

EMILIO TREVISAN

**Classificação e Caracterização de Horizontes Orgânicos sob
Povoamentos de *Pinus taeda* L. na Região de Ponta Grossa - PR -
1.^a Aproximação**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre.

CURITIBA
1992

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

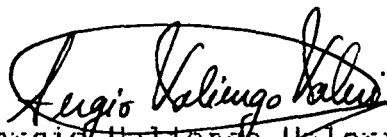
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **EMILIO TREVISAN** Sob o título "CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE HORIZONTES ORGÂNICOS SOB POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO DE PONTA GROSSA - PR. - PRIMEIRA APROXIMAÇÃO" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em **SILVICULTURA**, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, **APROVADA** ou **NÃO APROVADA**.

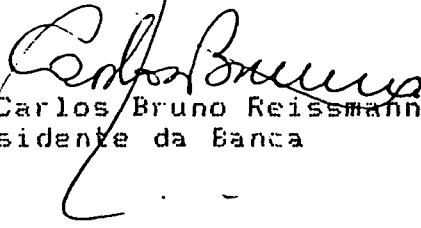
Curitiba, 30 de junho de 1992



Prof. Dr. Sergio Valiengo Valeri
Primeiro Examinador



Prof. Dr. Franklin Galvão
Segundo Examinador



Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Presidente da Banca



A

Todos aqueles que buscam novos
horizontes, orgânicos ou não,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Carlos Bruno Reissmann pela orientação na realização deste trabalho, pelo apoio, conversas, sábios conselhos e amizade.

À Professora Celina Wisniewski Koehler pela co-orientação, paciência, apoio e amizade.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro.

Aos Professores Valmiqui e Jane M. J. Costa Lima pela acolhida em seus laboratórios para a análise morfológica e pela amizade.

À Professora Beatriz M. Prevedello pelos conselhos e amizade.

Aos funcionários da biblioteca do Setor de Ciências Agrárias, em especial à bibliotecária Evelin da Silva pelo auxílio durante toda a pesquisa bibliográfica.

Aos laboratoristas Cleusa Barth e Aldair Marty Munhoz e à colega Ana Rosa Martins dos Anjos pela valiosa colaboração nas análises químicas.

Aos funcionários do Departamento de Solos pela solicitude e amizade.

À Empresa Slaviero Florestal S.A., especialmente na pessoa do Eng. Florestal João Roberto Bora, pela concessão das facilidades à execução deste trabalho.

Ao Centro Nacional de Pesquisas Florestais - CNPF -

EMBRAPA, na pessoa de Edilson Batista de Oliveira, pela análise dos dados e pela grande atenção.

Ao grande amigo Rubens Lopes de Sá pela inestimável colaboração na confecção dos gráficos e edição do texto; pela imensa solicitude durante a realização deste trabalho.

Aos queridos amigos Ricardo Dalceno, Rosane Hupfeld Born, Nilton Wawrek e Cláudia Robbi, que sempre estiveram prontos a me auxiliar em todos os momentos.

A Nilza Bonotto Trevisan, minha mãe, pelo carinho, ensinamentos e incondicional apoio sempre.

A Deus, por tornar possível este trabalho e por ter-me permitido conhecer e conviver com pessoas tão especiais.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ANEXOS	xi
RESUMO	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVOS	03
3 REVISÃO DA LITERATURA	04
3.1 MORFOLOGIA DOS HORIZONTES ORGÂNICOS	04
3.2 IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 MEIO FÍSICO.....	19
4.1.1 Localização dos povoados	19
4.1.2 Geologia	19
4.1.3 Vegetação	20
4.1.4 Clima	20
4.1.5 Classes de solo	21
4.1.6 Qualidade de sítio	21
4.2 AMOSTRAGEM	22
4.2.1 Coleta de material	22
4.2.2 Número de amostras	23
4.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA.....	24
4.4 ANÁLISE QUÍMICA	24
5 RESULTADOS.....	26
5.1 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA	26

