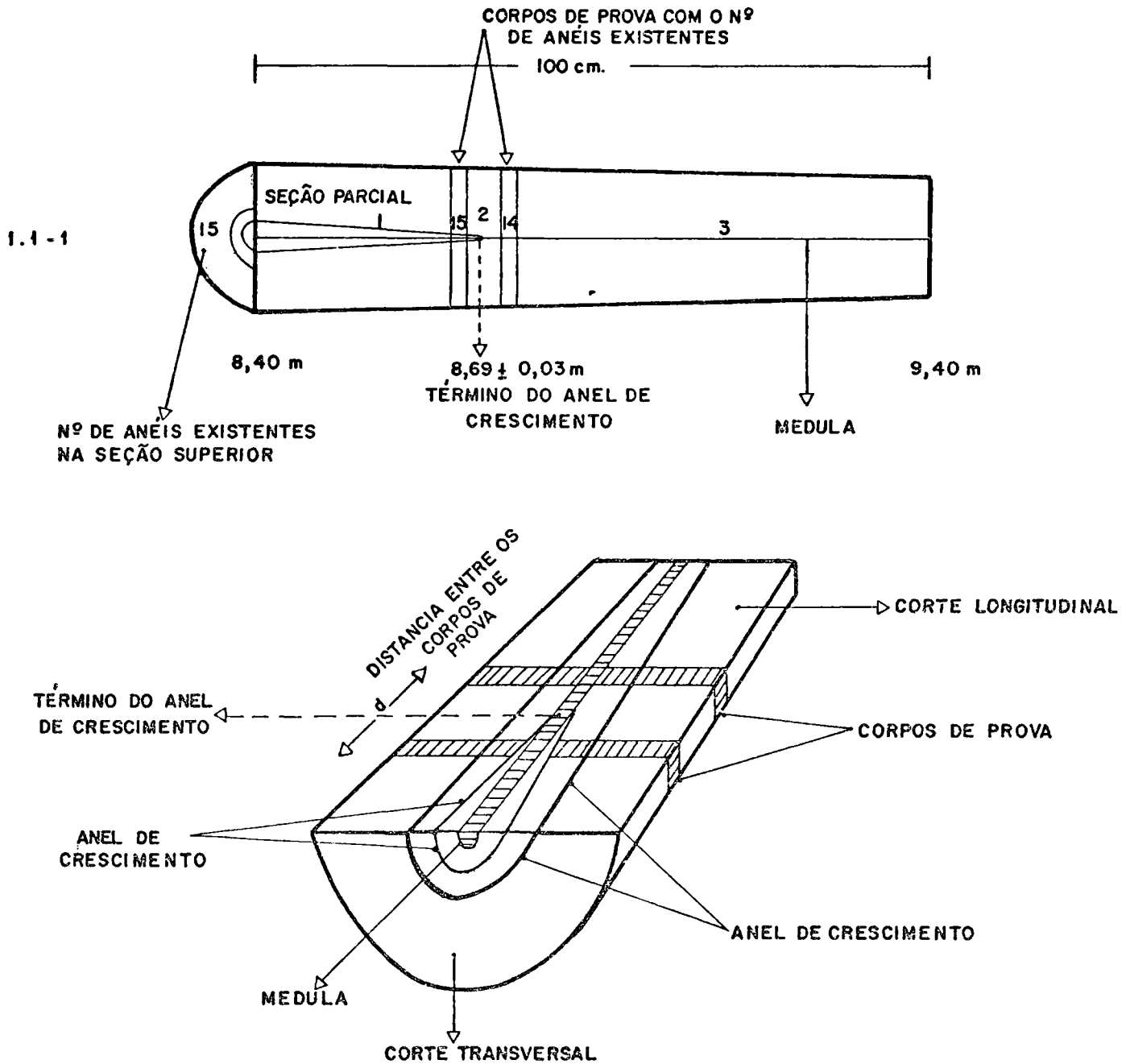


FIGURA Nº 4 - Corte esquemática de lado e de frente de uma seção de tronco, com a sequência das operações da análise de troncos.

Foi efetuada da seguinte maneira: nas seções de tronco, de 1,00m, cortadas longitudinalmente, foi feita confirmação preliminar do término do a nel através da análise visual da seção. Foram anotados devidamente o nº de anéis da parte inferior e superior de cada seção e por diferença foi analisa do o número de anel ou anéis que terminarão em cada seção. Os términos dos anéis foram evidenciados com um corante composto de 'astblau!' de ácido acético (10%) e hidróxido de sódio (50% de NaOH), misturados na proporção 1:1:3. Quando necessário, foram feitas lâminas auxiliando a localização do término do anel.

A determinação do final do anel, tomando como referência o suposto final do anel pesquisado preliminarmente. Para tanto foram localizados corpos de prova, um de cada lado, do suposto término do anel. A distância entre os corpos de prova foi a menor permissível, de maneira que o erro máximo não exceda em 10%. A distância entre os corpos de prova se mostram relacionadas com o incremento corrente em altura.

Foram feitos os cortes devidos, nas seções, de dois corpos de prova um de cada lado do término do anel. Os mesmos foram retirados e colocados na placa de Petri contendo HCl à 50% para proporcionar uma melhor visualização do anel em questão, repetiu-se esta operação para cada término de anel.

Foram retirados os corpos de prova da placa de Petri e constatados no primeiro corpo de prova a presença do anel e no segundo a ausência do anel. Repetiu-se a operação para os demais términos do anel.

Depois de tais procedimentos, em casos de não confirmação clara deste término, foram repetidas as operações iniciais.

3.2.2.2 Análise Foliar

3.2.2.2.1 Preparo do Material

Foram colocadas as acículas em vasilha esmaltada e secadas na estufa a 70°C, para facilitar a retirada das acículas dos ramos.

Foram contadas 100 acículas de cada ramo ao acaso, para se obter o peso médio de 100 acículas (após 12 horas na estufa, 105°C).

Numa etapa seguinte, todas as acículas foram moídas através de um triturador elétrico marca Krupp, até a consistência de pó. Desse material foram tomadas amostras de 2,00 g, colocadas em cadinhos de porcelana e incinerados por 3 horas, a 500°C na mufla.

Após o esfriamento, adicionaram-se 5 gotas de HCl a 10% em cada cadinho, e repetiu-se a operação de incineração. Depois de novo resfriamento, foram adicionados 10 ml de HCl a 10% em cada prova e estas levadas à fervura no bico de Bunsen. Ainda quentes, as suspensões foram filtradas em balões volumétricos e o volume completado a 250 ml.

3.2.2.2.2 Determinações

Foram executadas as seguintes determinações: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, B, % de cinza e peso de 100 acículas, segundo C.HILDEBRAND (1976).

A porcentagem de cinza foi calculada após incineração (800°C durante 6 horas) do material seco.

O nitrogênio foi determinado segundo o método KJELDAHL após, uma digestão das acículas moídas com um catalisador de selênio.

O fósforo foi determinado mediante colorimetria (Zeiss PL4) com vanadato de amônio e molibdato de amônio (cor amarela).

O potássio e o sódio foram determinados mediante fotometria de chama (Zeiss PF 5).

O cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre foram determinados mediante absorção atômica (Perkin Elmer 403) em chama de ar e acetileno.

O alumínio foi determinado mediante colorímetro (Zeiss PL 4), método de "Aluminon".

O boro foi determinado mediante o colorímetro (Zeiss PL 4) com H_2SO_4 concentrado e carmin.

3.2.2.3 Análise de Solo

As análises, química e física, dos três perfis foram feitas com a finalidade de darem informações sobre as condições de fertilidade dos respectivos solos. Segundo os autores (BAULE e FRICKER, 1970), os teores totais dos elementos nutritivos do solo são mais adequados para esta finalidade do que os extratos obtidos com reagentes menos poderosos. Isto é válido para as condições florestais, nas quais a interação raiz/solo é um processo de longo prazo, não permitindo uma separação química entre elementos disponíveis (extraíveis) e indisponíveis (não extraíveis).

3.2.2.3.1 Preparo da Amostra

O solo foi moído a pó fino e, passado por uma tamiz de 0,2mm e se cado a 105°C. Desse material foram tomadas amostras de 0,1 g, colocadas em cadinho de platina. Em seguida, os cadinhos de platina foram fechados com tampas e, colocados em mufla durante 3 horas a 500°C para destruir a matéria orgânica. A digestão total foi feita com ácido perclórico, mais ácido fluorídrico em cadinhos de platina. Dissolveu-se o resíduo em HCl.

No caso do carbono e nitrogênio utilizou-se uma amostra de solo de 2,0 grs. Para a determinação do pH foi utilizado uma amostra de solo de 20 grs.

3.2.2.3.2 Determinações

Na análise química do solo foram executadas as seguintes determinações: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, C e o pH do solo, seguindo também o manual acima citado.

O pH do solo foi determinado pelo aparelho E444 de Metrohm Herisau, em H_2O e KCl, relação solo - solução 1: 2,5.

O elemento carbono foi determinado no aparelho Wösthoff, posteriormente calculou-se a % de humus.

O elemento nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl.

A determinação do alumínio foi feita com eriocromocyanina e tioglicolato de sódio, segundo o método Schlichting e Blume (1966).

Os elementos fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês e ferro foram determinados da mesma maneira que na análise de acículas.

Na análise física (textura) foi utilizado o método da pipeta segundo KILMER e ALEXANDRE (1949), para determinar a textura. O método clássico da pipeta neste trabalho foi modificado no aspecto do nº de pipetagens. Apenas foi feita uma pipetagem (% de argila).

3.2.2.4 Análise Estatística

3.2.2.4.1 Distribuição dos Elementos Essenciais e não Essenciais dentro da Copa

Foram correlacionados os teores nas acículas dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, com os verticilos para verificar possíveis regularidades na distribuição dos respectivos elementos na copa. Para isto foram utilizados as seguintes equações (1) $Y = a + bX$, e (2) $Y = aX^b$. Isto foi testado individualmente por árvore e também por sítio. Para o segundo caso (sítio) foram tomadas as médias dos teores dos verticilos com a mesma posição (1, 2, 3...n) nas árvores, pertencentes ao mesmo sítio. As vezes o valor médio por verticilo se processa apenas com valores de três ou menos verticilos porque as demais árvores não apresentam este número de verticilo (ver tabela nº 1).

3.2.2.4.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com o Incremento Periódico Anual (IPA₍₂₀₋₂₅₎) e com a Altura Total das Árvores de Amostragem (H_{d25})

O incremento corrente anual como resultado dos processos fisiológicos de curto prazo, pode ser controlado por muitos fatores fora do estado nu

tricional (como os do clima, doença, etc) da planta. Por este motivo, tal incremento não é adequado para ser usado como variável dependente em função dos teores dos elementos nutritivos. Isso foi confirmado por estudos preliminares com vários períodos de crescimento. Partindo dessas considerações seria adequado escolher um período de incremento, que de uma parte pudesse representar, condições nutricionais constantes, e de uma outra parte, garantisse uma certa compensação dos fatores fora do estado nutricional. Através de estudos preliminares e por estes motivos, foi escolhido o Incremento Periódico Anual (20-25) ($IPA_{(20-25)}$), representando o crescimento médio dos últimos cinco anos.

Por outro lado, os teores dos elementos nutritivos nas acículas de um ano de idade, fisiologicamente não representam todas as condições nutricionais, às quais a árvore esteve submetida até atingir a altura no momento da amostragem. Isto é especialmente o fato, quando o solo possui um impedimento físico ou uma grande heterogeneidade com respeito a elementos nutritivos disponíveis (comparar com a análise de solo). Apesar disso, a altura dominante foi usada frequentemente com sucesso como variável dependente em função dos teores dos elementos nutritivos nas acículas (HUNGER e FIEDLER, 1965, VELASCO e ZOETTL, 1966), e, ao mesmo tempo foi um dado facilmente obtido no campo.

Para cada sítio, foram calculados os elementos nutritivos nas acículas, médias dos teores dos verticilos por árvore e correlacionados com os dados de crescimento (Ver tabela nº 3).

Os dados analíticos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, B foram nooamente considerados como variáveis independentes e foram correlacionados com as seguintes variáveis dependentes:

- a) Incremento periódico anual ($IPA_{(20-25)}$).
- b) Altura Dominante (H_{d25}).

3.2.2.4.3 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Teores Totais do Solo

Antes da avaliação estatística foi considerada qual profundidade do solo fornece um valor representativo da fertilidade. Com base em DE HOOGH e DIETRICH (1976), tomou-se o horizonte A do solo como indicador representati

vo do crescimento da Araucaria angustifolia. Para os solos estudados, o teor de 2% de carbono, representa aproximadamente o limite do horizonte A, por isto tomou-se como referência. Para esta profundidade calculou-se o teor médio do elemento em questão, de acordo com o número de amostras de solo analisados.

Foi utilizada a média dos teores dos elementos essenciais e não essenciais dos verticilos por árvore para ser correlacionada com dados analíticos do solo.

Os dados analíticos do solo foram considerados como variáveis independentes e foram correlacionados com as seguintes variáveis dependentes (dados da análise foliar).

Teores de: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Ca+Mg.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Macro e Micronutrientes nas acículas da Araucaria angustifolia

Os resultados da análise foliar das quatro árvores por sítio, dos respectivos elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, Zn, Cu, B e dados complementares como o peso de 100 acículas e % da cinza são apresentados na tabela nº 1. As árvores 1.1 e 1.2 do sítio I, apresentam apenas os resultados do terceiro verticilo.

Os resultados da análise foliar são utilizados fundamentalmente para dois fins: verificar a distribuição vertical dos elementos na copa e as relações com os dados de crescimento. Para isto foi utilizada a média dos teores dos elementos nos verticilos com a mesma posição e a média dos teores dos elementos dos verticilos por árvore (veja tabela nº 2 e 3).

4.2 Características do Solo

A descrição da morfologia dos perfis dos três sítios investigados é apresentado a seguir, como também os resultados da análise química e física.

4.2.1 Morfologia das Unidades de Solo

TABELA Nº 1
RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DE ACÍCULAS COM MENOS DE UM ANO DE IDADE

Nº DE MOSTRA	PESO DE 100 ACÍCULAS	% DA CINZA	% N	% P	% K	%Ca	%Mg	%Fe	%Mn	ppmAl	ppmZn	ppmCu	ppmB
1.1 - 3	1.9704	3.09	1.45	0.123	1.115	2.54	<u>2.99</u>	0.066	0.350	122.3	13.73	5.87	18.8
2.1 - 3	2.1317	3.27	1.625	0.125	1.133	4.23	2.64	0.096	0.585	177.5	14.94	6.23	18.3
3.1 - 1	2.1026	3.23	1.50	0.1425	1.175	3.04	2.185	0.052	0.751	81.5	16.24	5.00	-
3.1 - 2	2.1314	2.74	1.545	0.132	1.11	1.93	2.026	0.056	0.588	85.05	11.2	2.8	13.5
3.1 - 3	1.9766	2.98	1.675	0.141	1.195	1.92	2.16	0.046	0.647	72.2	13.7	5.84	13.6
3.1 - 4	2.4598	2.62	1.525	0.119	1.035	1.31	2.02	0.047	0.545	81.7	9.94	<u>2.49</u>	15.0
3.1 - 5	1.9206	2.63	1.57	0.138	1.165	1.17	1.985	0.047	0.469	74.2	9.8	4.03	-
3.1 - 6	1.6804	2.62	1.50	0.129	1.14	1.01	1.845	0.053	0.390	90.1	8.75	3.75	-
3.1 - 7	1.8700	2.79	1.615	0.1315	1.135	1.555	2.035	0.0465	0.4855	65.08	9.9	4.08	-
3.1 - 8	1.4023	2.39	1.56	0.127	1.03	1.33	1.81	0.058	0.497	88.0	9.9	4.08	-
1.4 - 1	4.4006	3.10	1.61	0.111	1.185	3.42	1.792	0.041	0.489	58.3	10.0	4.62	-
1.4 - 2	2.1767	2.51	1.485	0.123	0.87	2.145	2.08	0.0515	0.440	73.5	8.7	3.72	13.8
1.4 - 3	2.5316	2.16	1.62	0.131	<u>0.70</u>	1.16	1.90	0.053	0.340	77.4	<u>7.3</u>	5.74	13.9
1.4 - 4	2.4885	2.45	1.60	0.124	0.93	1.19	1.70	0.051	0.330	72.7	9.5	4.41	12.9
1.4 - 5	1.9978	2.94	1.64	0.127	1.30	0.95	1.844	0.064	0.301	74.2	16.04	7.77	-
1.4 - 6	3.0082	2.49	1.65	0.119	0.99	1.08	1.624	0.0525	0.351	74.05	11.2	4.97	-
1.4 - 7	1.9611	2.56	1.595	0.116	1.033	1.01	1.632	0.0655	0.300	66.75	12.5	6.62	-
1.4 - 8	2.2482	2.88	1.535	0.1265	1.19	0.83	1.864	0.070	<u>0.287</u>	70.6	11.21	3.74	-
1.4 - 9	2.4886	2.64	1.65	0.121	0.995	1.01	1.53	0.066	0.320	73.7	9.9	5.80	-
2.1 - 1	1.5117	3.63	1.39	0.111	1.226	2.68	2.30	0.0525	1.300	61.05	21.2	5.86	-
2.1 - 2	1.5592	2.82	1.455	1.119	1.16	1.895	2.10	0.051	1.140	60.20	16.1	3.71	9.2
2.1 - 3	1.1037	2.79	1.62	0.133	1.16	1.16	1.73	0.059	0.820	67.4	14.91	6.59	9.7
2.1 - 4	1.3038	3.13	1.575	0.132	1.22	1.09	1.78	0.052	0.910	58.3	14.95	6.23	10.7
2.1 - 5	1.5737	2.39	1.59	0.1265	1.015	0.84	<u>1.46</u>	0.063	0.885	84.2	12.5	8.74	-
2.2 - 1	3.2402	3.16	1.54	0.1405	1.27	1.97	2.36	0.054	0.750	78.3	18.62	4.59	-
2.2 - 2	1.7951	3.64	1.72	0.155	<u>1.476</u>	1.105	2.38	0.0625	0.510	62.15	17.44	6.23	14.7
2.2 - 3	1.1364	2.59	1.54	0.141	0.96	0.93	1.97	0.061	0.340	84.2	16.21	5.36	-
2.3 - 1	1.7748	3.41	1.48	0.109	1.345	2.87	2.27	0.053	0.870	65.2	19.4	4.00	-
2.3 - 2	1.5774	3.33	1.575	0.115	1.385	2.18	2.11	0.057	0.673	66.4	17.41	6.22	-
2.3 - 3	1.5529	2.61	1.59	0.124	1.24	1.77	2.03	0.054	0.651	59.0	16.0	8.24	14.2
2.3 - 4	2.0333	2.89	1.66	0.125	1.285	1.01	1.80	0.052	0.430	68.9	14.70	6.98	14.8
2.3 - 5	1.0822	2.65	1.59	0.125	0.905	1.10	2.12	0.062	0.660	83.9	15.32	10.34	-
2.4 - 1	1.7951	3.39	1.29	0.116	1.273	2.21	2.42	0.415	1.041	66.15	13.40	6.45	-
2.4 - 2	3.0049	3.06	1.51	0.1185	1.21	3.09	2.34	0.046	1.210	77.9	18.5	7.39	13.4
2.4 - 3	2.8109	2.62	1.55	0.125	1.06	0.74	1.72	0.050	0.820	74.9	15.0	6.23	9.0
2.4 - 4	1.2247	2.05	1.39	0.103	0.635	<u>0.76</u>	2.10	-	1.052	126.3	15.0	5.37	-
3.1 - 1	4.1031	3.14	1.22	0.109	0.82	5.89	1.92	0.053	1.872	21.1	14.95	6.23	-
3.1 - 2	1.4730	3.21	1.70	0.144	1.05	3.68	1.88	0.053	1.791	18.8	16.20	7.90	-
3.1 - 3	1.6357	3.23	1.70	0.136	0.96	4.31	2.54	0.058	1.897	18.6	17.47	<u>16.24</u>	9.0
3.1 - 4	1.4426	1.74	1.50	0.1195	0.635	3.93	2.585	<u>0.109</u>	<u>2.39</u>	114.2	21.25	<u>7.91</u>	5.9
3.1 - 5	-	2.83	1.71	<u>0.156</u>	0.89	3.45	2.64	0.071	1.686	36.9	13.39	9.74	-
3.2 - 1	1.8406	3.15	1.49	0.115	0.93	4.56	2.60	0.064	1.293	114.85	23.69	6.24	-
3.2 - 2	1.5242	3.33	1.605	0.1405	1.115	3.385	2.66	0.051	1.156	95.0	22.19	4.93	-
3.2 - 3	1.1919	2.96	1.54	0.132	0.86	3.05	2.96	0.071	1.197	59.4	28.85	5.42	8.2
3.2 - 4	1.4572	3.01	1.46	0.1405	0.73	2.635	2.87	0.080	1.2415	61.2	21.96	8.09	11.3
3.3 - 1	2.8196	3.04	<u>1.10</u>	0.109	1.16	3.49	1.66	0.044	0.372	46.8	24.64	6.53	-
3.3 - 2	2.6265	3.13	<u>1.40</u>	0.1215	0.96	5.92	2.365	0.043	0.673	47.9	29.76	3.57	9.0
3.3 - 3	2.0672	2.98	1.53	0.135	0.86	4.32	2.30	0.043	0.601	54.0	24.17	6.04	7.3
3.3 - 4	1.5698	2.89	1.47	0.145	1.09	3.62	2.54	0.062	0.730	71.7	26.12	6.22	5.7
3.3 - 5	1.4986	3.13	1.56	0.132	0.97	5.965	2.385	0.0535	0.730	62.7	27.36	5.85	-
3.3 - 6	1.8508	2.94	1.37	0.131	1.12	6.03	2.44	0.049	0.712	56.2	26.18	5.36	-
3.3 - 7	1.5602	3.31	1.51	0.1265	0.93	5.43	2.29	0.048	0.6655	59.4	24.09	4.82	-
3.3 - 8	1.0811	3.14	1.27	0.118	0.91	3.12	2.19	0.072	0.733	96.0	34.50	5.60	-
3.3 - 9	1.7619	3.10	1.52	0.1355	0.96	6.245	2.45	0.097	0.7135	<u>129.4</u>	25.18	12.63	-
3.4 - 1	6.9985	3.88	1.57	<u>0.106</u>	1.00	<u>10.74</u>	2.26	<u>0.040</u>	0.553	<u>0.0</u>	-	6.21	-
3.4 - 2	2.4820	3.76	1.51	0.1165	1.14	8.435	1.99	0.040	0.458	5	29.96	4.12	11.1
3.4 - 3	1.9500	3.64	<u>2.14</u>	0.126	1.27	8.00	2.06	0.044	0.399	0.0	28.81	7.83	6.1
3.4 - 4	1.6101	4.13	<u>1.54</u>	0.136	1.13	9.18	2.71	0.068	0.574	41.9	32.30	2.76	10.0
3.4 - 5	1.5439	4.15	1.48	0.135	1.12	9.62	2.68	0.053	0.534	28.1	<u>36.19</u>	11.61	-
3.4 - 6	1.7146	4.19	1.52	0.1405	1.21	8.82	2.37	0.0495	0.4425	18.4	29.83	8.71	-

OBSERVAÇÕES:

1. Os valores grifados correspondem aos teores mínimos e máximos.
 2. No sítio 1, as árvores 1 e 2, foram analisados acículas apenas do verticilo nº 3

TABELA Nº 2

MÉDIA DOS TEORES DOS ELEMENTOS NOS VERTICILOS DA MESMA POSIÇÃO

Nº DO VERTICILLO	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	% Mn	ppm Al	ppm Zn	ppm Cu
SITIO I										
1	1.35	0.127	1.19	3.25	1.99	0.047	0.620	69.90	13.12	4.81
2	1.51	0.128	0.99	2.03	2.05	0.053	0.514	79.25	9.95	3.27
3	1.65	0.136	0.95	1.54	2.03	0.050	0.493	74.80	10.5	5.79
4	1.56	0.121	0.98	1.25	1.86	0.049	0.437	77.20	9.72	3.45
5	1.60	1.130	1.23	1.06	1.91	0.056	0.385	74.20	12.92	5.90
6	1.58	0.124	1.07	1.04	1.73	0.052	0.370	82.05	9.98	4.36
7	1.60	0.123	1.08	1.28	1.83	0.057	0.392	65.95	11.2	5.35
8	1.54	0.127	1.13	1.08	1.83	0.064	0.392	79.30	10.56	3.91
SITIO II										
1	1.42	0.119	1.25	2.43	2.34	0.050	0.990	67.65	18.16	5.22
2	1.57	0.127	1.31	2.07	2.23	0.054	0.883	66.68	17.36	5.89
3	1.57	0.131	1.10	1.20	1.86	0.056	0.658	71.38	15.53	6.60
4	1.54	0.122	1.05	0.95	1.89	0.059	0.797	84.50	14.88	6.19
5	1.59	0.126	0.95	0.97	1.79	0.062	0.772	84.05	13.91	9.54
SITIO III										
1	1.34	0.110	0.98	6.17	2.11	0.050	1.022	45.70	20.18	9.84
2	1.55	0.130	1.07	5.35	2.22	0.047	0.020	41.68	28.64	7.63
3	1.73	0.132	0.99	4.92	2.47	0.054	1.023	33.00	24.01	7.19
4	1.49	0.135	0.91	4.84	2.68	0.080	1.234	72.25	24.59	6.83
5	1.58	0.141	0.99	6.35	2.24	0.062	0.983	42.57	26.17	5.40
6	1.44	0.135	1.17	7.42	2.40	0.049	0.577	37.30	27.98	6.21

TABELA Nº 3

MÉDIA DOS TEORES DOS ELEMENTOS NOS VERTICILOS POR ÁRVORE

Nº DA ÁRVORE	Nº DE VERTICILOS	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	% Mn	ppm Al	ppm Zn	ppm Cu
1.3	8	1.56	0.132	1.13	1.66	2.01	0.051	0.546	79.73	11.18	4.01
1.4	8	1.60	0.122	1.02	1.42	1.77	0.057	0.351	71.24	10.71	5.27
2.1	5	1.53	0.124	1.16	1.53	1.87	0.055	1.011	66.23	15.93	6.23
2.2	5	1.60	0.145	1.24	1.33	2.24	0.059	0.533	74.88	17.42	5.39
2.3	5	1.58	0.121	1.23	1.79	2.07	0.056	0.657	68.68	16.57	7.16
2.4	5	1.43	0.116	1.02	1.75	2.14	0.052	1.031	86.31	15.48	6.36
3.1	6	1.57	0.133	0.87	4.25	2.31	0.069	1.927	52.40	16.65	9.60
3.2	6	1.52	0.132	0.92	3.41	2.77	0.066	1.222	82.61	24.17	6.17
3.3	6	1.41	0.128	1.00	4.90	2.33	0.058	0.659	69.34	26.89	6.31
3.4	6	1.63	0.127	1.14	9.13	2.18	0.049	0.493	18.68	31.42	6.87

4.2.1.1 Descrição do Perfil SC-1

Perfil: SC-1

Classificação: Podzólico vermelho amarelo.

Localização: Flona de Três Barras-SC (IBDF).

Situação: Situado na parte mais alta (elúvio) da topo-sequência, a aproximadamente 10m da estrada (talhão nº 14).

Declive: Quase plano (2º de declividade).

Litologia e formação geológica: permiano inferior.

Material originário: folhelho (argilito).

Relevo: suave ondulado.

Drenagem: bem drenado.

Vegetação:

a) Local: mata nativa secundária, reflorestamento e florestamento com Pinus spp e Araucaria angustifolia.

b) Regional: mata nativa secundária de Araucaria angustifolia com alguns campos esparsos e áreas de cultura agrícolas.

Uso atual: Plantio de Araucaria angustifolia em 1950.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

01/0₂ - 2 cm - 0, matéria orgânica não decomposta e fermentada, muitas raízes finas.

A₁₁ - 0 - 15 cm, bruno escuro (7,5 YR 5/2, úmido); argila pesada; moderada média granular; friável, ligeiramente plástica, pegajoso; muitos poros pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 4,3.

A₁₂ - 15 - 25 cm, bruno escuro (7,5 yr 3/2, úmido); argila pesada; moderada pequena subangular; firme, ligeiramente plástica, pegajoso; muitos poros pequenos/muitos pequenos; plana e gradual; pH 4,5.

B₁ - 25 - 40 cm, vermelho amarelado, (5YR 4/6, úmido); argila pesada; forte média subangular; firme, ligeiramente plástica, pegajoso; poros comuns pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 4,7.

B₂₁ - 40 - 80 cm bruno avermelhado escuro, (5 YR 3/4, úmido); argila pesada; forte média subangular; firme, ligeiramente plástico, pegajoso; poros comuns pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 4,7 a 4,8.

B₂₂ - 80 - 130 cm vermelho, (10 YR 4/6, úmido); argila pesada; forte grande angular; cerosidade comum e forte; firme, muito plástico, muito pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; irregular e gradual; pH 4,9 a 5,0.

B₃ - 130 - 160 cm vermelho escuro, (2,5 YR 3/6, úmido); mosqueado comum, grande, -prominente (10 YR 7/6, úmido); argila pesada; forte grande angular; cerosidade comum e forte; firme, muito plástico, muito pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; pH 5,5.

Raízes - Abundantes no O₁/O₂, A₁₁ e B₁₂.
comuns em B₁, B₂₂ e B₃.

Observação: Presença de carvão no A₁₁, A₁₂ e B₁.

4.2.1.2 Descrição do Perfil SC-2.

Perfil: SC-2.

Classificação: Podzólico vermelho amarelo.

Localização: Flona de Três Barras-SC (IBDF).

Situação: situado no colúvio da topo-sequência numa depressão aproximadamente 5m da estrada (talhão nº 15).

Declive: declividade de 10° a 16° (côncavo).

Litologia e formação geológica: permiano inferior.

Material originário: folhelho (argilito).

Relevo: ondulado.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação: a mesma do perfil SC-1.

Uso atual: Plantio de Araucaria angustifolia em 1950.

DESCRIBÇÃO DO PERFIL

- O_1/O_2 - 2cm - 0 matéria orgânica não decomposta e fermentada, abundante raízes finas.
- A_1 - 0 - 25cm bruno acinzentado muito escuro, (10 YR 3/2, úmido); argila pesada; moderada pequena/média granular até subangular; friável a firme, ligeiramente plástico a plástico, ligeiramente pegajoso a pegajoso; muitos poros pequenos e poucos poros grandes; plana e gradual; pH 4,5 a 4,6.
- A_3 - 25 - 45cm bruno escuro, (10 YR 3/3, úmido); argila pesada; forte média subangular até angular; cerosidade comum e moderada; firme, ligeiramente plástico, pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; plana e difuso; pH 4,6.
- B_{11} - 45 - 80 cm bruno avermelhado, (5 YR 4/4, úmido); argila pesada; forte médio subangular; cerosidade comum e moderada; firme, ligeiramente plástico, pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 4,8 a 4,9.
- B_{12} - 80 - 95cm bruno avermelhado, (5 YR 4/4, úmido) a vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila pesada; forte grande subangular; cerosidade comum e moderada; firme, ligeiramente plástico, pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 5,0.
- B_2 - 95 - 150cm, vermelho, (2,5 YR 4/6, úmido); argila pesada; forte grande subangular; firme, ligeiramente plástico, pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; plana e gradual; pH 5.2.
- B_3 - 150 - 180cm vermelho, (2,5 YR 4/6, úmido), mosqueado comum, grande, proeminente amarelo amarronzado (10 YR 6/6, úmido); argila pesada; forte grande subangular; firme, muito plástico, muito pegajoso; poucos poros pequenos/muito pequenos; pH 5.2.

Raízes: Abundantes no O_1/O_2 , A_1 .

escassos no A_3 , B_{11} , B_{12} , B_2 e B_3 .

Observação: tubos de raízes com material do A_1 nos horizontes A_3 e B_{11} .

4.2.1.3 Descrição do Perfil SC-3

Perfil: SC-3

Classificação: litossolo.

Localização: Flona de Três Barras-SC (IBDF).

Situado: Situado fim do colúvio e início do alúvio da topo-sequência aproximadamente 5m da estrada (talhão nº 16).

Litologia e formação geológica: permiano inferior .

Material originário: folhelho (argilito).

Relevo: ondulado.

Drenagem: bem drenado.

Vegetação: Ver SC-1 e SC-2.

Uso atual: Plantio de Araucaria angustifolia em 1950.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

$O_1/0_2$ - 2cm - 0 Matéria orgânica não decomposta e fermentada.

A_1 - 0 - 30 cm bruno escuro (10 YR 3/3, úmido); argila pesada; moderada média subangular; friável, ligeiramente plástica, pegajoso; muitos poros pequenos; ondulada e clara; pH 4,2 a 5,3.

R - 30 - 80cm cinzento escuro (5 Y 4/1, úmido); argila pesada e folhelho com alguma intemperização.

Raízes: muitas no $O_1/0_2$ e A_1 e algumas no R.

Observação: presença de carvão e concreções de Fe no A_1 . No horizonte R encontra-se tubos de raízes com material fino do horizonte A_1 .

4.2.1.3 Descrição do Perfil SC-3

Perfil: SC-3

Classificação: litossolo.

Localização: Flona de Três Barras-SC (IBDF).

Situado: Situado fim do colúvio e início do alúvio da topo-sequência aproximadamente 5m da estrada (talhão nº 16).

Litologia e formação geológica: permiano inferior .

Material originário: folhelho (argilito).

Relevo: ondulado.

Drenagem: bem drenado.

Vegetação: Ver SC-1 e SC-2.

Uso atual: Plantio de Araucaria angustifolia em 1950.

DESCRIÇÃO DO PERFIL

O_1/O_2 - 2cm - 0 Matéria orgânica não decomposta e fermentada.

A_1 - 0 - 30 cm bruno escuro (10 YR 3/3, úmido); argila pesada; moderada média subangular; friável, ligeiramente plástica, pegajoso; muitos poros pequenos; ondulada e clara; pH 4,2 a 5,3.

R - 30 - 80cm cinzento escuro (5 Y 4/1, úmido); argila pesada e folhelho com alguma intemperização.

Raízes: muitas no O_1/O_2 e A_1 e algumas no R.

Observação: presença de carvão e concreções de Fe no A_1 . No horizonte R encontra-se tubos de raízes com material fino do horizonte A_1 .

4.2.2 Características Químicas e Físicas do Solo

As descrições dos perfis são completadas com os resultados da análise física e química do solo (veja tabela nº 4 e 5).

Com base nos resultados da análise química do solo comparou-se o teor total dos elementos entre os sítios investigados. Os elementos carbono, alumínio e ferro apresentam teores totais mais altos nas condições do sítio I e II. Por sua vez os elementos potássio, magnésio e manganês apresentam teores totais mais altos no sítio III. Para os demais elementos pouca variação no teor total ocorre entre os três sítios.

Os solos dos três perfis apresentam uma textura argilosa (veja figura nº 5). Nas condições do sítio I e II a % de argila chega até 90%, a uma profundidade que corresponde ao horizonte B.

4.3 Crescimento Periódico e Crescimento Periódico Anual

A partir dos dados da análise de tronco (veja tabelas nº 6, 7 e 8), foram reconstruídos o incremento periódico e o incremento periódico anual para as árvores dos três sítios investigados (veja figuras nº 6 e 7).

O sítio I apresenta crescimento maior em relação aos outros dois. As árvores do sítio III apresentam alturas maiores do que as do sítio II, no entanto o crescimento periódico anual é menor no período dos últimos 12 anos (veja figura nº 7).

TADELA Nº 4
RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO (teor total)

HOR	PROF. (Cm)	pH (H2O)	pH (Kc1)	% C	% HUMUS	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Fe	ppm Mn	% Al
A 11	0 - 7.5	4.35	3.81	5.74	9.87	0.36	0.64	3.85	0.30	2.21	5.44	174,4	13.8
A 11	7.5 - 15	4.35	3.92	4.52	7.77	0.31	0.57	3.81	0.34	2.25	5.70	142.1	13.3
S A 12	15 - 25	4.49	4.01	4.00	6.88	0.235	0.54	3.84	0.23	2.23	5.83	114.8	14.6
I B 1	25 - 40	4.69	4.06	1.88	4.95	0.18	0.47	3.81	0.29	2.30	6.01	98.6	14.7
T B 21	40 - 60	4.69	4.11	2.14	3.68	0.11	0.40	4.00	0.29	2.37	6.16	107.2	14.7
I B 21	60 - 80	4.82	4.21	1.74	2.99	0.09	0.42	4.27	0.27	2.45	6.18	145.0	14.4
O B 22	80 - 100	4.92	4.25	1.11	1.91	0.08	0.40	5.67	0.29	2.56	6.30	149.8	16.0
I B 22	100 - 130	5.01	4.25	0.41	0.70	0.04	0.41	9.71	0.31	3.80	6.60	169.4	15.7
B 3	130 - 180+	5.46	4.25	0.28	0.48	0.04	0.36	12.24	0.26	4.39	6.33	129.4	15.5
A 1	0 - 10	4.54	3.98	5.82	10.01	0.31	0.55	3.29	0.47	2.43	4.53	438.8	12.3
S A 1	10 - 25	4.59	4.00	3.94	6.78	0.26	0.44	3.26	0.37	2.84	4.87	288.8	13.4
I A 3	25 - 35	4.62	4.08	3.16	5.43	0.19	0.34	3.79	0.43	2.84	5.44	201.3	14.0
T A 3	35 - 45	4.62	4.08	2.35	4.04	0.13	0.30	4.06	0.37	2.76	5.13	209.6	14.1
I B 11	45 - 65	4.81	4.10	1.76	3.03	0.135	0.47	4.35	0.33	2.68	5.30	217.4	14.2
O B 11	65 - 80	4.88	4.15	1.30	2.24	0.06	0.33	5.05	0.28	2.94	5.43	193.5	13.0
I B 12	80 - 95	5.03	4.21	0.84	1.44	0.15	0.31	6.32	0.36	2.90	5.63	203.0	14.4
B 2	95 - 150	5.18	4.21	0.49	0.84	0.04	0.34	8.03	0.26	3.83	5.50	269.7	14.4
B 3	150 - 180+	5.24	4.15	0.34	0.58	0.075	0.39	8.58	0.25	3.96	5.14	509.1	13.5
S A 1	0 - 5	4.25	3.85	4.45	7.65	0.39	0.66	13.22	0.50	6.77	4.26	1322.4	8.1
I A 1	5 - 10	4.37	3.90	2.95	5.04	0.29	0.60	13.50	0.36	7.50	4.48	1161.0	8.6
T A 1	10 - 15	4.47	3.95	2.51	4.32	0.30	0.56	13.24	0.53	7.47	5.01	1478.7	9.0
I A 1	15 - 20	4.52	4.00	2.32	3.99	0.17	0.51	12.33	0.34	7.69	4.32	1365.3	8.9
O A 1	20 - 25	4.54	4.02	1.72	2.96	0.19	0.34	15.46	0.30	8.53	5.43	1088.1	7.5
A 1	25 - 30	5.35	4.01	0.435	0.75	0.10	0.275	19.71	0.56	12.46	4.15	253.1	9.0
		5.02	4.00	1.515	2.605	0.21	0.47	15.93	0.59	9.71	4.61	825.2	7.9
III R	30 - 40	5.38	4.01	1.10	1.89	0.09	0.37	20.73	0.31	12.81	4.655	262.8	8.7
		5.05	4.00	0.35	0.60	0.19	0.425	18.43	0.56	10.97	4.57	666.7	8.3
R	40 - 50	5.38	4.00	0.255	0.44	0.086	0.047	21.59	0.37	13.00	4.95	499.4	8.1
		5.18	4.00	0.56	0.96	0.13	0.475	20.68	0.45	12.55	5.36	1117.5	9.2
R	50 - 80+	5.40	4.01	0.17	0.29	0.075	0.365	22.25	0.46	14.00	4.105	632.6	9.0
		-	-	0.315	0.54	0.127	0.46	21.36	-	13.05	5.11	1806.6	-

- OBSERVAÇÃO: 1. O horizonte R foi necessário dividir em duas amostras, como segue abaixo:
 2. Primeira amostra = rocha matriz intemperizada foi reduzida a pó.
 3. segunda amostra = terra fina.
 4. Os valores grifados correspondem aos mínimos e máximos.No caso do horizonte R apenas a segunda amostra foi grifada.