	PÁGINA
5.1.1	Caracterização e classificação dos horizontes orgânicos da serapilheira 26
5.1.2	Peso e espessura dos horizontes orgânicos 30
5.2	CONTEÚDO NUTRICIONAL 33
5.2.1	Teores de macronutrientes 33
5.2.3	Teores de micronutrientes 33
5.3	CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS 46
6	DISCUSSÃO..... 47
6.1	MORFOLOGIA DOS HORIZONTES ORGÂNICOS 47
6.2	DISTRIBUIÇÃO DOS NUTRIENTES NOS HORIZONTES ORGÂNICOS 49
6.2.1	Comportamento de máximo de teores em LvFr ou em Fr: N e P 49
6.2.2	Comportamento de diminuição dos teores de Ln1 até Fm: Ca, Mg e Mn..... 52
6.2.3	Comportamento de enriquecimento desde Ln1 até Fm: Fe 55
6.2.4	Comportamento variado: K, Cu e Zn 56
6.2.5	Teores de nutrientes: Ln1 x Acículas verdes 58
6.2.6	Teores de nutrientes: Ln1 x Serapilheira recém-caída 60
6.3	CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS 61
6.4	QUALIDADE DE SÍTIO E ESPESSURA DE HORIZONTE ORGÂNICO 62
7	CONCLUSÕES..... 64
	SUMMARY..... 67
	ANEXO..... 68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	MÉDIA DA ESPESSURA DOS SUBORIZONTES ORGÂNICOS QUE APRESENTARAM A MESMA SEQUÊNCIA NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE	32
2	MÉDIA DO PESO DOS SUBORIZONTES ORGÂNICOS QUE APRESENTARAM A MESMA SEQUÊNCIA NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	32
3	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO N EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	36
4	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO P EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE	37
5	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO K EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	38

FIGURA		PÁGINA
6	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Ca EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	39
7	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Mg EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	40
8	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Fe EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	42
9	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Mn EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	43
10	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Cu EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	44
11	DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Zn EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	DADOS DE PRECIPITAÇÃO COLETADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE VILA VELHA, PONTA GROSSA, PR	20
2	VALORES MÉDIOS DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL DOS SUBORIZONTES NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	31
3	ESPESSURA TOTAL MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS HORIZONTES ORGÂNICOS NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE	33
4	CONTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS RA (RAÍZES AUSENTES) E RP (RAÍZES PRESENTES) NA ESPESSURA E PESO TOTAIS E VALORES MÉDIOS NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE	34
5	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	35
6	MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn NOS SÍTIOS DE BAIXA , MÉDIO ALTA PRODUTIVIDADE.....	41

7	MODELOS ESTATÍSTICOS DE MELHOR AJUSTE, COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) E DE DETERMINAÇÃO (R ²) DAS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM MELHOR CORRELAÇÃO ENTRE SI NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE	46
---	---	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.....	69
2	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.....	70
3	RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.....	71
4	VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	72
5	VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	73
6	VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.....	74

7	TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.....	75
8	TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	76
9	TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	77
10	TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	78
11	TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	79
12	TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.....	80

ANEXO	PÁGINA
13 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	81
14 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mn NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	82
15 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	83
16 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mg x Fe NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	84
17 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	85
18 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mg x Mn NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	86
19 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	87
20 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE	88
21 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	89
22 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	90
23 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	91

24	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	92
25	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mg x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	93
26	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	94
27	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	95
28	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE	96
29	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mn NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	97
30	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	98
31	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.....	99
32	ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.....	100

ANEXO	PÁGINA
33 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	101
34 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	102
35 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	103
36 ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE	104
37 TEORES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS VERDES E NO SUBORIZONTE Ln1 NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.	105
38 TEORES MÉDIOS DE MACRO E MICRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA (INVERNO DE 1986) E DO SUBORIZONTE Ln1 NO INVERNO DE 1987 NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.....	106