TABELA Nº 5

RESULTADOS DA ANÁLISE FÍSICA DO SOLO (TEXTURA)

	HOR	PROF. (cm)	ARGILA %	SILTE %	AREIA %
SITIO I	A 11	0 - 7.5	81.19	13.94	4.87
	A 11	7.5 - 10	85.24	11.72	3.04
	A 12	15 - 25	85.00	11.52	3.48
	B 1	25 - 40	84.74	11.52	3.74
	B 21	40 - 60	90.04	6.54	3.42
	B 21	60 - 80	88.82	6.54	4.64
	B 22	80 - 100	86.31	8.89	4.80
	B 22	100 - 130	80.99	15.01	5.22
	B 3	130 - 180+	76.96	18.43	4.61
SITIO II	A 1	0 - 10	79.83	15.31	4.86
	A 1	10 - 25	81.26	13.82	4.92
	A 3	25 - 35	83.31	12.16	4.53
	A 3	35 - 45	85.82	8.94	5.24
	B 11	45 - 65	87.16	8.84	4.00
	B 11	65 - 80	86.86	7.62	5.45
	B 12	80 - 95	75.09	21.05	3.86
	B 2	95 - 150	77.31	18.85	3.84
	B 3	150 - 180+	76.94	19.01	4.05
SITIO III	A 1	0 - 5	64.84	31.94	3.22
	A 1	5 - 10	54.87	38.60	6.52
	A 1	10 - 15	64.45	30.00	5.55
	A1	15 - 20	64.07	31.25	4.68
	A1	20 - 25	61.13	32.18	6.69

ANÁLISE TEXTURAL

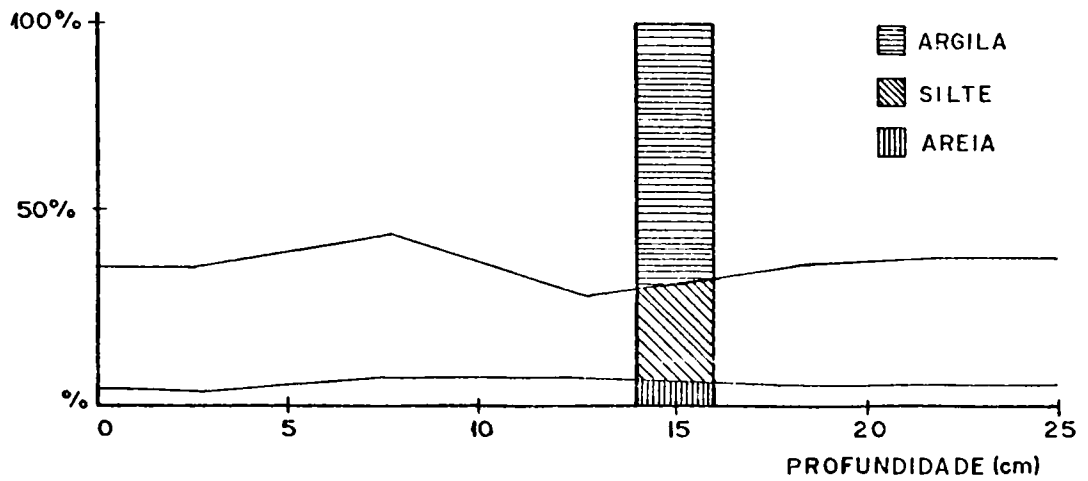
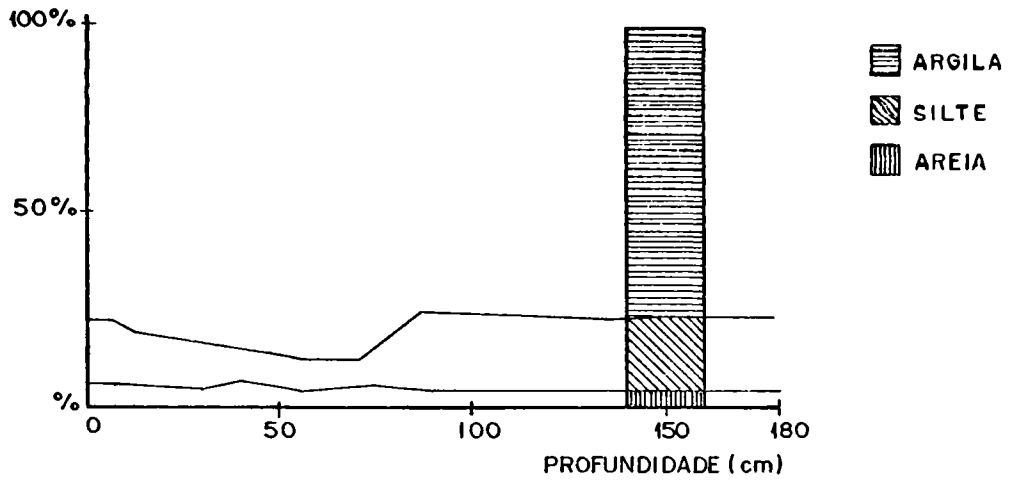
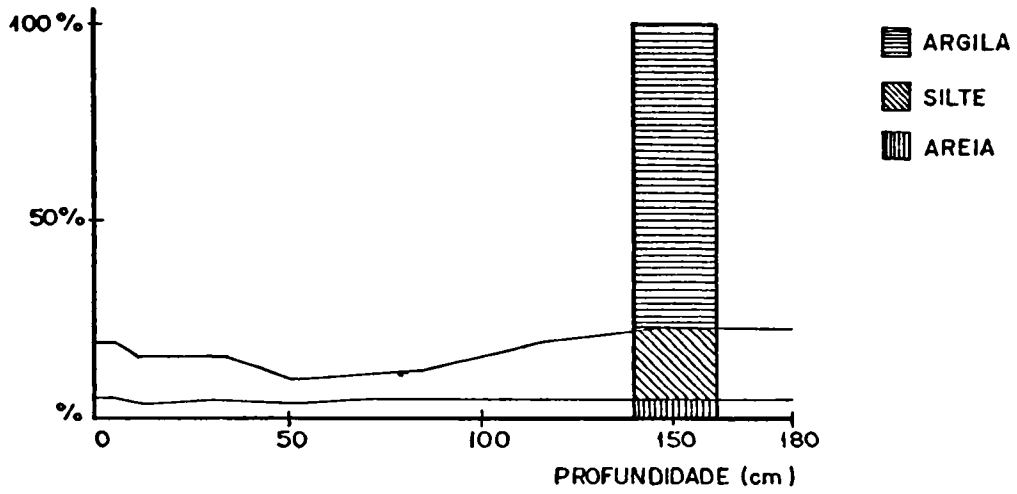


FIGURA Nº 5 - Resultados da análise textural do solo feita através do método piçota.

TABELA Nº 6

DADOS DE DESENVOLVIMENTO DA ALTURA TOTAL * (m) E DO INCREMENTO (m), NOS ÚLTIMOS 10 ANOS DA ÁRVORE 1.1, NAS CONDIÇÕES DO SÍTIO 1, OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TRONCO

IDADE (anos)	ALTURA TOTAL (m)	INCREMENTO ANUAL (m)
11	8.69	
12	9.45	0.76
13	10.40	0.95
14	11.28	0.88
15	12.03	0.75
16	12.63	0.60
17	13.30	0.67
18	13.83	0.53
19	14.46	0.63
20	15.03	0.57
21	15.55	0.52
22	15.77	0.22
23	16.08	0.31
24	16.46	0.38
25	16.80	0.34

Sítio nº 1 Árvore: 1.1

Diâmetro do DAP: 26,5cm

Altura total: 16,80 m

1/2 altura total: 8,40m

Idade: 25 anos

* Altura da camada dominante

TABELA Nº 7

DADOS DE DESENVOLVIMENTO DA ALTURA TOTAL* (m) E DO INCREMENTO ANUAL (m), NOS ÚLTIMOS 10 ANOS DA ÁRVORE 2.1, NAS CONDIÇÕES DO SÍTIO II, OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TRONCO

IDADE (anos)	ALTURA TOTAL (m)	INCREMENTO ANUAL (m)
14	5.32	0.94
15	6.26	0.38
16	6.24	0.90
17	7.54	0.45
18	7.95	0.41
19	8.40	0.51
20	8.91	0.21
21	9.12	0.34
22	9.46	0.23
23	9.69	0.37
24	10.06	0.27
25	10.33	

Šítio nº II - Árv.: 2.1

Diâmetro do DAP: 14.5 cm

Altura total: 10.65 m

1/2 altura total: 5.325 m.

Idade: 25 anos

* Altura da camada dominante.

TABELA Nº 8

DADOS DE DESENVOLVIMENTO DA ALTURA TOTAL* (m) E DO INCREMENTO ANUAL (m), NOS ÚLTIMOS 10 ANOS DA ÁRVORE 3.1, NAS CONDIÇÕES DO SÍTIO III, OBTIDOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE TRONCO

IDADE (anos)	ALTURA TOTAL (m)	INCREMENTO ANUAL (m)
11	6,42	0,78
12	7,20	0,70
13	7,90	0,23
14	8,13	0,57
15	8,70	0,37
16	9,07	0,85
17	9,92	0,70
18	10,62	0,12
19	10,74	0,19
20	10,93	0,14
21	11,07	0,18
22	11,25	0,05
23	11,30	0,20
24	11,59	0,41
25	12,00	

Sítio nº III - Árv.: 3.1

Diâmetro do DAP: 23,2 cm

Altura total: 12,35 m

1/2 Altura total: 6,175 m

Idade: 25 anos.

* - altura da camada dominante.

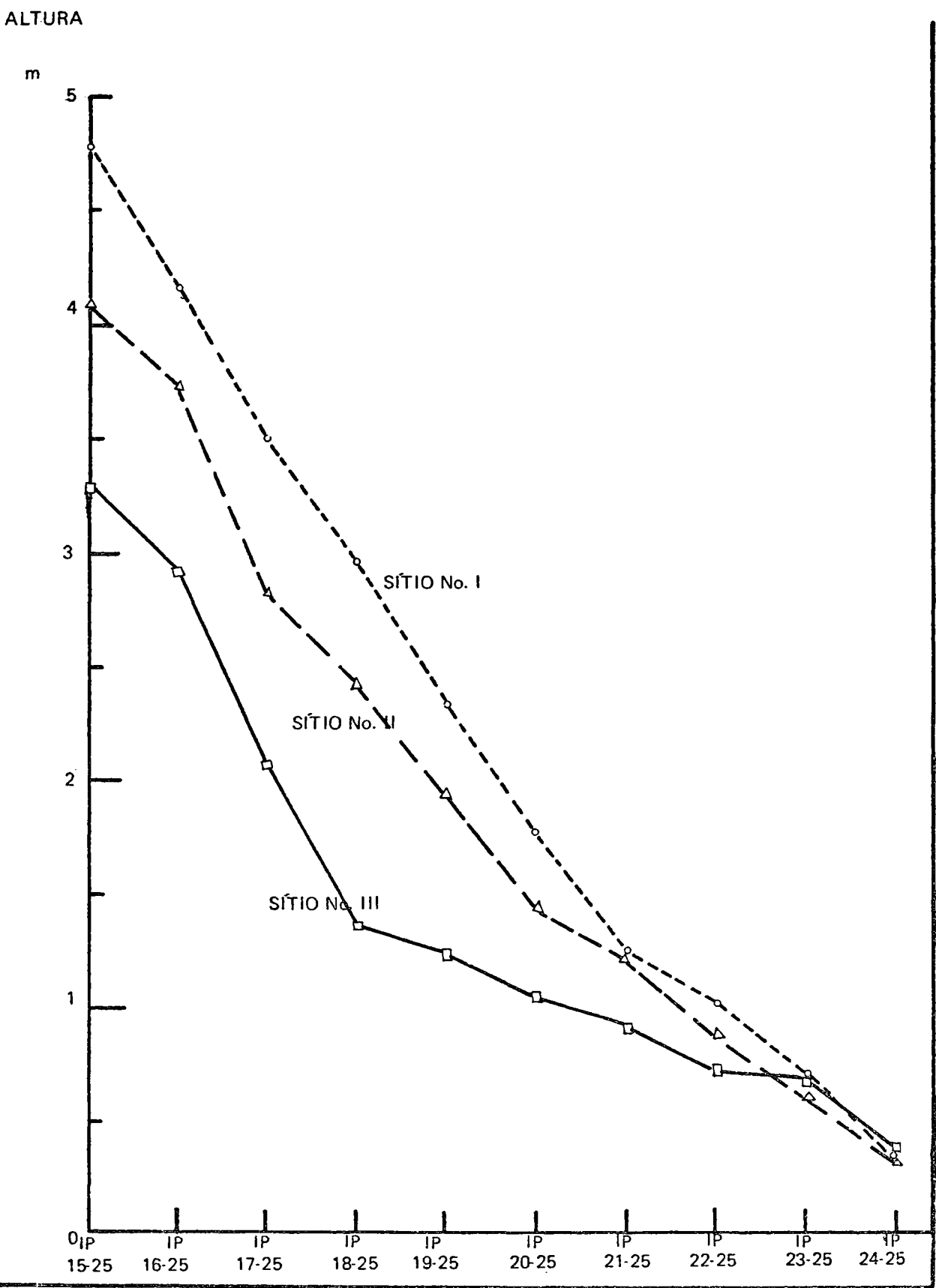


FIGURA No. 6 – O desenvolvimento do Incremento Periódico da árvore dominante (H_{d25}) no período de 15 a 25 anos dos três sítios investigados.

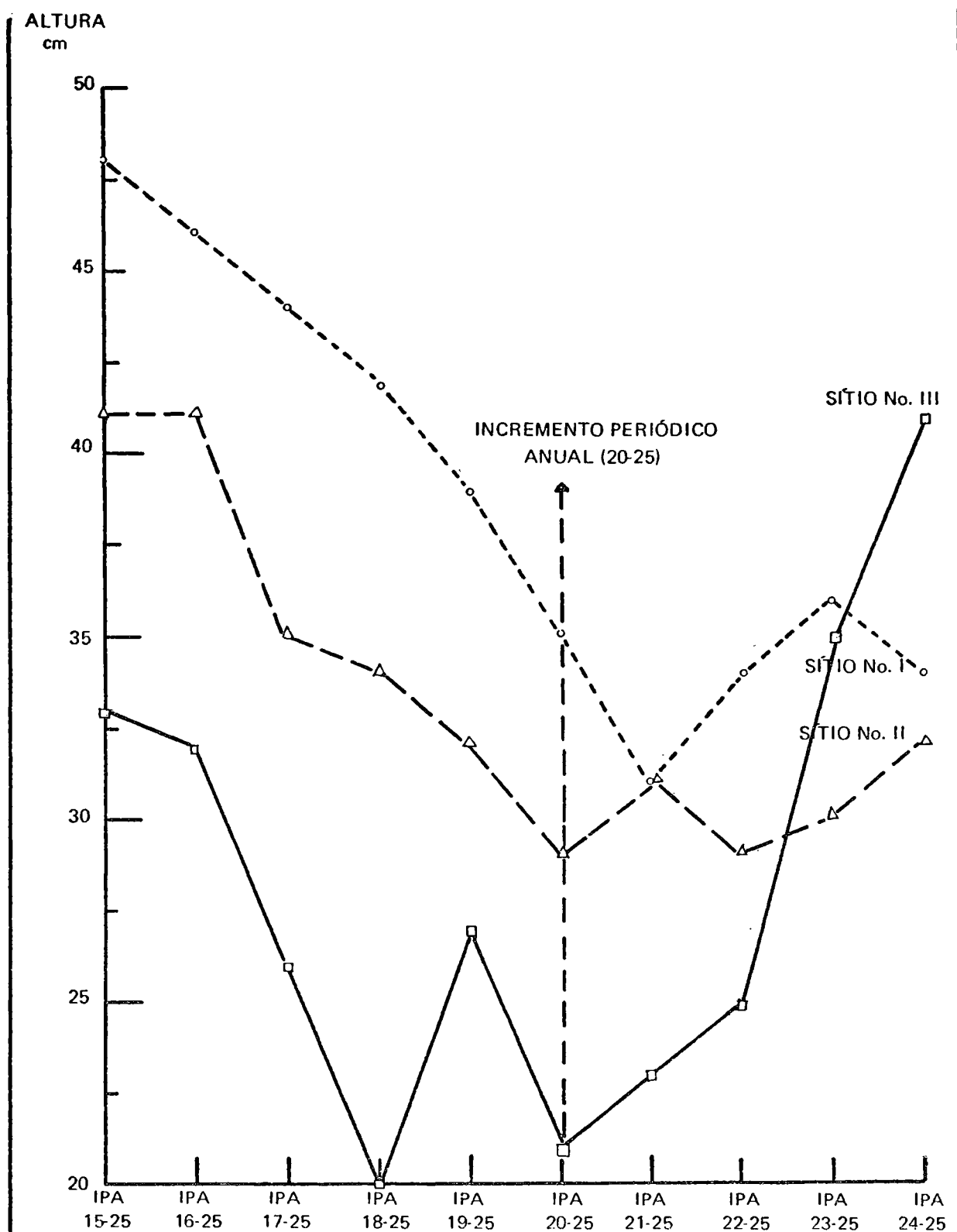


FIGURA No. 7 - O desenvolvimento do Incremento periódico Anual da árvore dominante (H_{d25}) no período de 15 a 25 anos dos três sítios investigados. Com a indicação do Incremento Periódico Anual (20-25) usado na correlação com os dados analíticos foliares.

4.4 Distribuição Vertical dos Elementos Nutritivos na Copa da Araucária angustifolia

4.4.1 Nitrogênio

Os teores de nitrogênio nas acículas variam entre 1,10% e 2,10% e, não apresentam distribuição vertical regular na copa da árvore. Apenas nas árvores 2.1 e 2.3 manifestou-se uma tendência, que indica a presença de teores mais baixos nos verticilos do ápice da copa.

Para a avaliação da distribuição vertical por sítio, considerou-se cada árvore uma repetição. Não se encontrou uma correlação entre o teor médio do nitrogênio dos verticilos da mesma posição (média das repetições) e o local de amostragem na copa (número do verticilo) dos três sítios investigados.

4.4.2 Fósforo

Os teores de fósforo nas acículas variam entre 0,106% e 0,156%.

A avaliação por árvore (individual) do teor de fósforo apresenta uma correlação com o número do verticilo da árvore 3.4 ($r = 0,96^{**}$). Nas árvores 1.3, 2.1, 2.4 e 3.1 esta tendência também se manifesta, porém com uma probabilidade que não é maior ou igual a 95%. Os teores mais baixos estão nos verticilos do ápice da copa.

Nas condições do sítio III, o teor médio do fósforo apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,81^*$). Neste caso o teor médio de fósforo aumenta do ápice (verticilo 1 : 0,110% P), para a base (verticilo 5: 0,141% P). Esta diferença em porcentagem do teor médio do fósforo do verticilo 1 para o verticilo 6, corresponde a 28,2%, considerando-se o teor do elemento no verticilo 1 igual a 100% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 8).

TABELA Nº 9

REGRESSÕES LINEARES E EXPONENCIAIS ENTRE OS TEORES DOS ELEMENTOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS NAS ACÍCULAS DE UM ANO DE IDADE (X) E O LOCAL DE AMOSTRAGEM DENTRO DA COPA (Nº DO VERTICILLO DO APICE ATÉ A BASE DA COPA 1, 2, 3, ... n = y) POR ÁRVORE E POR SÍTIO. (VEJA FIGURAS 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 E 16)

ELEMENTO	ÁRVORE (INDIVIDUAL)							SÍTIO (TEOR MÉDIO)					
	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	I	II	III
N													
P			-0,76		-0,86				-0,73	-0,96*			-0,81*
K			0,68		0,80	0,86		0,64				0,93*	
Ca	0,75*	0,76*	0,94*		0,96**	0,76	0,75	0,95**			0,80**	0,94*	
											0,94**e	0,97**e	
Mg	0,80*	0,62	0,96		0,80	0,86	-0,89*	-0,84			0,79*	0,93*	
Fe	-0,87	-0,68				-0,91	-0,61	-0,72	0,75		-0,81*	-0,99**	
Mn	0,81*	0,79*	0,83		0,67				-0,65*		0,88*	0,66	
Al			0,66		-0,68	-0,84			-0,79*			-0,91*	
Zn												0,99**	
Cu													0,89*

TABELA Nº 10

O TEOR MÉDIO DO ÁPICE (VERTICILO I) E DA BASE (VERTICILO n), COM A DIFERENÇA DE AUMENTO OU REDUÇÃO DO TEOR DO ÁPICE PARA A BASE CONFORME A DISTRIBUIÇÃO EXPRESSA EM % - APENAS AS DISTRIBUIÇÕES VERTICAIS SIGNIFICATIVAS ESTÃO RELACIONADAS

ELEMENTO	SÍTIO	ÁPICE VERTI- CILO I	BASE VERTI- CILO	n	DIFERENÇA	% AUMENTO DO ÁPICE PARA A BASE	% REDUÇÃO DO ÁPICE PARA A BASE
P	I	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-
	III	0,110%	0,141%	6	0,031%	28,2	-
K	I	-	-	-	-	-	24,2
	II	1,25%	0,95%	5	0,030%	-	-
	III	-	-	-	-	-	-
Ca	I	3,25%	1,08%	8	2,17%	-	66,8
	II	2,43%	0,97%	5	1,56%	-	60,0
	III	-	-	-	-	-	-
Mg	I	1,99%	1,83%	8	0,16%	-	8,0
	II	2,43%	0,97%	5	1,46%	-	60,0
	III	-	-	-	-	-	-
Fe	I	0,047%	0,064%	8	0,017%	36,2	-
	II	0,030%	0,062%	5	0,032%	106,7	-
	III	-	-	-	-	-	-
Mn	I	0,620%	0,392%	8	0,228%	-	36,8
	II	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-
Al	I	-	-	-	-	-	-
	II	67,65ppm	84,03ppm	5	16,38ppm	24,2	-
	III	-	-	-	-	-	-
Zn	I	-	-	-	-	-	-
	II	18,16ppm	13,91ppm	5	4,25ppm	-	23,4
	III	-	-	-	-	-	-
Cu	I	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-
	III	9,84ppm	6,21ppm	6	3,63ppm	-	36,9

* Verticilo I : 100%.