RESUMO

Os horizontes orgânicos sob povoamentos de *Pinus taeda* com 17 anos de idade, no município de Ponta Grossa - PR, localizados em sítios de baixa, média e alta produtividade foram estudados, sendo caracterizados morfológica e quimicamente e classificados com base em padrões internacionais. Segundo o grau de decomposição foram distintos com mais freqüência seis subhorizontes: Ln1, material recém-caído, apresentando tamanho original e elasticidade com fragmentação pequena ou nula; Ln2, material semelhante a Ln1, com acículas mais fragmentadas, desbotamento e diminuição da elasticidade; Lv, acículas apresentando achatamento, perda total de elasticidade, rompendo-se ao esforço, apresentando forte presença de hifas; LvFr, acículas apresentando 50% do comprimento original, alguma substância fina e penetração de raízes e micorrizas, horizonte de transição; Fr, fragmentos de acículas na maioria com até 5cm, e grande presença de raízes finas e micorrizas, dando coerência ao material, substância fina de 10 a 30% do volume; Fm, fragmentos de acículas apresentando na maioria 1 a 2cm de comprimento, com grande presença de raízes finas e forte coerência, com substância fina misturada ao solo mineral; Esporadicamente foram distintos os subhorizontes Lnv, material com pequena alteração do tamanho original, permeado por hifas fúngicas conferindo-lhe coerência e Lv2, com fragmentação como a de LvFr, porém sem presença de raízes. A qualidade de sítio interferiu na espessura do horizonte orgânico. A maior espessura média de horizonte orgânico encontrada foi no sítio de média produtividade com 12,8cm, seguido pelo de baixa com 9,2cm e pelo de alta, com 5,2cm. Divididos segundo seu comportamento dentro dos horizontes orgânicos, os nutrientes N e P, apresentaram enriquecimento de Ln1 até LvFr ou Fr, com diminuição de teores até Fm; Ca, Mg e Mn apresentaram diminuição constante de teores de Ln1 até Fm; Fe, apresentou enriquecimento de Ln1 até Fm; K, Cu e Zn, não apresentaram tendência definida. Nos três sítios houve boa correlação entre Fe e Mn, Fe e espessura acumulada a partir do horizonte mineral, de Fe e Ca e de Ca e Mn; nos sítios de média e alta produtividade entre Mg e Mn e de Ca com a espessura e no de alta, entre Mg e espessura acumulada.

1 INTRODUÇÃO

Os horizontes orgânicos nas florestas tropicais e subtropicais são normalmente de pequena espessura por ser a decomposição nessas condições climáticas, muito mais rápida que em regiões de clima temperado.

A introdução de espécies florestais no Brasil em grandes reflorestamentos trouxe por consequência a formação de novos ecossistemas nos quais as condições originais da fauna, da flora e do solo foram alteradas.

Tais alterações foram até hoje pouco estudadas sob o ponto de vista ecológico. Observa-se, porém, nos solos sob estes reflorestamentos, especialmente de *Pinus* spp um grande acúmulo de serapilheira cuja decomposição é bem mais lenta que a dos detritos das espécies nativas, quer seja pela natureza do material, quer seja pela ineficiência ou inespecificidade dos organismos decompositores.

Assim nesse espesso horizonte orgânico torna-se possível observar horizontes e subhorizontes orgânicos diferenciáveis entre si pelos estádios de decomposição que apresentam.

Superficialmente o material encontra-se praticamente intacto, determinando-se facilmente sua natureza. Porém quanto maior a proximidade com o horizonte mineral do solo, maior é o grau de decomposição, sendo que na área de contacto com o solo mineral, boa parte do detrito está completamente amorfa, dificultando ou até impossibilitando a determinação de sua

origem, confundindo-se inclusive com a porção mineral do solo.

Ao contrário do que ocorre em outros países, faltam no Brasil estudos que caracterizem e classifiquem os horizontes orgânicos, apesar de serem de grande importância ecológica no ciclo de nutrientes e na cadeia alimentar.

Sob o aspecto da importância nutricional, cabe lembrar a afirmativa de PRITCHETT (1979), que considera o piso florestal ("forest floor") a característica distintiva mais importante em relação aos solos agrícolas. Considerando-se os horizontes orgânicos neste sentido de piso florestal, observa-se que além de estoque de nutrientes, os mesmos encerram um grande número de informações sobre a dinâmica dos elementos. Assim, MEAD (1984), quando trata do diagnóstico de deficiências minerais, aborda também a questão do "litter", material vegetal recém-caído (correspondente ao subhorizonte Ln), como altamente promissor em estudos nutricionais, particularmente para distinguir povoamentos com diferentes graus de abastecimento com N.

Partindo-se então de povoamentos monoespecíficos em diferentes sítios, foram estabelecidos parâmetros para a identificação de horizontes orgânicos baseados nos já existentes em outras regiões do mundo, adaptando-os às condições brasileiras.

2 OBJETIVOS

- 1 Caracterizar morfológica e quimicamente os horizontes orgânicos sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa-PR.
- 2 Definir parâmetros em uma primeira aproximação que permitam uma adequação da classificação dos horizontes orgânicos, proposta por BABEL (1972), às condições edafo-climáticas brasileiras.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 MORFOLOGIA DOS HORIZONTES ORGÂNICOS

Os horizontes orgânicos desempenham importante papel ecológico na floresta. O material vegetal acumulado sobre o solo mineral garante às plantas um estoque seguro de nutrientes, os quais vão sendo liberados à medida que ocorre o processo de decomposição dos resíduos.

A importância e complexidade dos horizontes orgânicos, que a exemplo dos horizontes minerais apresentam diferenças genéticas entre si, fez com que inúmeros pesquisadores se interessassem pelo assunto a fim de entender melhor esta dinâmica do ecossistema florestal.

Vários cientistas vêm, há anos, estudando os mecanismos e os graus de decomposição dos horizontes orgânicos e a partir daí caracterizando-os e classificando-os, como se pode notar na seqüência deste capítulo.

Os termos usados na morfologia dos horizontes orgânicos e suas definições segundo HOOVER & LUNT (1952) são:

Horizonte L

Horizonte superficial da manta orgânica florestal consistindo de folhas recém-caídas, ramos, troncos, cascas e frutos. Onde a decomposição e incorporação são rápidas, este horizonte pode ser muito delgado ou ausente durante a estação de crescimento. Na nomenclatura padronizada seria o Aoo.

Horizonte F

Horizonte com material parcialmente decomposto, reconhecendo-se, porém, sua origem. Horizonte Ao1.

Horizonte H

Horizonte com material orgânico bem decomposto, não sendo possível reconhecer a origem. Horizonte Ao2.

Horizonte A1

Horizonte superficial do solo mineral contendo matéria orgânica incorporada ou infiltrada.

A morfologia dos perfis orgânicos não está apenas relacionada aos processos da dinâmica da matéria orgânica, mas à composição e crescimento da comunidade vegetal. Na investigação morfológica dos horizontes orgânicos, BABEL (1971) propõe a divisão em horizontes L, F e H conforme já havia sido proposta por HESSELMANN¹ citado por BABEL (1971, 1972), definindo os subhorizontes da seguinte forma:

Horizonte L

Restos de plantas, sem substância fina (resíduos orgânicos menores que 0,2mm e cuja origem não pode ser identificada a olho nu) em quantidade significativa (menos que 10%).

Ln: n: novus (latim): novo

Restos superficiais de plantas que não mostram diferenças com relação ao material vegetal vivo. Alguma substância fina, listras transversais negras devido a fungos.

¹ HESSELMANN, H. Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeiten vom Waldbau. Meddels. Statens Skogsforsöka.-ansat. 22, 169-552, 1926.