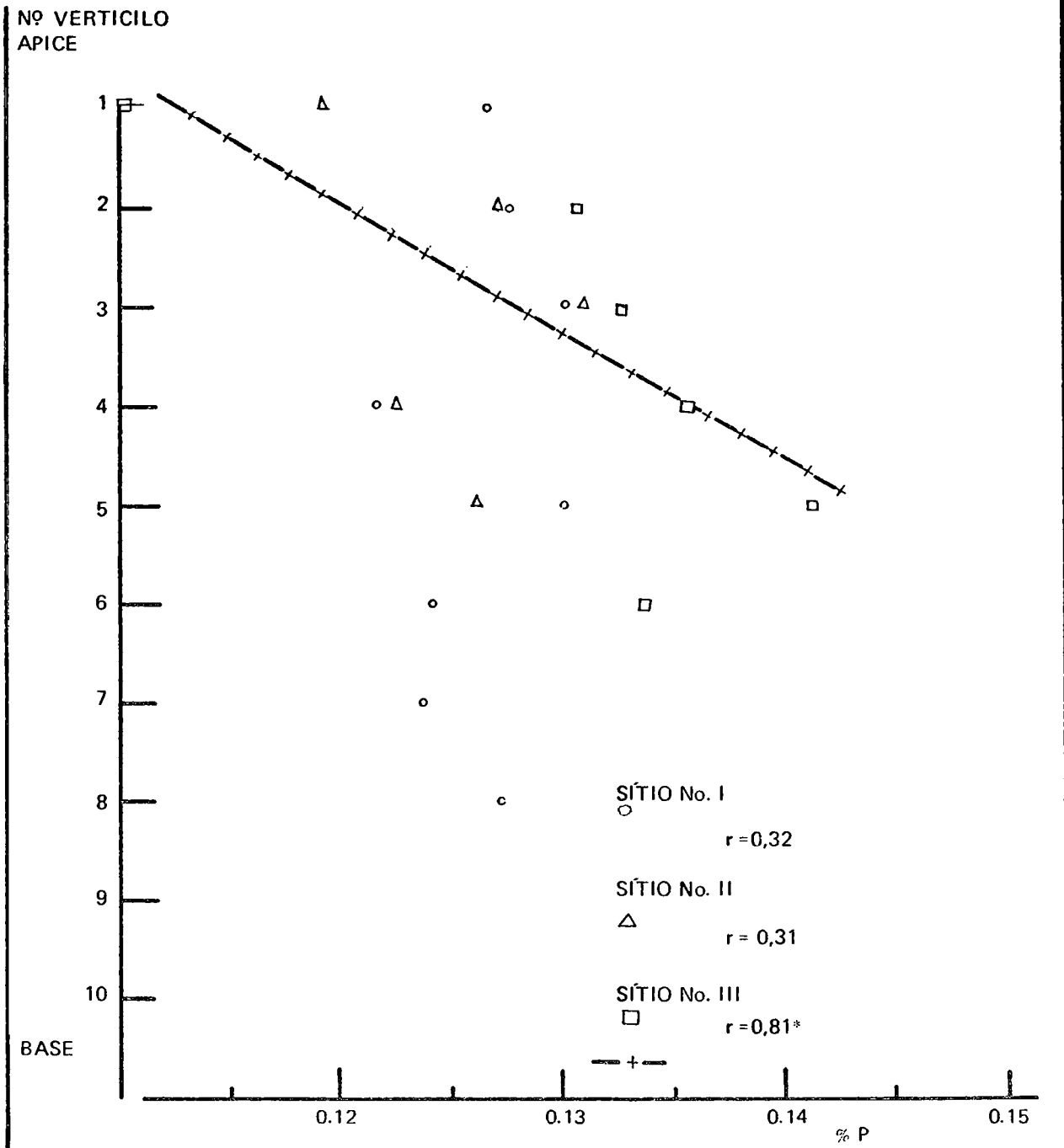


FIGURA No. 8 - Distribuição vertical na copa dos teores médios de fósforo das acículas de um ano de idade. O elemento fósforo apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio III, estando os teores menores no ápice da copa.

4.4.3 Potássio

Os teores de potássio nas acículas variam entre 0,70% e 1,47%. A avaliação por árvore do teor de potássio não apresenta uma correlação com o número do verticilo. Apenas nas árvores 2.1, 2.4 e 3.2 manifestou-se uma tendência, que indica a presença de teores mais altos no ápice da copa.

Nas condições do sítio II, o teor médio de potássio apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,93^*$). Neste caso o teor médio de potássio diminui do ápice (verticilo 1 : 1,25% K), para a base (verticilo 5: 0,95% K). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do potássio do verticilo 1 para o 5, corresponde a 24% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 9).

4.4.4 Cálcio

Os teores de cálcio nas acículas variam entre 0,76% e 10,74%. A avaliação por árvore do teor de cálcio apresenta uma correlação com o número do verticilo nas árvores 1.3, 1.4, 2.1, 2.3 e 3.2, que exprimem uma significância que chega até ao nível de 99%. Os teores maiores estão no ápice da copa.

Nas condições do sítio I e II, o teor médio de cálcio apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,94^{**}$ e $r = 0,97^{**}$ respectivamente). Nas condições do sítio I, o teor médio de cálcio diminui do ápice (verticilo 1:3,25%) para a base (verticilo 8: 1,08%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do cálcio do verticilo 1 para o 8, corresponde a 66,8%. Por sua vez, nas condições do sítio II, o teor médio de cálcio também diminui do ápice (verticilo 1 : 2,43%), para a base (verticilo 5: 0,97%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do cálcio do verticilo 1 para o 5, corresponde a 60,8% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 10).

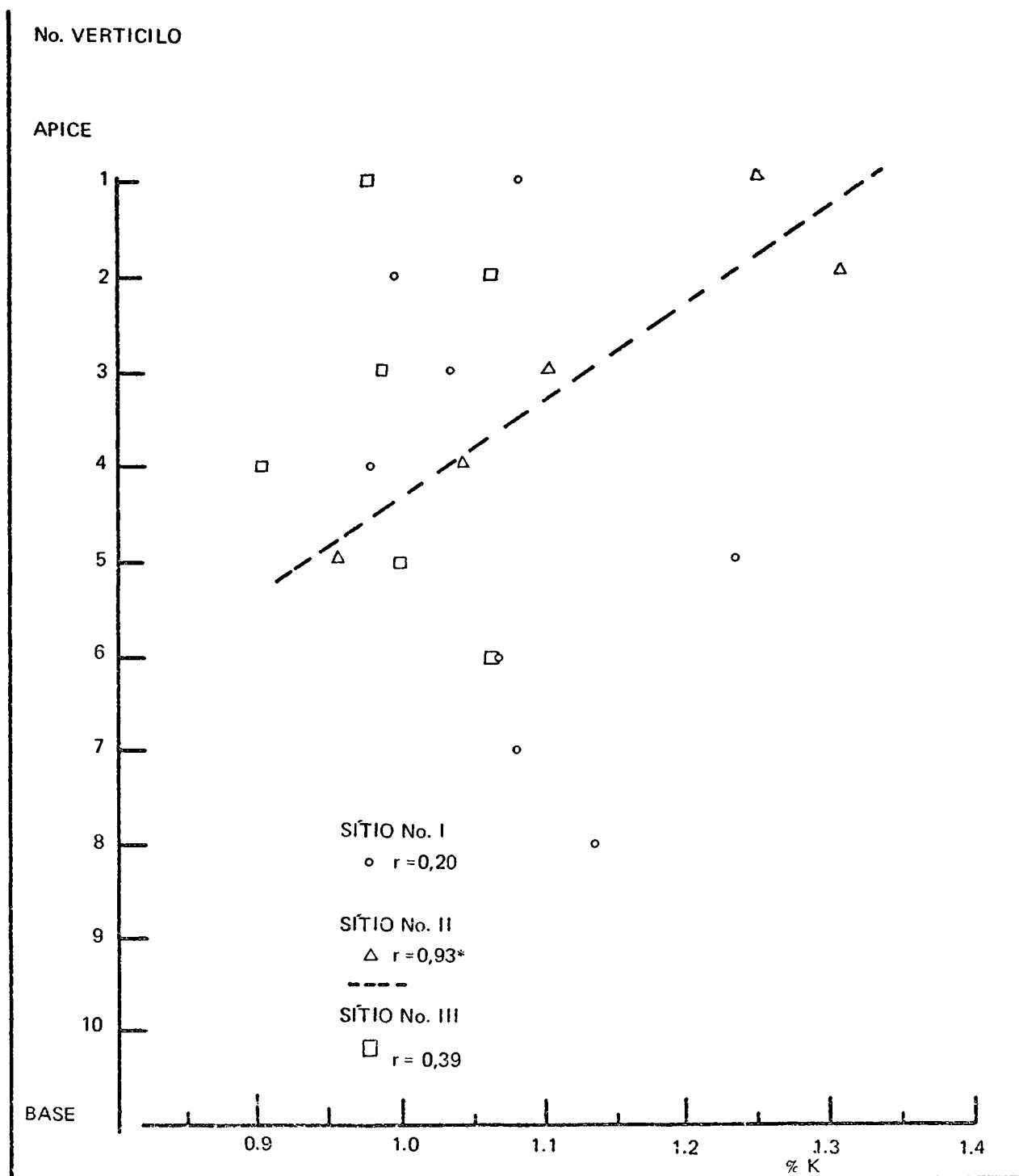


FIGURA No. 9 - Distribuição vertical na copa dos teores médios de potássio das acículas de um ano de idade. O elemento potássio apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio II.

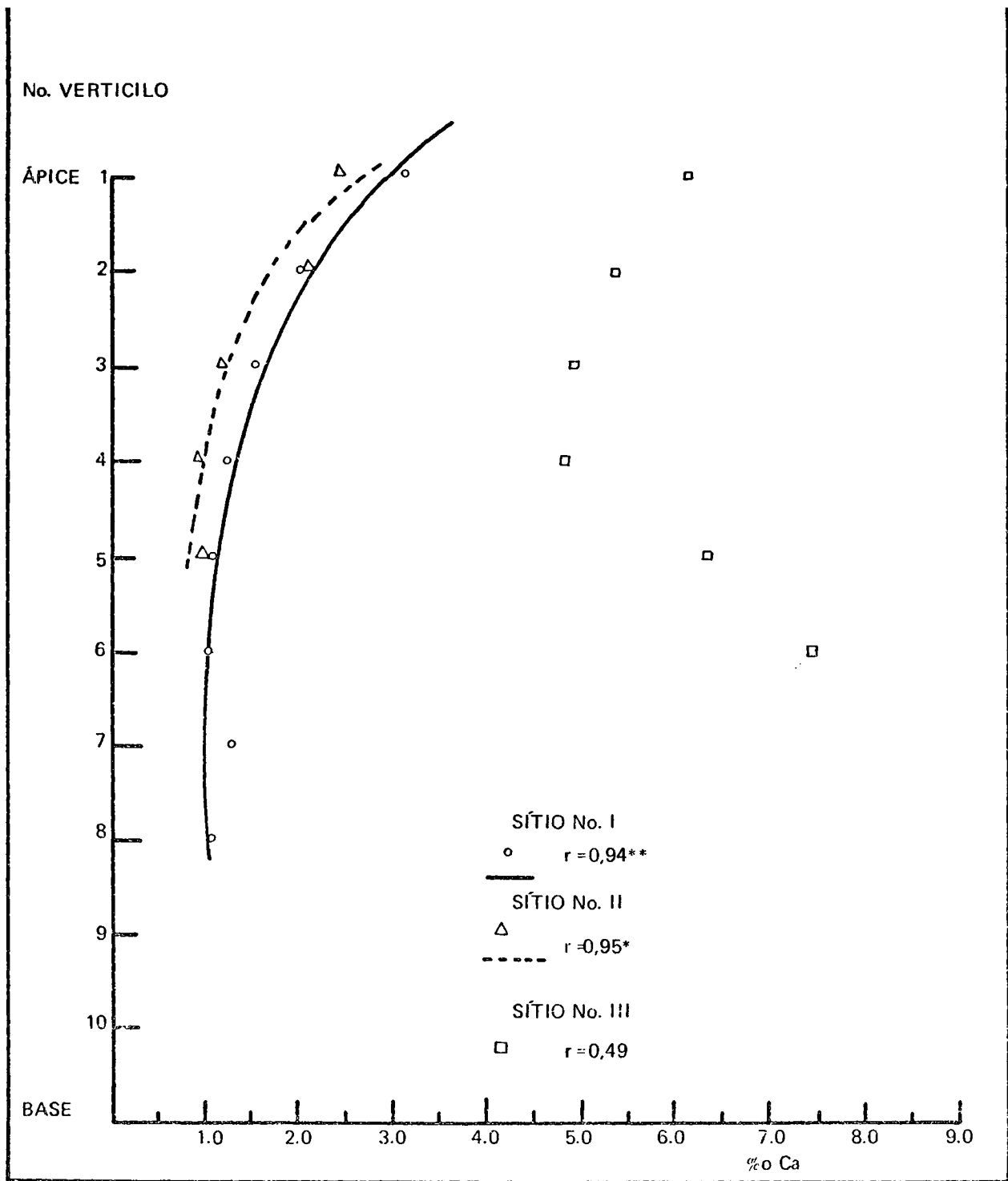


FIGURA No. 10 - Distribuição vertical na copa dos teores médios de cálcio das acículas de um ano de idade. O elemento cálcio apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio I e II.

4.4.5 Magnésio

Os teores de magnésio variam entre 1,46% e 2,99%. A avaliação por árvore dos teores de magnésio apresentam uma correlação com o número do verticilo nas árvores 1.3 e 3.1, que exprimem uma significância ao nível de 95%. Os teores maiores estão no ápice da copa.

Nas condições do sítio I e II, o teor médio de magnésio apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,93^*$ e $r = 0,79^*$ respectivamente). Nas condições do sítio I, o teor médio de magnésio diminui do ápice (verticilo 1: 1,99%), para a base (verticilo 8 : 1,08%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do magnésio do verticilo 1 para o 8, corresponde a 8,0%. Por sua vez, nas condições do sítio II, o teor médio de magnésio também diminui do ápice (verticilo 1: 2,43%), para a base (verticilo 5:0,97%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do magnésio do verticilo 1 para o 5, corresponde a 60,0% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 11).

4.4.6 Ferro

Os teores de ferro variam entre 0,040% e 0,109%. A avaliação por árvore do teor de ferro não apresenta uma correlação com o número do verticilo. Porém, nas árvores 1.3, 1.4, 2.4, 3.1 e 3.2 manifestou-se uma tendência, que indica a presença de teores mais baixos nos verticilos do ápice da copa.

Nas condições do sítio I e II, o teor médio de ferro apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = -0,81^*$ e $r = -0,99^{**}$ respectivamente). Nas condições do sítio I, o teor médio de ferro aumenta do ápice (verticilo 1 : 0,047%), para a base (verticilo 8 : 0,064%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do ferro do verticilo 1 para o 8, corresponde a 36,2%. Por sua vez, nas condições do sítio II, o teor médio de ferro também aumenta do ápice (verticilo 1: 0,030%), para a base (verticilo 5:0,062%). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do ferro do verticilo 1 para o 5, corresponde a 106,7% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 12).

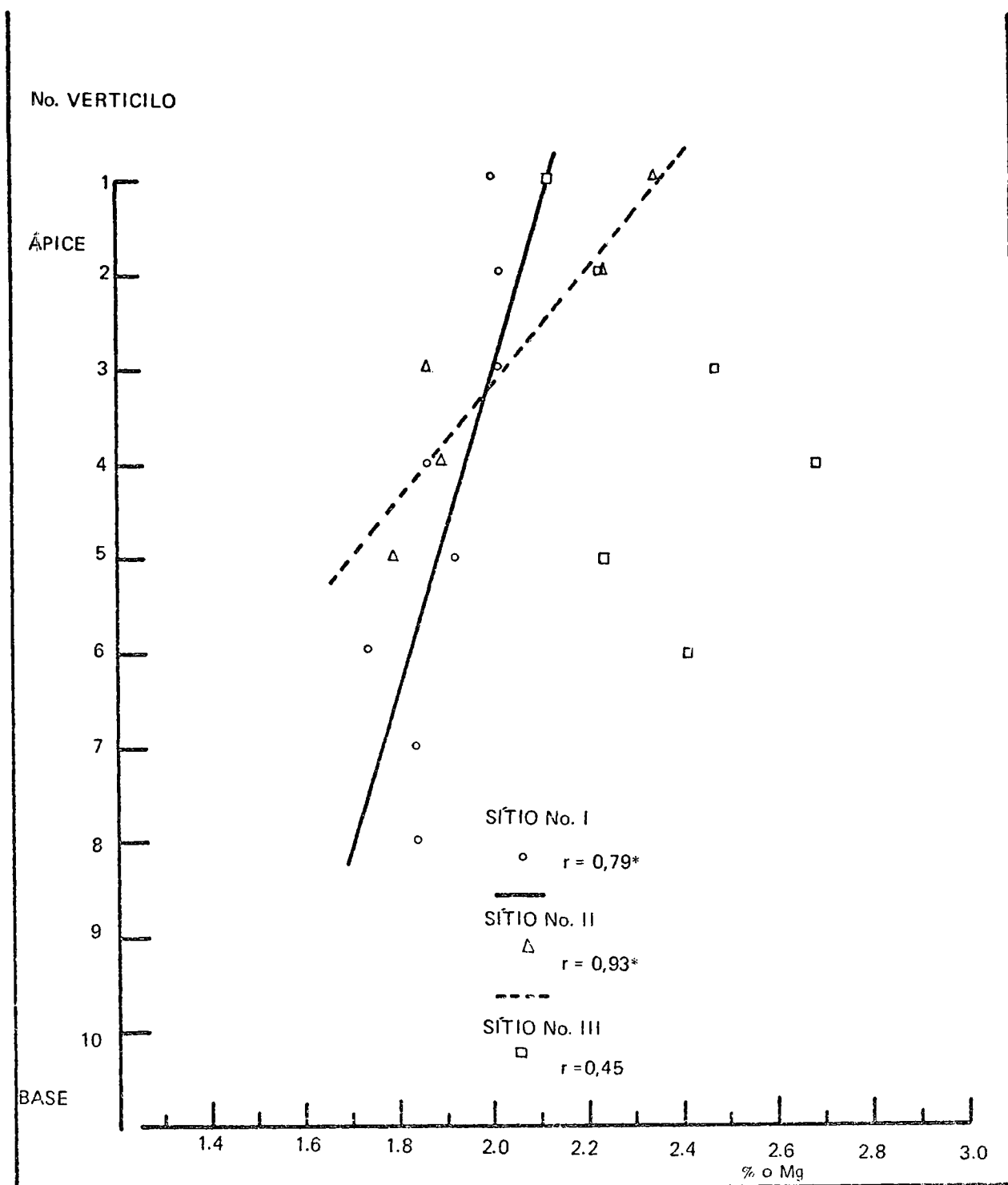


FIGURA No. 11 - Distribuição vertical na copa dos teores médios de magnésio das acículas de um ano de idade. O elemento magnésio de acículas de um ano de idade apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio I e II.