Lv: v: verändert (alemão): alterado

Restos superficiais de plantas sem quantidade significativa de substância fina. Pouca diferença entre este material e o vivo. Apresenta desbotamento. Grande quantidade de micélios de fungos sobre e dentro dos restos vegetais. Pouca ou média fragmentação.

Horizonte F

Resíduos vegetais com pouca ou média quantidade de substância fina. Raízes finas vivas, excrementos de animais do solo em boa forma e presença de fungos.

Fr: r: rest (alemão): restos, resíduos

Predominância de restos vegetais e pouca substância fina. Ocorre forte redução no tamanho dos resíduos, porém não imprescindível.

Fm: m: mittel (alemão): médio

Restos de plantas e substância fina na mesma proporção. Os resíduos estão sempre bem fragmentados.

Horizonte H

Substância fina orgânica com pouco ou nenhum resíduo vegetal identificável. Substância mineral ausente ou até 50% do volume (também cerca de 65% do peso).

Hr: r: rest (alemão): restos, resíduos

Substância fina orgânica predomina e determina a estrutura. Pouco resíduo vegetal, porém facilmente reconhecível.

Hf: f: Feinsubstanz (alemão): substância fina

Substância fina orgânica com pouco ou nenhum resíduo vegetal, de difícil reconhecimento quanto à natureza e origem.

Este mesmo autor (BABEL, 1972) sugeriu que para se analisar os perfis orgânicos, devem ser observados:

Dados gerais:

- a) Riqueza do horizonte: descrição do material e velocidade da decomposição.
- b) Passagem (transição) de um horizonte a outro.
- c) Cor
- d) Umidade

Dados estruturais

- a) Coerência (tradução do termo alemão "Koherenz", que significa a união e ou a aderência dos componentes do horizonte orgânico entre si): presença de agentes como algas, hifas fúngicas, etc.
- b) Espessura
- c) Estratificação ("Schichtigkeit"): formação de camadas.
- d) "Plattigkeit": a estrutura plana que resulta da ação de agentes abióticos como o aumento de volume por encharcamento e posterior retração e também pelo congelamento.

Componentes vivos

- a) Raízes
- b) Fungos

Componentes estruturais

- a) Destruição de folhas e acículas (fragmentação)
- b) Esqueleto de folhas
- c) Desbotamento dos restos foliares, variegação
- d) Restos de raízes

Dessa forma complementou seu trabalho e acrescentou uma quantificação da substância fina por horizonte e outras

modificações como segue:

O horizonte L apresenta um máximo de 10% de substância fina e o seu subhorizonte Lv demonstra modificações morfológicas claras como variegação, maior fragmentação e é unido por hifas fúngicas apresentando alta coerência.

O horizonte F apresenta restos vegetais reconhecíveis a olho nu, sendo que Fr apresenta de 10 a 30% de substância fina e Fm de 30 a 70%. Afirma também que o aparecimento de raízes se inicia sempre em F, chegando ao seu máximo em um desses subhorizontes.

O horizonte H apresenta pouco ou nenhum resto vegetal identificável com a fonte de origem, predominando substância fina na maioria das vezes. O subhorizonte Hr apresenta de 10 a 30% de restos vegetais e Hf no máximo 10%, não sendo considerados restos de raízes.

De uma forma mais simples, MILLAR (1974) descreveu os estádios de decomposição da serapilheira de uma floresta de *Pinus*, considerando-a integrante do horizonte A, subdividindo-o da seguinte forma:

AoooL

Acículas recém caídas e não decompostas.

AoooF1

Acículas acinzentadas, fragmentadas, comprimidas, mas de origem reconhecível, contendo fragmentos de hifas e fezes de animais. O mesófilo das folhas está deformado.

AoH

Forma de húmus, massa amorfa de fezes de animais, fragmentos de acículas e micróbios.

A1

Mistura íntima de húmus e solo mineral.