4.4.7 Manganês

Os teores de manganês variam entre 0,287% e 2,39%; A avaliação por árvore do teor de manganês apresenta uma correlação com o número do verticilo, nas árvores 1.3, 1.4 e 3.3, que exprimem uma significância ao nível de 95%.

Nas condições do sítio I, o teor médio de manganês apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,88^{**}$) e, nas condições do sítio II, ocorre uma tendência semelhante ($r = 0,66$). Nas condições do sítio I, o teor médio de manganês diminui do ápice (verticilo 1 : 0,620‰), para a base (verticilo 8 : 0,392‰). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do ferro do verticilo 1 para 8, corresponde a 36,8% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 13).

4.4.8 Alumínio

Os teores de alumínio variam entre <0,01ppm. e 129,4ppm. A avaliação por árvore do teor de alumínio apresenta uma correlação com número do verticilo na árvore 3.3 ($r = 0,79^{**}$). Nas árvores 2.3 e 2.4 esta tendência também ocorre, porém não chega a ser significativa.

Nas condições do sítio II, o teor médio de alumínio apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = -0,91^*$). Nestas condições, o teor médio de alumínio aumenta do ápice (verticilo 1 : 67,65ppm), para a base (verticilo 8 : 84,03ppm). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do alumínio do verticilo 1 para o 5, corresponde a 24,2% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 14).

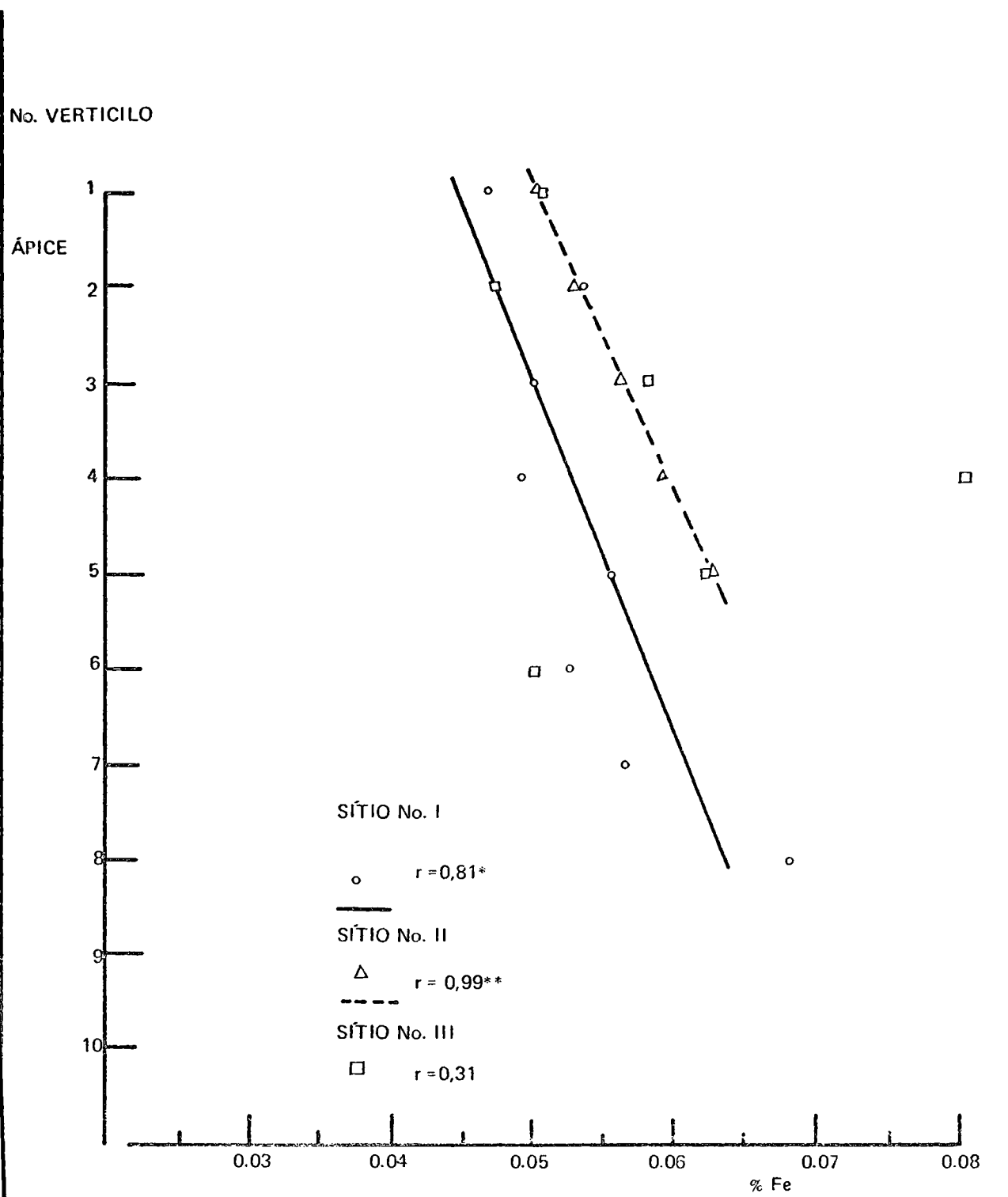


FIGURA No. 12 - Distribuição vertical na copa dos teores médios de ferro das acículas de um ano de idade. O elemento ferro apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio II e I.

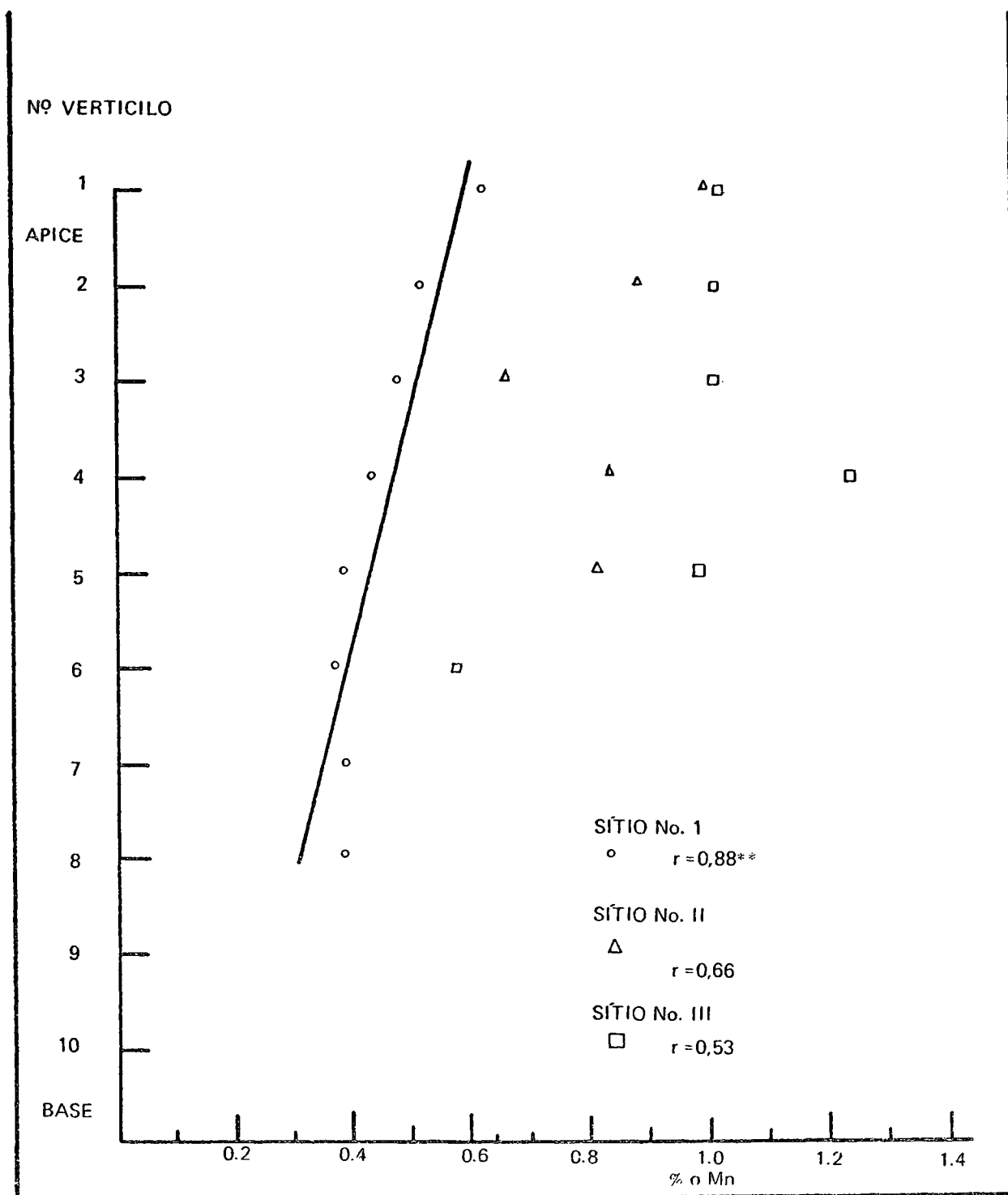


FIGURA No. 13 — Distribuição vertical na copa dos teores médios de manganês das acículas de um ano de idade. O elemento manganês apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio II.

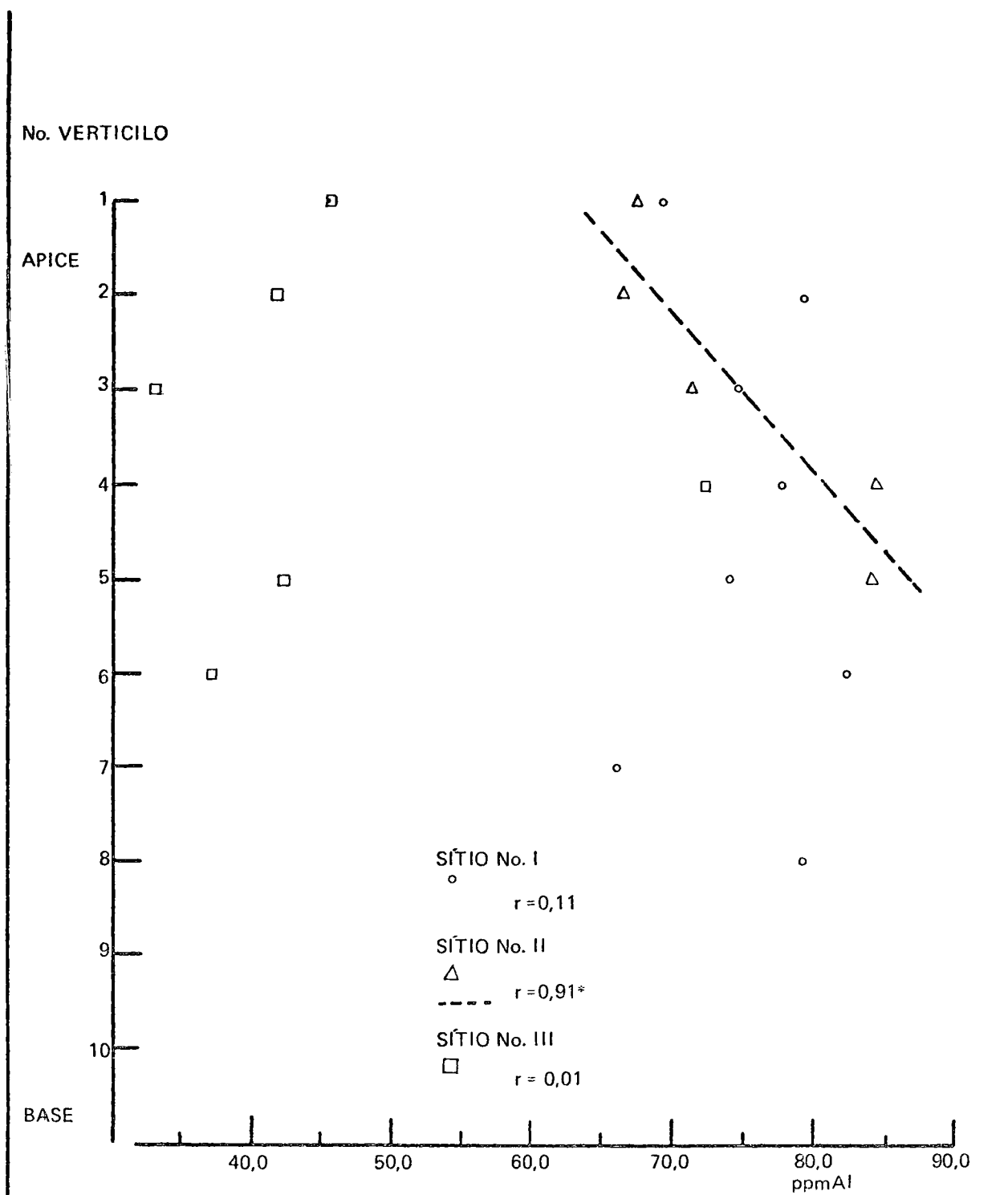


FIGURA No. 14 – Distribuição vertical na copa dos teores médios de alumínio das acículas de um ano de idade. O elemento alumínio apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio II.

4.4.9 Zinco e Cobre

Os teores de zinco variam entre 7,3ppm e 36,19 ppm e os de cobre entre 2,49ppm e 16,24ppm. A avaliação por árvore para estes elementos não foi feita.

Nas condições do sítio II, o teor médio de zinco apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,99^{**}$). Nestas condições, o teor médio de zinco diminui do ápice (verticilo 1 : 18,16ppm), para a base (verticilo 8 : 13,91ppm). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do verticilo 1 para o 8, corresponde a 24,2% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 15).

Nas condições do sítio III, o teor médio de cobre apresenta uma correlação com o número do verticilo ($r = 0,89^{*}$). O teor médio de cobre diminui do ápice (verticilo 1 : 9,84ppm), para a base (verticilo 6 : 6,21ppm). Esta diferença em porcentagem entre a concentração do verticilo 1 para o 6, corresponde a 36,9% (veja tabela nº 9, 10 e figura nº 16).

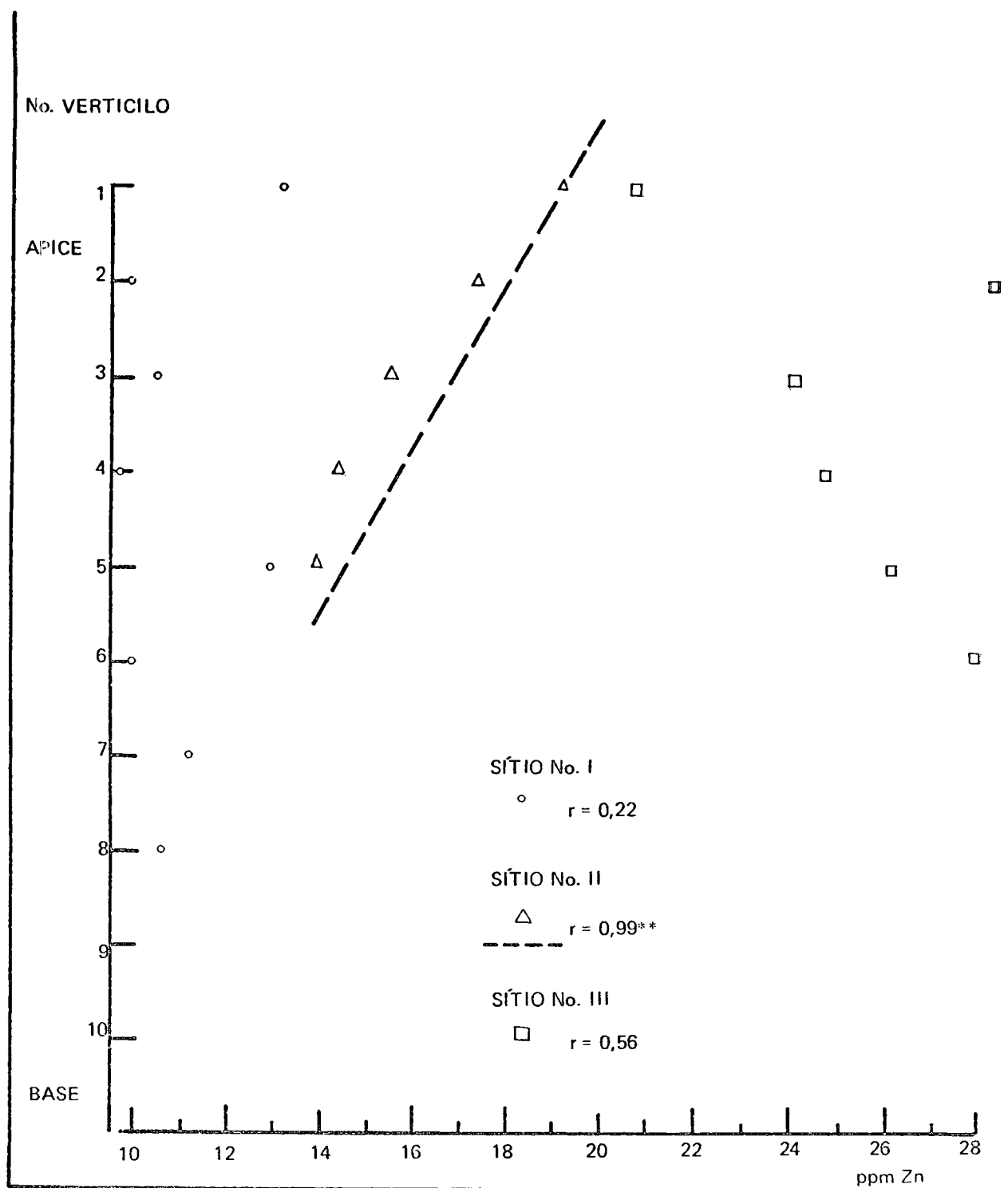


FIGURA No. 15 — Distribuição vertical na copa dos teores médios de zinco das acículas de um ano de idade. O elemento zinco apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio II.

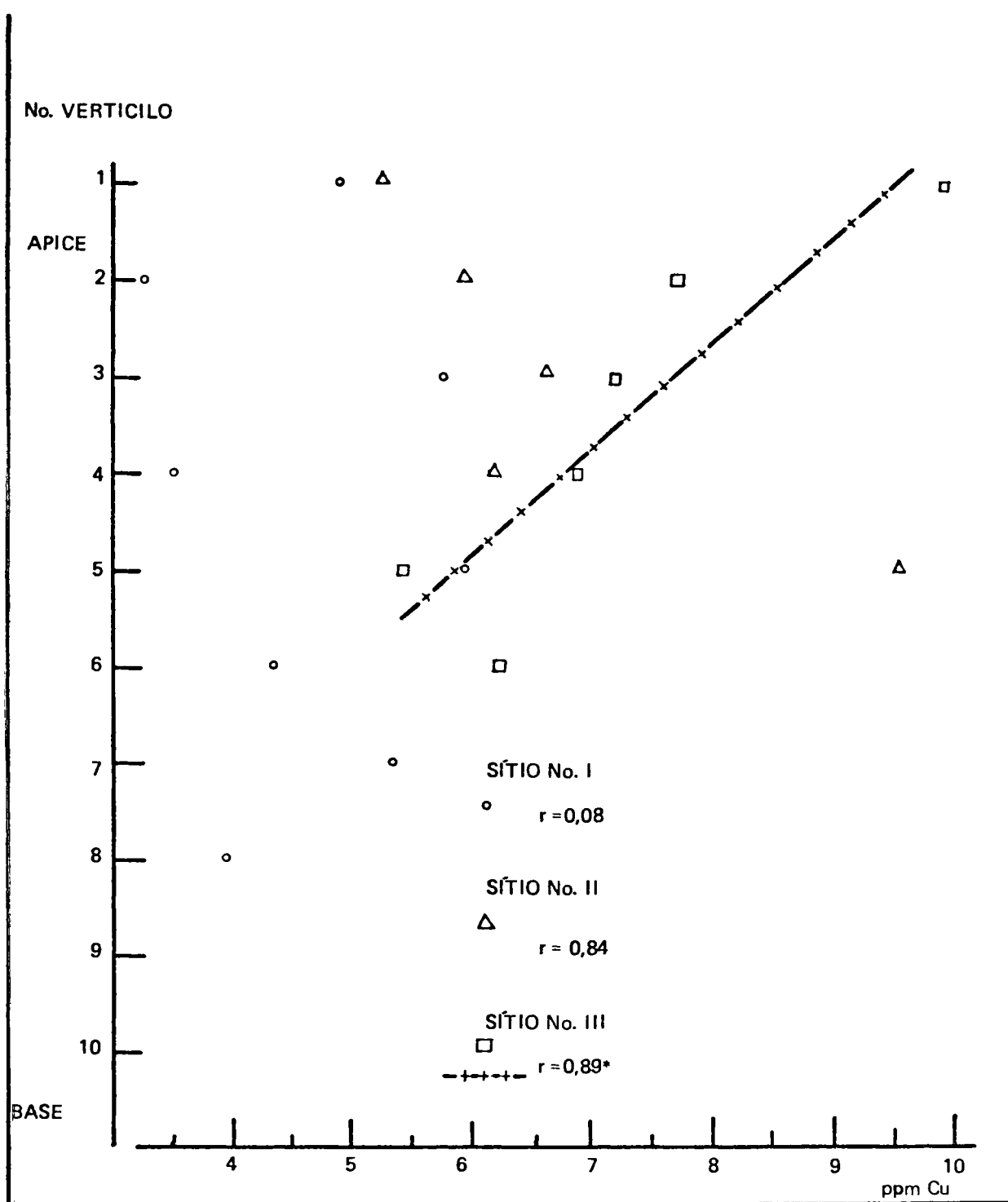


FIGURA No. 16 – Distribuição vertical na copa dos teores médios de cobre das acículas de um ano de idade. O elemento cobre apresenta na copa uma distribuição vertical regular nas condições do sítio III.