SCHROEDER (1979) esclareceu que a terminologia L é proveniente da palavra inglesa "litter", F significa fermentação e H, matéria orgânica humificada.

Sentindo a necessidade de unificar a terminologia utilizada até então, BABEL et alii (1980) definiram os horizontes orgânicos em solos florestais da República Federal da Alemanha da seguinte forma:

Horizonte OL

Forte predominância de restos de plantas. A substância fina ocupa em regra menos que 10% do total de matéria orgânica.

Horizonte OF

Junto dos restos de plantas, clara evidência de substância fina orgânica e restos vegetais (com restos de raízes e raízes vivas).

Horizonte OH

Forte predominância de substância fina. Em regra 70% do volume da soma de substância fina orgânica e restos vegetais. Porém em casos especiais pode ser pouco acima de 50%.

As designações L, F e H são utilizadas como sinônimos para OL, OF e OH respectivamente.

Os horizontes de um perfil podem freqüentemente ser subdivididos em subhorizontes, resultantes dos diferentes graus de decomposição, segundo características de textura e estrutura conforme sugerido por BABEL (1972) tais como Fr, Fm, etc. Se junto do total de substância fina outros critérios forem adotados poderão ser subdivididos por índices como F1, F2, etc.

WILLIAMS e GRAY (1974) e MASON (1980) afirmam que a velocidade de decomposição está diretamente ligada à temperatura, umidade, aeração da serapilheira e ao seu conteúdo

químico e estrutural.

Segundo TOUTAIN (1981) as condições do meio, em particular as características químicas da rocha matriz, e as condições climáticas desempenham um papel importante na elaboração de tipo de húmus e na sua dinâmica, cujo estudo exige o conhecimento das características morfológicas, químicas e bioquímicas do material vegetal inicial, que cai sobre o solo. Da mesma forma deve-se conhecer a ação específica dos organismos (bactérias, fungos, fauna do solo) que intervêm nestas transformações e o papel da fração mineral que recebe esta matéria orgânica mais ou menos transformada.

Os estudos da morfologia de perfis orgânicos em povoamentos de *Picea abies* Karst no sudoeste da Alemanha (BABEL, 1981) com perturbações no crescimento mostram como caracteres marcantes, uma concentração elevada de micélios de fungos e de raízes finas vivas e mortas. O primeiro interpretado como indicador de ressecamento e o segundo devido a uma elevada produção de raízes finas. O ressecamento periódico do horizonte orgânico por causa do clima, conduz a uma alternância de morte e formação de raízes, pelo que o crescimento das árvores é fortemente afetado, pois durante os períodos de seca faltam água e nutrientes e após essa fase, o que faltam são as raízes. Progressivamente, porém, a composição dos organismos do solo muda. O solo mineral se enriquece em húmus e o crescimento das árvores melhora.

VAVOULIDOU-THEODOROU (1981) constatou o mesmo que BABEL (1981) quanto à dinâmica de raízes em povoamentos de *Picea abies* no sudoeste da Alemanha com distúrbios no crescimento. Acrescentou ainda que esta contínua produção e morte de raízes gera um gasto desnecessário de assimilados afetando o

crescimento das árvores.

WOOLDRIDGE (1968) constatou em povoamentos mixtos de coníferas e outros de *Pinus ponderosa* Laws. sobre diversos solos, que o horizonte orgânico ou manta orgânica mais espessa foi encontrada sob *Pinus ponderosa* em solo derivado de basalto com 5,9 cm, tendo sido o máximo de espessura no horizonte L (3,5 cm) e o mínimo no horizonte H (0,6 cm). Os horizontes F variaram muito, não demonstrando constância. Já o povoamento mixto de coníferas em solo derivado de basalto teve a menor espessura em L (2,0 cm) e a maior em H (1,7 cm).

REISSMANN et alii (1982) estudando horizontes orgânicos sob povoamentos de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze separaram-nos como segue:

Ln

Material solto, inalterado morfológicamente sobre o solo.

Lv1

Resíduos de galhos e folhas já apresentam alguma alteração morfológica como fragmentação, manchas variegadas, coalescência por hifas e presença de material fino.

Lv2

Ocorrem os mesmos fatores que em Lv1, mas em maior grau.

REISSMANN (1983) observando a serapilheira sob povoamento de *Pinus elliottii* Eng. constatou uma espessura de 12 cm e subdividiu-a em cinco horizontes orgânicos. O autor propôs a partir dessas observações a seguinte classificação baseando-se em BABEL (1972):

Horizonte Ln1

Espessura de 2,2 cm. Acículas soltas, arranjadas

frouxamente e apresentando boa rigidez e tamanho original (22 cm), sem fragmentação e sem rompimento do fascículo. Peso de matéria seca de 268 g/m² e cor 7,5R(7/8).

Horizonte Ln2

Espessura de 2,8 cm. Acículas com já certo grau de achatamento individual e compressão entre si. Ainda não há fragmentação, porém pode-se observar algum rompimento de fascículos e sensível perda da rigidez inicial. Peso de matéria seca de 306 g/m² e cor 5YR(4/4).

Horizonte Lv1

Espessura de 1,0 cm. O material já se acha bastante comprimido. Há perda total da rigidez inicial das acículas. Observam-se fragmentos de 5,0 cm, mas a grande maioria ainda são acículas inteiras. Peso de matéria seca de 370 g/m² e cor 5YR(4/4). Notória variegação, com núcleos de acículas desbotadas de 2,5YR(8/6) e fortemente agregadas por hifas.

Horizonte Lv2

Espessura de 2,0 cm, sendo a passagem para este horizonte bastante abrupta. Notória presença de raízes (6% peso seco), que juntamente com as hifas, agregam fortemente as acículas. Fragmentos de 2 a 5 cm compõem a maior parte do material. Peso de matéria seca de 474 g/m² e cor 5YR(3/4).

Horizonte Fr

Espessura de 4,0 cm. A maior parte deste material se acha fragmentada em frações de 1 a 2 cm, fortemente agregada por grande número de raízes finas (16% do peso seco). Este horizonte representa o limite com o solo mineral. É notória a presença de substância fina (10% do peso seco). Peso de matéria seca de

2.058 g/m² e cor 5YR(3/2).

3.2 IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL

O horizonte orgânico atua como reservatório de nutrientes, porém com diferentes capacidades para diferentes nutrientes (VAN LEAR e GOEBEL, 1976), o que pode ser comprovado em vários trabalhos, citados neste capítulo. BOCOCK (1963) trabalhando com decomposição com folhas de *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. em sacos de tela encontrou aumento dos teores de N diretamente proporcional ao grau de decomposição, o que atribuiu à precipitação atmosférica e à entrada de material vegetal proveniente da copa por ataque de insetos. Também afirmou que nem a fauna do solo, nem a microflora foram fontes importantes de N naquele ecossistema.

WOOLDRIDGE (1968) estudando povoamentos de *Pinus ponderosa* e mixtos de coníferas sobre solos derivados de basalto e outros, analisou quimicamente os horizontes orgânicos, constatando praticamente o mesmo comportamento dos elementos químicos em todos os sítios. Os resultados expressos em médias para os horizontes L, F e H foram respectivamente para o Ntotal 0,82%, 1,05% e 0,57% , para P trocável 111, 83 e 75 ppm, para o K trocável 2,48, 1,90 e 1,46 meq/100 e para o K total 4,54, 7,66 e 1,87 meq/100. Já o comportamento do P total nos povoamentos em solos derivados de basalto foi 1144, 1278 e 1192ppm para os horizontes L, F e H respectivamente. Nos outros solos foi 1122, 1085 e 638 ppm, decaindo drasticamente no horizonte H.