4.5 Relações dos Teores dos Elementos Essenciais e não Essenciais nas Acículas com os Dados de Crescimento (Incremento Periódico Anual (IPA₍₂₀₋₂₅₎) e a altura total das árvores de amostragem (H_{d25}).

4.5.1 Nitrogênio, Fósforo e Potássio

Nas condições estudadas, não se encontrou uma relação dos teores médios de nitrogênio, fósforo e potássio (média dos teores dos verticilos da árvore) com a altura dominante (H_{d25}) dos três sítios investigados. Da mesma maneira não se verificou a relação entre estes elementos acima citados com o incremento periódico anual (IPA₍₂₀₋₂₅₎), que corresponde ao incremento médio dos últimos cinco anos.

4.5.2 Cálcio e Magnésio

Os teores médios de cálcio e magnésio mostraram-se relacionados negativamente com o IPA₍₂₀₋₂₅₎, sendo as relações significativas com probabilidade de 99% ($r = 0,74^{**}$ e $r = 0,75^{**}$ respectivamente). A H_{d25} não está relacionada com os teores médios de cálcio e magnésio na área de estudo (ver tabela nº 11, figuras nºs 17 e 18).

4.5.3 Ferro, Manganês e Alumínio

Os teores médios de ferro, manganês e alumínio, não apresentam uma relação com IPA₍₂₀₋₂₅₎ e com H_{d25}.

4.5.4 Zinco e Cobre

Os teores médios de zinco e cobre apresentam uma relação negativa com IPA₍₂₀₋₂₅₎, sendo as relações significativas com probabilidade de 99% e 95% ($r = 0,84^{**}$ e $r = -0,66^*$ respectivamente). A H_{d25} não está relacionada com os teores médios de zinco e cobre (ver tabela nº 11 e figura nº 19).

TABELA Nº 11

CORRELAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS* ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS NAS ACÍCULAS E QUOCIENTES** DESTES COM DADOS DE CRESCIMENTO - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

a) CORRELAÇÃO ENTRE IPA₍₂₀₋₂₅₎ E TEOR DOS ELEMENTOS (Média dos Verticilos da Árvore)

% N	% P	% K	%Ca	%Mg	%Fe	%Mn	ppm Al	ppm Zn	ppm Cu	k:Ca	K:Mg	Mn:Fe	Mn:P	N:P	P:Fe
0.21	-0,18	0.45	-0,74**	-0.75**	-0.46	-0.51	0.50	-0,84**	-0.66*	0.82**	0.61	-0.46	-0.48	0.35	0.34

b) CORRELAÇÃO ENTRE Hd E TEOR DOS ELEMENTOS (Média dos Verticilos da Árvore)

0.25	-0.19	-0.13	0.16	-0.30	-0.25	-0.47	-0.13	0.15	-0.40	-0.09	-0.06	-0.51	-0.48	0.31	0.35
------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------

* - Os teores dos elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe Mn, Al, Zn, Cu, B.

** - Os quocientes K: Ca, K:Mg, Mn:P, N:P, P:Fe.

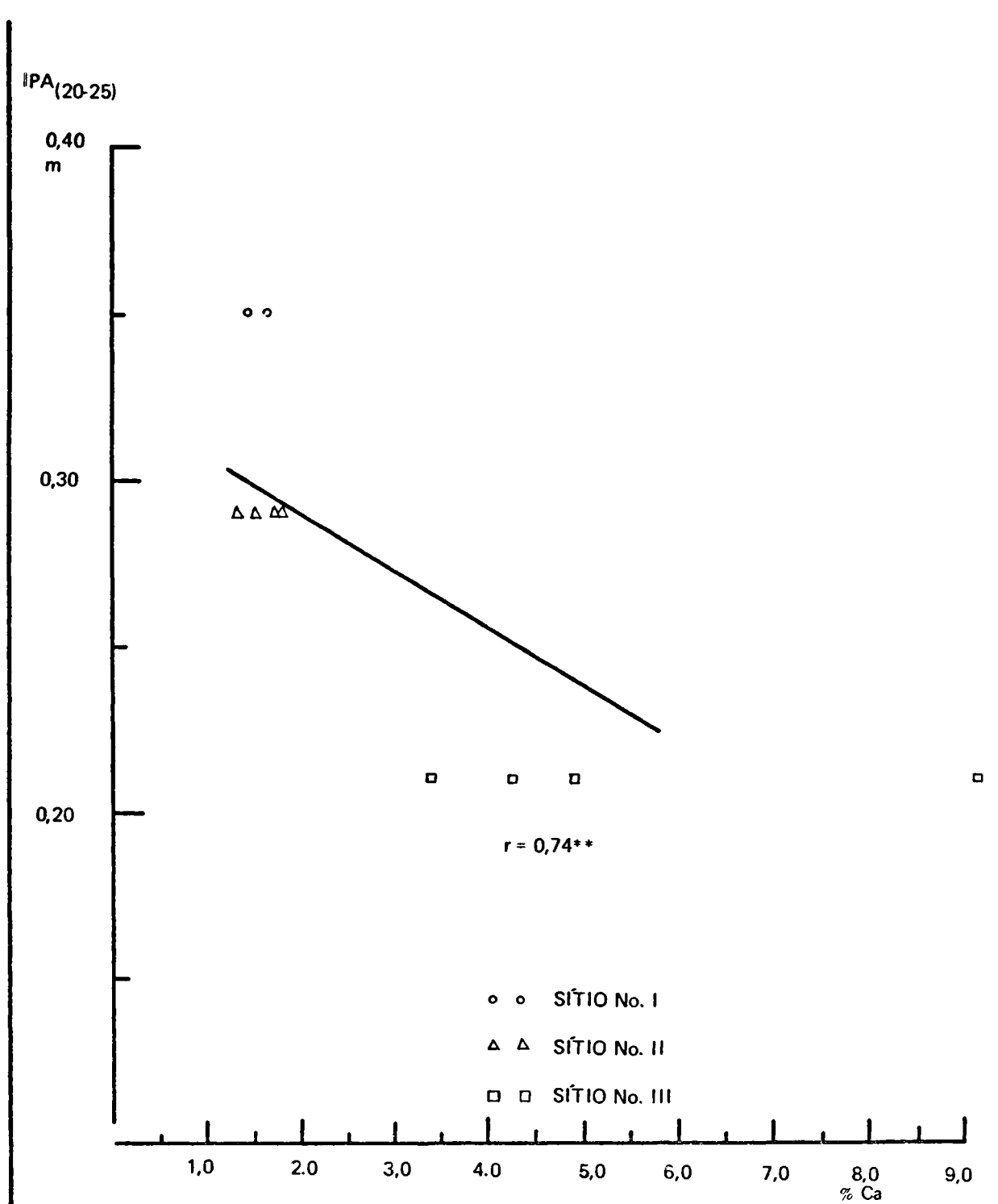


FIGURA No. 17 – Correlação negativa entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de cálcio nas acículas de um ano de idade.

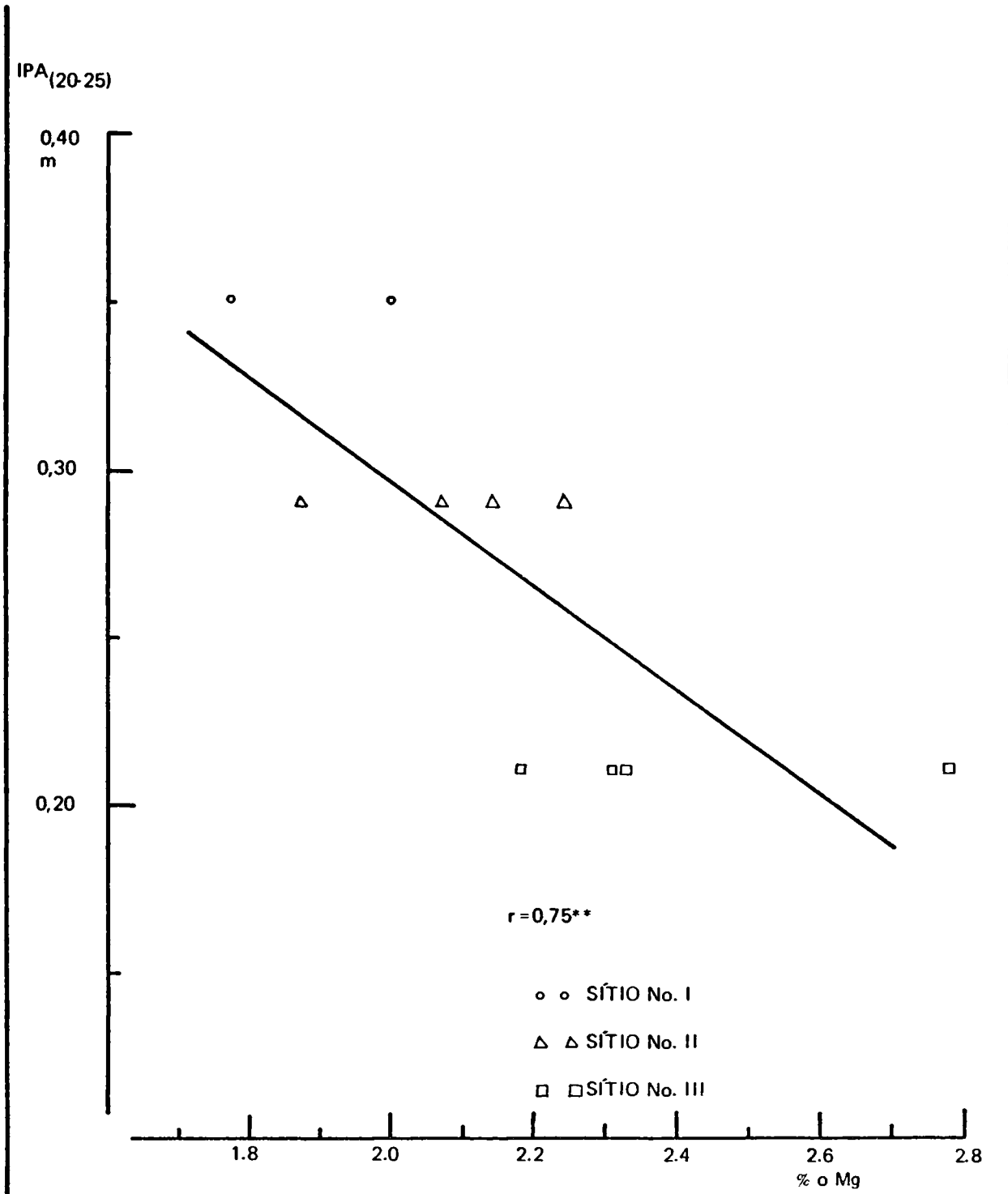


FIGURA No. 18 - Correlação negativa entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de magnésio nas acículas de um ano de idade.

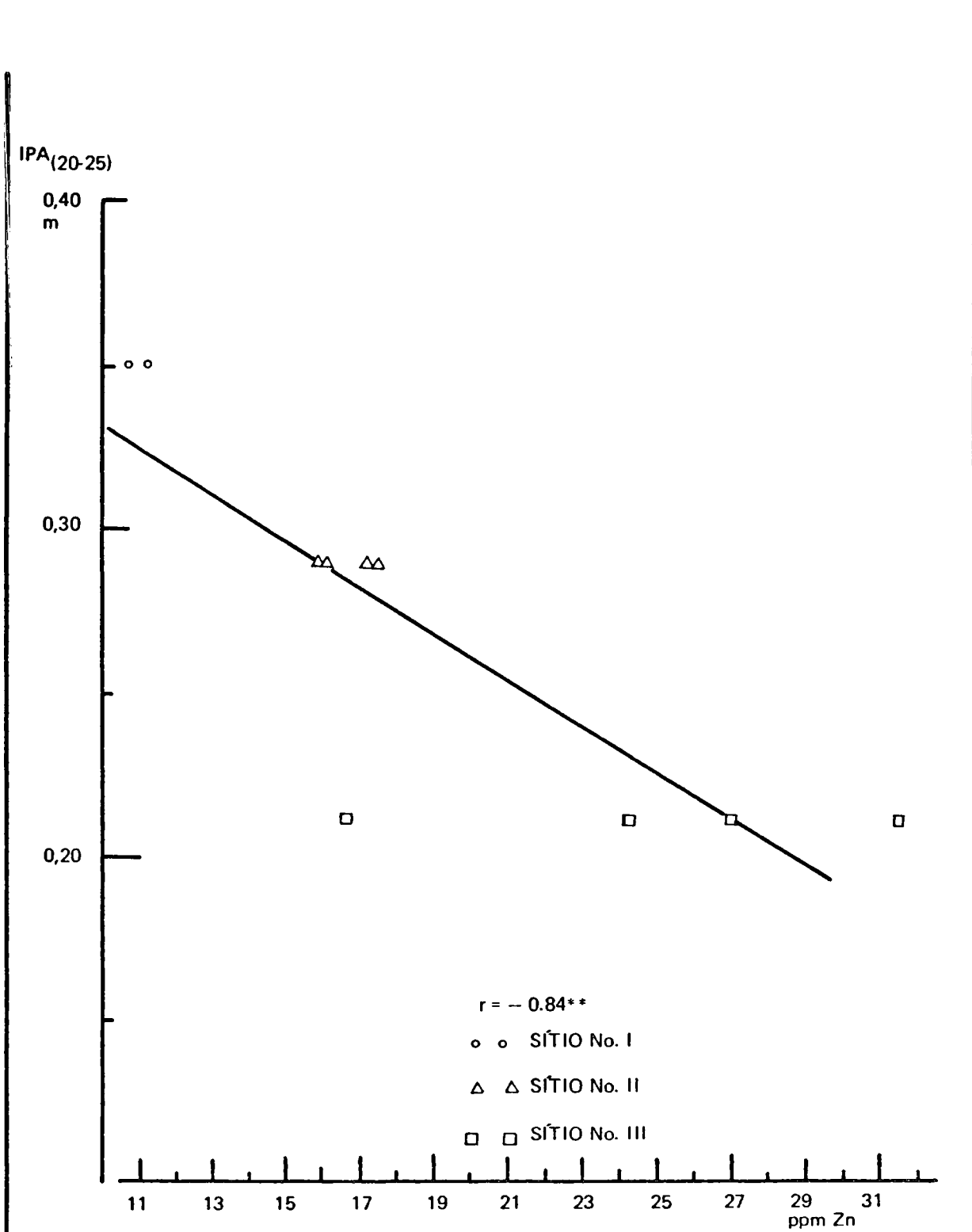


FIGURA No. 19 – Correlação negativa entre o Incremento Periódico Anual (20-25) e o teor médio de zinco nas aóículas de um ano de idade.

4.5.5 Boro

O teor de boro do terceiro verticilo apresenta uma relação positiva com $IPA_{(20-25)}$, sendo a correlação significativa com probabilidade de 99% ($r = 0,88^{**}$) (ver figura nº 21).

4.5.6 Quocientes (K/Ca, K/Mg, Mn/Fe, Mn/P, N/P, P/Fe).

Apenas o quociente K/Ca foi relacionado positivamente com $IPA_{(20-25)}$, sendo a relação significativa com probabilidade de 99% ($r = 0,82^{**}$) (ver figura nº 20). Os demais quocientes não apresentam relação significativa com $IPA_{(20-25)}$ para as condições verificadas. Os quocientes não apresentam uma relação significativa com a H_{d25} (ver tabela nº 11).

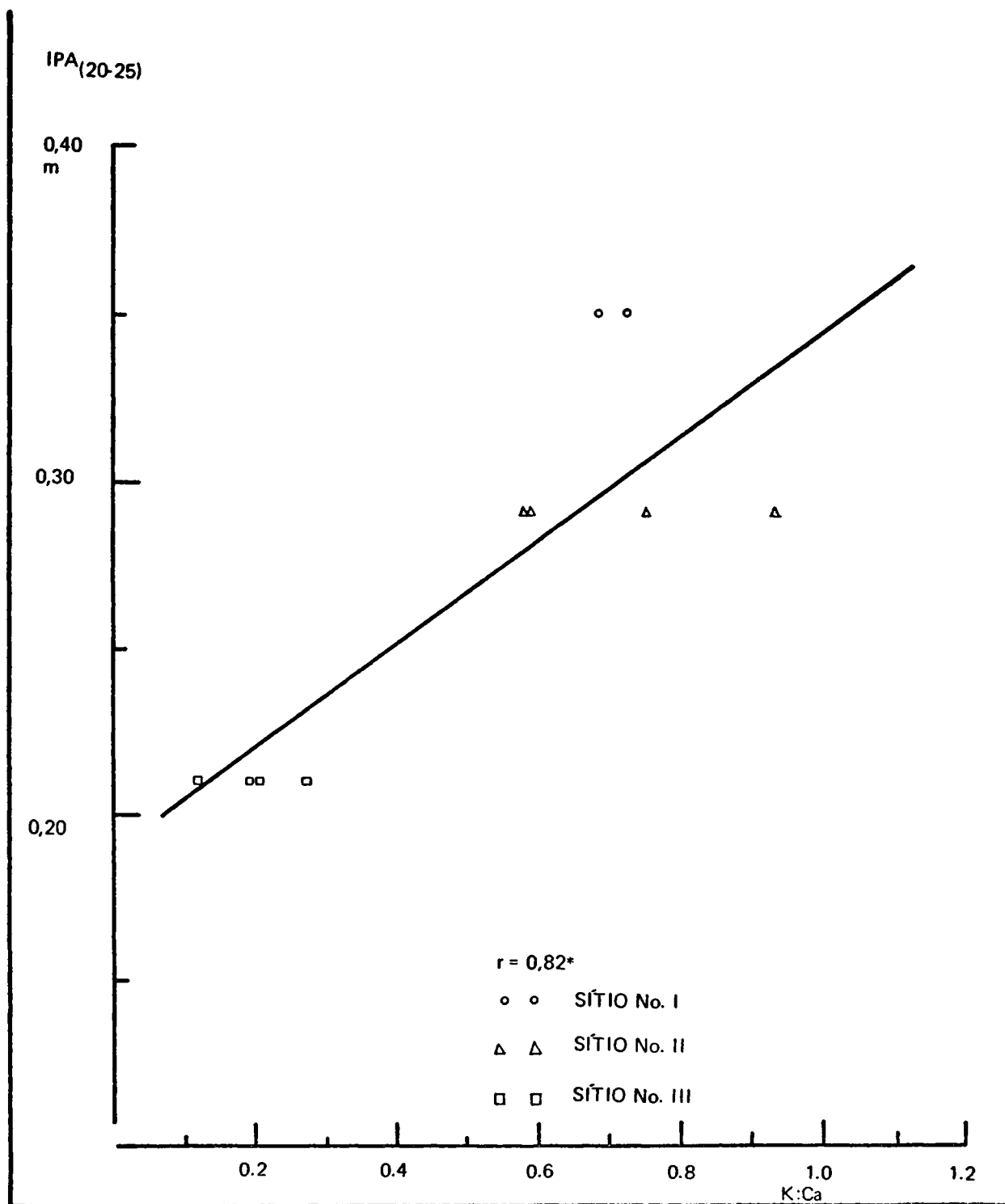


FIGURA No. 20 — Correlação positiva entre o Incremento Periódico Anual₍₂₀₋₂₅₎ e o quociente médio de K/Ca nas acículas de um ano de idade.

4.6 Relações dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os do Solo

4.6.1 Nitrogênio, Fósforo e Potássio

Para os três nutrientes acima, não existe uma relação entre o respectivo teor total no solo do horizonte A e o teor médio dos elementos dos verticilos por árvore.

4.6.2 Cálcio e Magnésio.

Existe uma correlação do teor de magnésio total no solo com o das acículas, que é significativo ao nível de probabilidade de 95% ($r = 0,72^*$). Os teores de cálcio do solo e das acículas apresentam a mesma tendência do elemento magnésio, porém esta correlação não é significativa (veja tabela nº 12).

4.6.3 Manganês e Ferro

O manganês tem comportamento semelhante ao do magnésio e cálcio, apesar desta tendência não ser significativa.

O ferro apresenta uma tendência contrária à do manganês, cálcio e magnésio. Os teores totais maiores no solo são associados a teores menores nas acículas, porém a correlação não é significativa ($r = -0,41$).

4.6.4 Cálcio + magnésio

O teor (cálcio+magnésio) nas acículas é proporcional aos teores totais verificados no solo, sendo esta correlação significativa com probabilidade de 99% ($r = 0,93^{**}$).

TABELA Nº 12

CORRELAÇÃO ENTRE DADOS ANALÍTICOS DO SOLO DO HORIZONTE A COM DADOS ANALÍTICOS FOLIARES
(Média dos teores dos elementos dos verticilos por árvore)

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

% N	% P	% K	%Ca	%Mg	%Mn	%Fe	%Ca+Mg
-0.08	0.19	-0.62	0.46	0.72*	0.46	-0.41	0.93**

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Distribuição Vertical dos Elementos na Copa da Araucaria angustifolia

5.1.1 Variação do Teor dos Elementos na Copa da Araucaria angustifolia

Os elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês apresentam uma distribuição vertical regular na copa nos sítios I e II. Porém, quando ocorrem condições diferentes como no sítio III (litossolo), esta distribuição regular não se verifica e difere grandemente dos outros dois sítios. Provavelmente, isto é devido às variações edáficas nas condições do sítio III (litossolo). A condição edáfica do sítio III é muito diferente dos outros dois (podzólico vermelho amarelo), principalmente no aspecto desenvolvimento (profundidade e desenvolvimento dos horizontes) e das condições químicas e físicas do solo (teor dos nutrientes e profundidade). Isto vem reforçar a constatação acima levantada, que nas condições estudadas, quando ocorre uma estratificação do solo, provavelmente resulta numa modificação na distribuição vertical.

O comportamento diferente da distribuição vertical dos nutrientes estudados nos três sítios, se torna difícil de ser explicado do ponto de vista fisiológico, pois diversos parâmetros podem influenciar este comportamento (necessidade, mobilidade, propriedades físico-químicas dos respectivos nutrientes e outros fatores). O aspecto mobilidade parece ser importante para se tentar explicar o comportamento destes elementos na copa. Isto parece ser verdade, principalmente para os nutrientes Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu, que são considerados elementos de baixa até difícil mobilidade basipetal segundo MENGEL, 1972. Devido a isto possivelmente a deslocação destes elementos, segundo a necessidade da planta, pode estar bastante limitada. Neste caso o aspecto mobilidade parece influenciar a distribuição do teor destes elementos na copa da Araucaria angustifolia.

A distribuição vertical regular verificada esporadicamente para certos elementos como o fósforo, potássio, zinco e cobre na copa da Araucaria angustifolia, pode também ser influenciada pela deficiência do micronutriente boro na planta (veja 5.2.1) nos três sítios investigados, especialmente no sítio III. Tal fato é devido que o boro é necessário para o crescimento apical e demonstrou ter uma distribuição vertical regular na copa da Araucaria angustifolia*, com teores diminuindo do ápice para a base. Com a deficiência do boro possivelmente estes elementos sofreram uma alteração na concentração e em consequência no seu comportamento.

5.1.2 Local de Amostragem na Copa da Araucaria angustifolia

Para os elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês com uma distribuição vertical regular na copa da Araucaria angustifolia investigou-se o aspecto do verticilo mais representativo do teor médio. Para os elementos fósforo, potássio, alumínio, zinco e cobre que apresentam uma distribuição regular esporádica na copa, isto também foi investigado. Em tais casos, aonde ocorre uma distribuição vertical regular, as diferenças, entre os teores dos nutrientes do ápice para a base, a não observação nestes casos do local de amostragem poderá ocasionar, um erro sistemático (HILDEBRAND et. al., 1976). No presente estudo se verificou que poderá ocorrer um erro sistemático, para o elemento cálcio nas condições do sítio I e II entre os teores do ápice (100%) para os da base de 60-70%, respectivamente para o magnésio de 8-60%, ferro de 30-110% e do manganês de 40% (veja tabela nº 10). O teor médio das acículas dos verticilos da árvore (veja 5.2) é utilizado, no presente estudo, como variável dependente dos dados de crescimento. Em futuros estudos, desta natureza, o teor médio poderá ser substituído pelo verticilo, que represente este teor médio, evitando-se assim a análise química das acículas dos demais verticilos. Por isto escolheu-se este parâmetro para se comparar com os teores encontrados nos verticilos das árvores dos respectivos sítios, ainda estes elementos apresentam uma distribuição vertical regular. Em função da distribuição vertical regular destes elementos e da comparação feita (veja tabela nº 13), como uma primeira tentativa, de se padronizar, o local de amostragem, o 3º verticilo parece representar com mais precisão o teor médio. Porém, mais estudos neste sentido devem ser feitos para confirmar com exatidão este aspecto.

*Comunicação verbal do trabalho de tese de Albertina Dutra.

TABELA Nº 13

COMPARAÇÃO DOS NUTRIENTES NAS ACTÍCULAS DO 3º VERTICILLO (1) E O TEOR MÉDIO DOS VERTICILLOS POR ÁRVORE (2)*

		SÍTIO I			SÍTIO II			SÍTIO III			
		1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4
E	% P							0.136	0.132	0.135	0.126
L	% K			1.16	0.96	1.24	1.06				
E	%Ca	1.92	1.16	1.16	0.93	1.77	0.94				
M	%Mg	2.16	1.90	1.73	1.97	2.03	1.72				
E (1)	%Fe	0.046	0.053	0.059	0.061	0.054	0.050				
N	%Mn	0.647	0.340	0.820	0.340	0.651	0.820				
T	ppmAl			67.4	84.2	59.0	74.9				
O	ppmZn			14.91	16.21	16.00	15.00				
S	ppmCu							16.24	5.42	6.04	7.83
E	% P							0.133	0.132	0.128	0.127
L	% K			1.16	1.24	1.23	1.02				
E	%Ca	1.66	1.42	1.53	1.33	1.79	1.75				
M	%Mg	2.01	1.77	1.87	2.24	2.07	2.14				
E (2)	%Fe	0.051	0.057	0.055	0.059	0.056	0.052				
N	%Mn	0.546	0.351	1.011	0.533	0.657	1.031				
T	ppmAl			66.23	74.88	68.68	86.31				
O	ppmZn			15.93	17.42	16.57	15.48				
S	ppmCu							9.60	6.17	6.31	6.87

* Apenas as condições significativas estão relacionadas.

5.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Dados de Crescimento ($IPA_{(20-25)}$ e H_{d25})

5.2.1 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos com o Incremento Periódico Anual ($IPA_{(20-25)}$)

Foi observado na área de estudo uma relação positiva entre o teor do boro do terceiro verticilo e o $IPA_{(20-25)}$. A relação mostra que as árvores com crescimento maior nos últimos cinco anos, encontram-se associadas com teores maiores de boro nas acículas (veja figura nº 21). Um estudo de WILL et.al. (citado por FIEDLER, NEBE e HOFFMANN, 1973), mostra para o Pinus silvestris que os teores de boro estão numa faixa crítica quando se situam entre 10 e 15ppm, para Araucaria angustifolia supõe-se que, isto também é verdade. Provavelmente o teor ótimo está acima de 20 ppm, mas ressalta-se que apenas através de estudos de fertilização ou um de maior número de análises das relações acículas e crescimento, poderá ser confirmada esta suposição. A relação encontrada entre o boro e o crescimento na área de estudo está em concordância e explica o acúmulo do teor de cálcio, magnésio, zinco e cobre nas acículas das árvores do sítio III (veja com mais detalhes a seguir), aonde ocorre um menor crescimento. Estas circunstâncias são ocasionadas por uma possível deficiência de boro que limita o crescimento. Portanto, para as condições estudadas, o boro pode ser considerado o fator limitante no crescimento da Araucaria angustifolia neste sítio.

Foi observada na área de estudo uma relação negativa entre o teor médio de cálcio nas acículas e o $IPA_{(20-25)}$, a relação mostra que as árvores com crescimento menor nos últimos cinco anos, encontram-se associadas com teores maiores de cálcio nas acículas. Para o magnésio, zinco e cobre esta relação também ocorre. Existe um teor elevado destes elementos nas acículas nas condições do sítio III, principalmente para o elemento cálcio que pode chegar a ser 2 a 6 vezes maior do que no sítio I e II, indicando que existe um acúmulo relativo destes elementos, provavelmente por causa do crescimento reduzido ou distúrbios da nutrição por deficiência do elemento boro. Nas condições do sítio I e II teores menores de cálcio, magnésio, zinco e cobre nas acículas estão ligados a um crescimento maior. Talvez é devido que nestas circunstâncias as acículas contêm teores maiores de boro e desta maneira não ocorre um distúrbio na nutrição. Em consequência disto, provavelmente foram observados teores menores de cálcio, magnésio, zinco e cobre nas acículas nos sítios I e II.

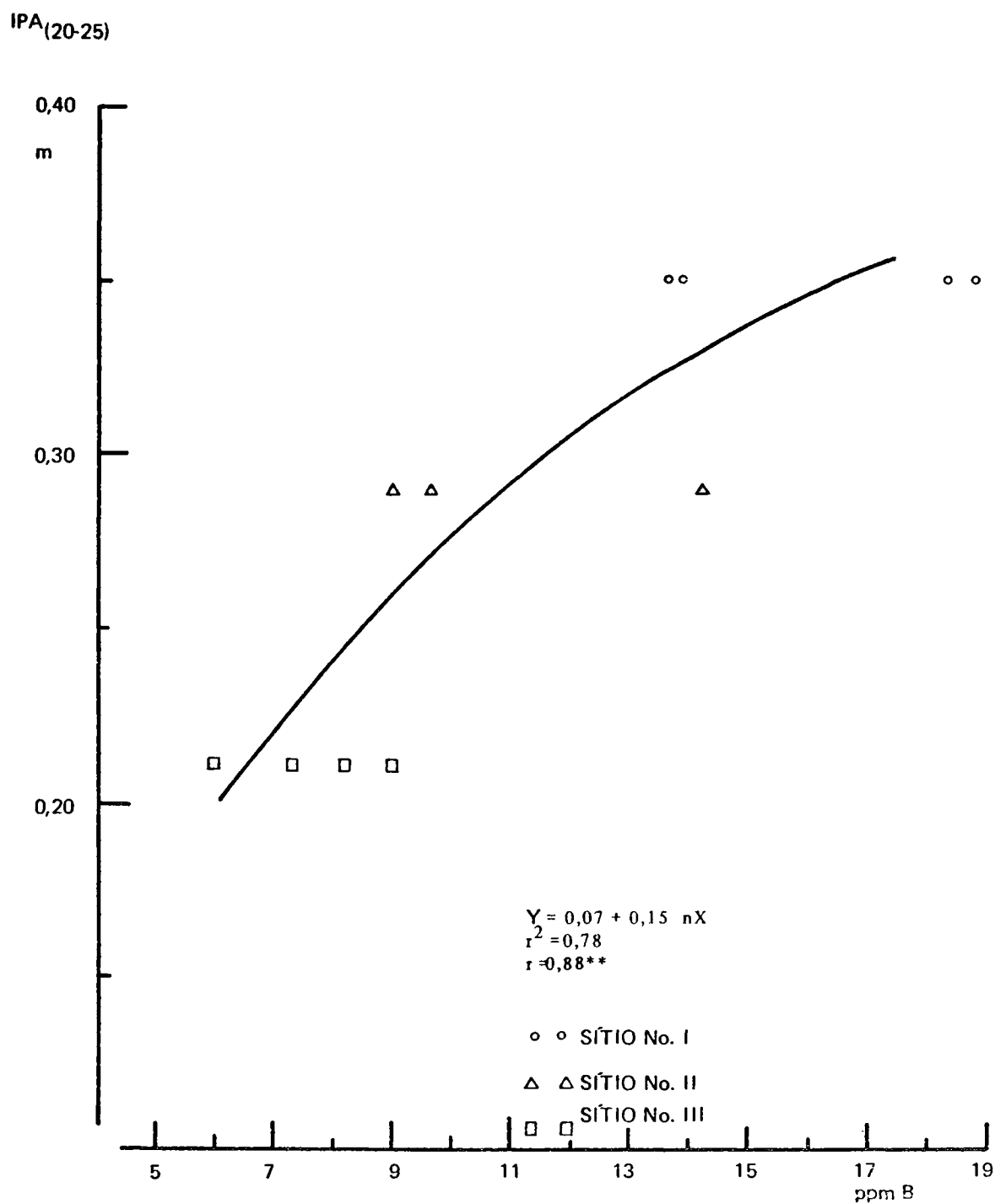


FIGURA No. 21 — Correlação positiva entre o Incremento Periódico Anual₍₂₀₋₂₅₎ e o teor de boro do terceiro verticilo das acículas de um ano de idade.

Dentro da área de estudo o potássio é o único macro-nutriente cujos teores nas acículas estão ligeiramente correlacionados positivamente com $IPA_{(20-25)}$, isto contudo não pode ser generalizado. Para confirmar esta relação (% K e o crescimento), com mais precisão, um maior número de análises de acículas e do crescimento serão necessários. De maneira contrária acontece com o manganês e o ferro nas acículas, que estão correlacionados negativamente com o crescimento.

A relação positiva entre os quocientes K/Ca e K/Mg com o $IPA_{(20-25)}$, revela que os quocientes menores estão ligados a crescimentos menores. ZOETTL e VELASCO (1966) também verificaram uma relação semelhante em povoamentos de Pinus halepensis, aonde ocorre um insuficiente abastecimento de potássio. Segundo os resultados para Araucaria angustifolia o quociente varia de 0,12 a 0,27 nas condições do sítio III, sendo menor, de 2 a 5 vezes em relação aos outros sítios. Para as condições da Europa Central o quociente K/Ca, quando não ocorre deficiência do potássio está situado para Picea abies em média de 1,7, para Pinus silvestris em 2,6 (HOFFMANN citado por FIEDLER, NEBE e HOFFMANN, - 1973). ZECH citado por FIEDLER, NEBE e HOFFMANN (1973) verificou para Picea abies um quociente menor do que 1, quando ocorre deficiência do potássio. Para as condições estudadas os teores do potássio não entram nitidamente na faixa da deficiência, embora os quocientes nas condições do sítio III estejam situados muito abaixo do citado acima. Contudo um quociente baixo provavelmente possa indicar que, o equilíbrio entre os antagonistas potássio e cálcio está fora da faixa ótima e por isto pode atuar negativamente no crescimento, no caso do sítio III.

5.2.2 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos com a Altura Total das Árvores de Amostragem (H_{d25}).

A altura total das árvores de amostragem (H_{d25}) mostra-se nas condições da área estudada pouco apropriada e nenhuma relação significativa se verificou com os teores médios dos elementos nutritivos (média dos teores dos elementos dos verticilos por árvore) nas acículas de um ano de idade. Possivelmente este fato ligado às condições do solo na área de estudo, principalmente do sítio II e III. No sítio II, situado numa depressão, com um horizonte A bem desenvolvido, dando boas condições iniciais de desenvolvimento

às árvores. Numa fase seguinte quando as raízes das árvores penetram no horizonte B onde se verifica alta porcentagem de argila e condições hidromórficas, evidenciadas por um mosqueado a uma profundidade de 150cm (veja descrição do perfil SC-2), nas condições do sítio I circunstâncias semelhantes ocorrem, porém sem a presença de condições hidromórficas determinadas pelas condições de relevo. Nestas condições ocorre um impedimento físico e uma redução no crescimento da Araucaria angustifolia (veja tabela nº 7) e uma nova fase de crescimento começa, distinta da anterior. No sítio III a Araucaria angustifolia está plantada num solo (litossolo) que não excede 50 cm de profundidade, a baixo disto encontra-se o substrato folhelho em decomposição com a presença de algumas raízes pequenas (veja descrição do perfil SC-3). Quando as raízes da Araucaria angustifolia alcançam o folhelho intemperizado a dificuldade encontrada pelas raízes em penetrar entre o folhelho, causa um distúrbio, no fornecimento dos nutrientes. Consequentemente ocorre uma redução no crescimento, e uma nova fase de crescimento começa, distinta da anterior (veja tabela nº 8). Estas duas fases distintas de crescimento da Araucaria angustifolia, devido às condições do solo nos sítios II e III, podem ser causa da pouca utilidade da H_{d25} como variável dependente dos teores dos elementos nutritivos das acículas de um ano de idade.

5.3 Correlação dos Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas com os Teores Totais desses Elementos no Solo

Para a Araucaria angustifolia observou-se na área de estudo, uma relação entre o teor de magnésio total do solo e o teor médio nas acículas de um ano de idade, amostradas nas árvores com H_{d25} , indicando uma proporcionalidade do elemento no solo e o seu teor nas acículas. Quando se utiliza a soma dos alcalinos terrosos (Ca+Mg) existe uma relação semelhante e mais estreita, do que a verificada somente com o elemento magnésio, apesar de que isoladamente o cálcio não apresenta uma relação significativa.

Dos nutrientes (essenciais) nitrogênio, fósforo e potássio, o último apresenta uma relação inversamente proporcional ao do magnésio e a soma dos alcalinos terrosos (Ca+Mg). Apesar de o potássio ter teores totais no solo maiores nas condições do sítio III, o seu teor nas acículas é menor (ver tabela nº 1 e 4). Com os elementos magnésio e cálcio, os teores totais maiores estão também nas condições do sítio III. Nestas condições não se pode excluir a possibilidade de um antagonismo na absorção do potássio e o magnésio pelas raízes, e da mesma forma, porém numa proporção menor, entre o potássio e o cálcio.

O nitrogênio do solo não se mostrou correlacionado com o teor de nitrogênio nas acículas, isto provavelmente é devido ao fato de se empregar o teor total do nitrogênio e não seu grau de mineralização.

6. CONCLUSÕES

Na área de estudo foram observados alguns casos conclusivos de acordo com os objetivos propostos na tese.

6.1 Metodologia de Amostragem dentro da Copa

O local de amostragem dentro da copa para Araucaria angustifolia é importante para o caso dos elementos que apresentam uma distinta e significativa distribuição vertical na copa, pois a porcentagem de variação do ápice para a base pode chegar até valores de 80 a 90% (individual). Dependendo do problema que se está investigando pode ser importante a escolha do número do verticilo representativo das condições médias para se evitar um erro sistemático. Para os elementos com distribuição vertical significativa, o terceiro verticilo representa bem as condições médias, podendo também em alguns casos os verticilos 2 e 4 serem adequados para este fim.

Na área de estudo as condições edáficas parecem influenciar a distribuição vertical dos elementos nutritivos na copa. Isto é devido ao fato de o solo ser um fator com importância para o crescimento que é inconstante - nas condições do sítio I, II e III. Quando se trabalha com um teor médio (média dos teores dos elementos dos verticilos da mesma posição - 4 repetições por sítio) isto se torna mais evidente. Os elementos cálcio, magnésio, manganês e ferro, que são classificados como elementos de baixa até difícil mobilidade basipetal, apresentam uma distribuição média vertical regular na copa no sítio I e II e perdem este comportamento característico no sítio III, onde a profundidade do solo não excede em 50 cm.

6.2 Relações entre os Teores dos Elementos Nutritivos nas Acículas e Dados de Crescimento

Existe uma estreita relação positiva entre o teor do elemento boro e o IPA₍₂₀₋₂₅₎. Portanto, o micronutriente boro é o fator limitante do crescimento da Araucaria angustifolia na área estudada. Como consequência disso ocorre nas acículas um acúmulo dos elementos cálcio, magnésio, zinco e cobre nas condições do sítio III.

A altura das árvores dominantes mostrou-se pouco apropriada como variável dependente dos teores dos elementos nas acículas de um ano de idade. Isto provavelmente ocorre quando se verifica um impedimento físico dentro do perfil, como no caso do solo (litossolo) pouco desenvolvido do sítio III. Em casos de solos originados de outros tipos de substratos e tais que não demonstram as condições acima descritas, a altura das árvores dominantes poder-se-ia mostrar adequada para este fim.

No caso da área estudada em que se presume uma produção de massa de acículas diferentes entre os sítios, torna-se necessário determinar o teor de todos os elementos nutritivos ou os suficientes, a fim de saber, qual deles limita o crescimento. Neste trabalho essa situação se concretiza no caso do elemento boro. A estreita correlação do teor deste elemento com o IPA⁽²⁰⁻²⁵⁾, possibilita reconhecer os altos teores de cálcio, magnésio, zinco e cobre no sítio III, como efeito de acumulação, gerado pela produção de massa de acícula menor que por sua vez é causado pelo efeito do abastecimento insuficiente de boro.

6.3 Relações entre os Teores dos Elementos Nutritivos (essenciais) nas Acículas e os Teores Totais do Solo

As conclusões abaixo foram baseadas, em poucas relações e possivelmente a falta de mais dados, principalmente da análise física do solo (densidade) dificultou uma melhor interpretação dos dados disponíveis. Porém, com base nos resultados analisados, mostrou-se que as relações dos teores totais dos nutrientes do solo e das acículas, indicam um antagonismo na absorção entre o potássio e o magnésio pelas raízes nas condições do sítio III, e da mesma forma, porém em proporção menor entre o potássio e o cálcio.

R E S U M O

O presente estudo pretende contribuir para um melhor conhecimento das exigências nutricionais e edáficas da Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze, especialmente com respeito às condições químicas do solo. Estes dados poderão contribuir a um incremento a longo prazo, do plantio da Araucaria angustifolia em sítios adequados no sul do Brasil. Foram visados os seguintes objetivos:

- 1) Elaborar uma metodologia de amostragem para avaliar o estado nutricional da Araucaria angustifolia, através de relações entre dados do solo, das acículas e do crescimento.
- 2) Estudar o comportamento dos elementos essenciais e não essenciais dentro da copa da Araucaria angustifolia, a fim de verificar o verticilo que é mais adequado como local de amostragem, para futuros estudos nutricionais.

O estudo foi realizado na FLORESTA NACIONAL DE TRÊS BARRAS - SC (FLONA-IBDF) em plantios de Araucaria angustifolia, de 1950. Três sítios foram identificados numa topo-sequência, num espaço físico pequeno heterogêneo com respeito à pedogênese e ao crescimento (altura dominante), homogêneo com respeito aos outros fatores como localização geográfica, clima, tratamento silvicultural.

Foram utilizadas em cada sítio, 4 árvores dominantes, sendo cada árvore dominante considerada uma repetição. Das árvores amostradas foram coletadas acículas de um ano de idade separadamente por verticilo e, com a metade superior do tronco de uma delas, por sítio, efetuou-se uma análise de tronco. Descrição do perfil e coleta de solo foi feita na frente de uma das árvores derrubadas em cada sítio.

Foi utilizado a análise foliar para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Al e, como dados complementares, o peso de 100 acículas e o peso da cinza. O emprego da análise de tronco, possibilita a obtenção dos dados do incremento em altura dos últimos anos. Através da análise do solo foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al e a textura.

Por correlações lineares entre o número do verticilo e os teores dos elementos foi estudada a distribuição vertical destes na copa.

Foi testada a utilidade da análise foliar para determinar o estado nutricional da Araucaria angustifolia, através de correlações lineares entre altura total das árvores de amostragem e incremento periódico anual e os dados analíticos foliares. Efetuaram-se também correlações lineares entre dados analíticos do solo e dados analíticos foliares.

As conclusões para a área estudada são as seguintes:

1. Metodologia de amostragem na copa:

- Alguns elementos, especialmente o cálcio, magnésio, manganês e ferro mostram uma distribuição vertical regular bem características na copa.
- As condições edáficas parecem influenciar a distribuição vertical de elementos nutritivos na copa, especialmente os elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês.
- Em decorrência da distribuição vertical regular verificada, pode-se recomendar, como regra geral, para estudos nutricionais futuros, o terceiro verticilo como local de amostragem, porque representa bem o teor médio.

2. Relações entre o teor dos elementos nas acículas e dados decrescimento:

Provavelmente devido às condições de pouco desenvolvimento do solo, nas condições do sítio III, a altura total das árvores de amostragem mostrou-se pouco apropriada como variável dependente.

O incremento periódico anual ($IPA_{(20-25)}$) apresentou uma estreita relação positiva com o teor de boro nas acículas. Por isto, o micronutriente boro pode ser considerado o atual fator limitante do crescimento e, em consequência, observou-se um efeito de acumulação dos elementos cálcio, magnésio, zinco e cobre nas condições do sítio III (com $IPA_{(20-25)}$ menor) e teores de boro altamente deficientes.

Quando se compara os teores dos elementos nutritivos de povoamentos com produção de massa de acícula diferente se torna obrigatório determinar todos os elementos ou os suficientes, para se encontrar relações entre estes teores e dados de crescimento que podem ser interpretados fisiologicamente.

3. Relações entre o teor dos elementos nas acículas e o teor total dos elementos do solo.

- Provavelmente existe um desequilíbrio de aceitação pelas raízes entre os antagonistas potássio e o magnésio e, da mesma forma, porém de uma proporção menor, entre o potássio e o cálcio.

S U M M A R Y

The present study intends to contribute to a better understanding of the nutritional and edaphic requirements of Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze, especially with respect to chemical conditions of the soil. The results derived from the present study are intended to allow to increase reforestation with Araucaria angustifolia on suitable sites in the southern Brazil. Therefore, the objectives of the study were the following:

- 1) To elaborate one methodology of sampling to verify nutritional status of Araucaria angustifolia, through relationship of analytical data of the soil, data of foliar analysis and growth data.
- 2) To study the behavior of nutrients in the crown of Araucaria angustifolia, with main objective of verifying, the adequate whorl, for sampling locality, for future nutritional studies.

The area of the study was located in the NATIONAL FOREST OF TRÉS BARRAS-SC (FLONA-IBDF) in plantations of Araucaria angustifolia, planted in 1950. Three sites were identified covering a topographic sequence in a limited area with different soil conditions. The study area was homogeneous with regards to the geographical factors (latitude, longitude and altitude, climatic factors, silvicultural treatments and forest history).

Four dominant trees were chosen per site and each one was taken as a replication. The dominant height was defined as the 100 trees with largest DBH/ha (Method Assmann/Hummel). The trees were felled and needle collection was done separately per whorl. The upper half of the trunk from one per site was collected for stem analysis. Profile description and soil sampling were made at a distance of 0,50m from one of the felled trees on each site.

In the foliar analysis the following elements were determined: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, B and the weight of 100 needles as well as the ash weight. Through soil analysis the following data were determined: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al and texture. Through stem analysis the height increment of the last years could be determined.

By linear correlation between the number of the whorl and the contents of elements in the needles, the vertical distribution of the elements in the crown was studied.

The usefulness of foliar analysis in assessing the nutritional conditions and requirements of Araucaria angustifolia was tested by linear correlation between the increment data (total height and current annual increment) and foliar analysis data. Linear correlation between the soil analytical data and foliar data was also made.

The following conclusions were obtained in the study area:

1. Sampling methodology in the crown
 - Some elements, especially calcium, magnesium, manganese and iron show a regular vertical distribution within the crown.
 - In the study area it seems that the edaphic conditions influence the vertical distribution of nutrient elements in crown, specially with the elements calcium, magnesium, iron and manganese.
 - It can be recommended to use the third whorl for foliar sampling, because it represented best the mean element content of the crown. Its usefulness is important in future nutritional studies.

2. Relationships between the element contents of the needles and growth increment data:
 - Due to very different physiological growth effects, caused by soil conditions of the site III (litosoils), the total height was not suited as an dependent variable factor;
 - The current annual increment determined as the mean annual increment of the last five years ($CAI_{(20-25)}$) shows a close positive correlation with the boron content of the needles. Because of this fact the microelement boron may be regarded as the actual limiting growth factor on these sites. Together with the positive correlation between boron content and $CAI_{(20-25)}$, a negative correlation was observed between

CAI (20-25) and the needles contents of Ca, Mg, Zn, and Cu. This made be due to an accumulation effect, which seems to be very clear on site III (with smallest CAI), where B was most deficient.

- When comparing results of foliar analysis from stands with different needle mass production on different sites, it is necessary to determine the content of all nutrients or adequate, in order to know definitively which element limits the growth. In this work this could be observed in the case of the microelement boron.

3. Relationships between the contet of elements in the needles and their total content in the soil:

- An unbalance seems to exist between antagonists potassium and magnesium in their absorption by the roots. A similar unbalance can be presumed between potassium and calcium but in an smaller extent.

ZUSAMMENFASSUNG

In vorliegender Arbeit wird versucht einen Beitrag zur Kenntnis der wachstumsbegrenzenden Faktoren der Baumart Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze, insbesondere bezüglich des Nährsubstrates zu erbringen. Darauf aufbauend sollen auf lange Sicht Entscheidungshilfen für die Wiederaufforstung von Araucaria angustifolia in Südbrasilien erarbeitet werden. Folgende Arbeitziele wurden aufgestellt:

1. Erarbeitung einer Methodik für die Abschätzung des Ernährungszustandes von Araucaria angustifolia, durch Korrelation von Bodenparametern, Nadel-Elementspiegelwerten und Wachstumsdaten.
2. Studium der vertikalen Verteilung der Nährelemente in der Baumkrone von Araucaria angustifolia, zur Bestimmung der entsprechenden Wirtel für die Probeentnahme bei zukünftigen Nährelementstudien.

Die Feldarbeiten wurden innerhalb des staatlichen Forstes von TRES BARRAS, Santa Catarina (Floresta Nacional de Três Barras-SC) in einem 25-jährigen, gepflanzten Araukarienbestand durchgeführt. Es wurden drei Standorte mit unterschiedlichen pedogenen Eigenschaften innerhalb einer Toposequenz ausgewählt. Die nicht pedogenen Standorts- und wachstumsfaktoren (geografische Lage, Klima, Bestandesgeschichte) waren konstant.

Auf jedem der gewählten Standorte wurden die Oberhöhen bestimmt und vier entsprechende Bäume (Wiederholung) ausgewählt. Von jedem lebenden Wirtel wurden in nördlicher Exposition getrennt Nadelproben entnommen, wobei nur Nadeln mit Alter von weniger als einem Jahr berücksichtigt wurden. An der oberen Hälfte des Schaftes eines der ausgewählten Bäume wurde die Oberhöhenentwicklung der letzten 15 Jahre bestimmt. Darüber hinaus wurden zur Bodenansprache ein Profil pro Standort in der Wurzelsphäre der analysierten Bäume gegraben und Bodenproben entnommen.

Die Nadelanalyse umfasste die Bestimmung von N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, und Al sowie zusätzlich das 100-Nadelgewicht und das Aschegewicht.

An den Bodenproben wurden Korngrößenverteilung sowie die Elemente N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, und Al im Gesamtaufschluss bestimmt.

Die vertikale Verteilung der Elemente in der Krone von Araucaria angustifolia wurde durch Regressionen zwischen dem Gehalt an Nährelementen und dem Entnahmeort der Nadeln in der Krone (Nummer des Wirtels) bestimmt.

Die nadelanalytischen Daten wurden darüber hinaus mit Wachstumsdaten (Oberhöhe und periodischem jährlichem Zuwachs der letzten fünf Jahre) korreliert, um die Brauchbarkeit der Nadelanalyse zur Bestimmung des Ernährungszustandes von Araucaria angustifolia zu überprüfen.

Bodenanalytische Daten wurden ebenfalls zu den Ergebnissen der Nadelanalyse in Beziehung gesetzt.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Zur Methodik der Probenentnahme:

- Einige Elemente, insbesondere Ca, Mg, Mn und Fe zeigen einen typischen vertikalen Gradienten in der Krone von Araucaria angustifolia.
- Pedologische Bedingungen scheinen diese vertikale Verteilung der Elemente zu beeinflussen, besonderes bei Calcium, Magnesium, Eisen und Mangan.
- Aufgrund des Gradienten in der Verteilung einiger Elemente in der Krone von Araucaria angustifolia wird der dritte Wirtel als zukünftiger Entnahmeort für Probenmaterial empfohlen, da diese Position am häufigsten mittlere Bedingungen aufweist.

2. Bezüglich der Beziehungen zwischen Nährelementkonzentration und Wachstumsdaten ergab sich folgendes Bild:

- Wegen der sich physiologisch sehr unterschiedlich auswirkenden Bodenbedingungen im Untersuchungsgebiet konnte keine Beziehung zwischen Nährelementkonzentration und der Oberhöhe gefunden werden.

- Der periodische, jährliche Zuwachs der letzten fünf Jahre zeigte dagegen eine signifikante Abhängigkeit vom Borgehalt der Nadeln. Es wird daraus geschlossen, dass zur Zeit Bor das wachstumbergrenzende Nährelement im Untersuchungsgebiet ist. Dies wird durch die Tatsache bestätigt, dass niedrigere Borspiegelwerte mit hohen Ca-, Mg-, Zn-, und Cu-Werten verknüpft sind (Anreicherungseffekt), sodass signifikant negative Beziehungen zwischen dem Zuwachs der letzten fünf Jahre und der Konzentration dieser Elemente bestehen.
 - Dieses Beispiel zeigt, dass beim Vergleich der Spiegelwerte von Nährelementen and Beständen mit unterschiedlicher Nadelmasse alle oder eine grobe Zahl von Nährelementen bestimmt werden müssen, um physiologisch sinnvolle Beziehungen zu Wachstmsdaten zu finden.
3. Zur Beziehung Nährelementgehalte in den Nadeln und im Boden:
Es scheint ein Aufnahmeantagonismus zwischen Kalium und Magnesium und in schwächerer Ausprägung auch zwischen Kalium und Calcium zu bestehen.

8. LITERATURA

- BAULE, H. & FRICKER, C. - The fertilizer treatment of forest trees München BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1970.
- DILLEWIJN, F.S. - van et al. Inventário do Pinheiro do Paraná. Curitiba, BADEP, 1966, 104 p. + mapa.
- ELSAESSER, E. - Gang der Nahrelementspiegelwerte waerend einer Vegetations periode in drei unterschiedlicher Nadeljahrgaenger. Freiburg, 1973. "Tese".
- GOLFARI, L. Coníferas aptas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. B. Técn. IBDF nº 1, 1971.
- GOOR, C. P. - van - Relação entre qualidade-crescimento na Araucaria angustifolia. B. Setor Inv. Flor., Rio de Janeiro, 9, 1965.
- GOOR, C.P. Van - et al. Crescimento Pinus elliottii - unidades ecológicas florestais e pesquisa florestal. B. Técn. Inst. Flor., São Paulo, 14 1975.
- HEINSDORF, D. - Über die Zusammenhänge des Nährstoff gehalt in Böden und Nadeln und des Wachstums von Kiefernkulturen auf Grund Wasserfernen Sanden. Arch. f. Forstw., 13, 1964. 8 p.
- HILDEBRAND, C. Manual de análise química de solo e plantas. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias da UFPr, 1976/77.
- HILDEBRAND, E. E.; BLUM, W. E. & DIETRICH, A. B. - Metodologia de amostragem e análise química das acículas da Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze. II - Influência do local de amostragem na copa. Floresta, Vol. VII nº 2, 9-15, 1976.
- HOFFMANN, G. - Zur Makro - und Mikronährstoffernährung von Fichten und Kiefernshmlingen und deren Beeinflussung durch Unterschiedliche Stickstoffversorgung. Cit. por FIEDLER, H. J., NEBE, W. & HOFFMANN, F. Forstliche Pflanzenernährung und Dühgung. Stuttgart, G. Fischer, 1973 p. 127, 129.

- HOOGH, R. J. & DIETRICH, A.B. - Estudo de avaliação de sítio em *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze, em povoamentos artificiais. Curitiba, PRODEPEF, 1976.
- _____ & AHRENS, S. - Classificação de sítio, tabelas de volume e de produção para povoamentos artificiais de *Araucaria angustifolia*, Curitiba, PRODEPEF, 1976.
- KILMER, V. J. & ALEXANDER, L. T. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Sci., 68: 15-24, 1949.
- KOHOUT, R. - Plantações de *Araucaria angustifolia* nos campos paranaenses. An. Brasil. Econ. Flor., 6: 378-82, 1953.
- LA BASTIDE, J. G. A. & GOOR, C. P. Van - Growth-site relationships in plantations of *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia* in Brazil. Plant and Soil, 32(2): 349-66, 1970.
- LASSERE, S. R.; VAIRETTI, M. & LASSERE, E. N. E. de - Crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze, em distintos tipos de suelos de Puerto Piray, Misiones. IDIA, Supl. For., 7: 36-45, 1972.
- LEYTON, L. & ARMSON, K. A. - Mineral composition of the foliage in relation to growth of Scots Pine. For. Sci., 1:210-218, 1956.
- LEMONS, R. C. de & SANTOS, R. D. dos - Manual de método de trabalho de campo, Rio de Janeiro, Sociedade de Ciência do Solo, Comissão de Método de Trabalho de Campo, 1976.
- MAACK, R. - Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, BADEP/UFP/IBPT, - 1968. 350p.
- MACHADO, S. A. - et al. Estudos das alternativas técnicas, econômicas e sociais do setor florestal do Paraná, Subprograma "matéria-prima". Curitiba, Centro de pesquisas Florestais do Setor de Ciências Agrárias, UFPr, 1974. "Convênio Sudesul-Governo do Estado-IBDF".
- MENGEL, K. - Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. 4. ed. Stuttgart, G. Fischer, 1971.
- PÉLLICO NETTO, S. - Recursos florestais do sul do Brasil, Floresta, 3(2): 68-74, 1971.

- REISSMANN, C. B.; HILDEBRAND, E.E.; BLUM, W. E. H. & BURGER, L.M. - Metodologia de amostragem e análise de acículas da Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze. I - Influência da idade das acículas. Floresta, VII nº 1, 5-12, 1976.
- SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P. Bodenkundliches Praktikum. Hamburg, Paul Parey, 1966.
- SIMÕES, J. W. - Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná, Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze. cultivado em vaso. Piracicaba, 1972. "Tese".
- SPELTZ, G. E. - Desenvolvimento da Araucaria angustifolia (Bert) O. Ktze na fazenda Monte Alegre, Curitiba, 1963. Anais. Curitiba, Federação das Indústrias do Estado do Paraná, 1965. p. 79-83.
- STREBEL, O. - Mineralstoffernährung und Wuchleistung von Fichtenbeständen (Picea abies) in Bayern. Forstw. Cbl., 79: 17-42, 1960.
- TAMM, C.O.; NILSSON, A. & WIKLANDER, G. - The optimum nutrition experiment Lisselbo. A brief description of an experiment in a young stand of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Studia Forestalia Suecia, 18, 1974.
- VLIET, C. - van der. O pinheiro brasileiro plantado de mudas com raízes cortadas. Anu. brasil. Econ. Flor., 10: 89-102, 1958.
- WEHRMANN, J. - Die Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen (Pinus sylvestris) in Bayern. Forst-Wiss. Cbl., 78: 129-149, 1959.
- WIELICZKA, Z. Campo ou mato? Anu. bras. Econ. Florestal, 6: 147-49, 1953.
- WHITE, D. P. - Variation in the nitrogen, phosphorus and potassium contents of Pine needles with season, crow position and sample treatment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18(3): 326-30, 1954.
- WILL, G. M. - et.al. Boron deficiency, the cause of dieback in pines in the Nelson district. Cit. por FIEDLER, H. J., NEBE, W. & HOFFMANN, F. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart, G. Fischer, 1973, p. 152.

ZECH, W. - Besonderheiten im Ernährungstand chlorotisches Fichten auf kalkreichen Böden. Cit. por FIEDLER, H. J., NEBE, W. & HOFFMANN, F. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart, G. Fischer, 1973. p. 77.

ZCETTL, H. W. & VELASCO, F. - Estado nutritivo e crecimiento de diversas repoblaciones del genero Pinus en España, Anal. de Edaf. y Agrobiol., Madrid, 25 (5/6): 1966.