REMEZOV et al (1969) estudando povoamento de abetos e outro de bétulas na Rússia diferenciou os horizontes orgânicos em L, F e H. Observou que houve não apenas mineralização do material vegetal, mas também síntese de substâncias húmicas, que

contém grandes quantidades de C. Isto se tornou claro pela observação do aumento dos teores de N quanto maior o grau de decomposição do material. O elemento Fe também apresentou esse comportamento, ocorrendo o contrário com o Ca, Mg, K e P, o que foi atribuído à eluviação.

GOSZ et alii (1973) estudaram a decomposição foliar de *Acer saccharum* Marsh., *Fagus grandifolia* Ehrh. e *Betula allegheniensis* Britt. durante doze meses em New Hampshire, EUA, encontrando acúmulo de N, P, Fe e Cu à medida que ocorria a decomposição nas três espécies, ocorrendo o oposto com o K, que apresentou perda acentuada no primeiro mês e somente no final algum aumento nos teores. Os elementos Mg, Ca, Zn e Mn apresentaram comportamento instável variando com a espécie, sendo ora de acréscimo, ora de perda e por outras vezes indefinido.

VAN LEAR e GOEBEL (1976) estudando as acículas dos horizontes orgânicos sob povoamentos de *Pinus taeda* com aproximadamente quinze anos em South Carolina Piedmont, EUA, separaram-nos em L e F, encontrando acúmulo de N e P no horizonte F (mais decomposto), o que foi atribuído, aparentemente, às lentas taxas de mineralização e à rápida imobilização por microorganismos, principalmente fungos. O contrário ocorreu para o Ca e Mg. O K apresentou pequeno acréscimo não significativo em F. O comportamento de não acúmulo dos três elementos foi explicado pelo fato de serem mais facilmente lixiviados para dentro do solo à medida que ocorre a decomposição.

ROCHA FILHO et alii (1978) estudando ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* em São Paulo encontraram os seguintes teores de nutrientes em acículas

velhas, manta superior e inferior respectivamente para o N, 0,81, 0,58 e 0,91%, para o P, 0,05, 0,03 e 0,04%, para o K, 0,42, 0,08 e 0,09%, para o Ca, 0,57, 0,68 e 0,56% e de 0,13, 0,11 e 0,09% para o Mg. Os de Fe foram 250, 996 e 1998ppm, os de Mn, 426, 803 e 771ppm, os de Cu, 5, 5 e 7ppm e os de Zn, 20, 23 e 38ppm.

EDMONDS (1980) estudando durante dois anos a decomposição de folhas de *Abies amabilis* (Dougl.) Forb. em sacos de tela em Washington, EUA, encontrou tendência de aumento nos teores de N e atribuiu o fato a agentes externos, da mesma forma que BOCOCK (1963), e também à imobilização por fungos, afirmando que os corpos de frutificação de basidiomicetos nesse ecossistema possuíam altas concentrações de N (VOGT e EDMONDS, 1980). O elemento P apresentou esta mesma tendência, o que também foi atribuído à imobilização por fungos. O elemento K apresentou instabilidade no comportamento. O autor considerou-o como o elemento mais móvel e mais facilmente liberado no ecossistema. O Ca ao final do experimento apresentou pouco mais que a metade dos teores iniciais, não tendo sido imobilizado por fungos. O Mg apresentou queda na primeira metade do experimento, tendendo em seguida a aumentar os teores, ocorrendo o mesmo com o Mn. Na continuação do experimento, após seis anos de seu início, EDMONDS (1984) encontrou aumento de teores de N e P com diminuição deste último elemento ao final do experimento. Já Ca e K apresentaram tendências de diminuição dos teores. O Mg após queda no início do experimento variou entre 416 e 516 ppm e o Mn não apresentou uma tendência definida.

REISSMANN (1981) estudou povoamentos de *Pinus taeda* com 8 anos de idade em várias classes de sítio, analisando quimicamente acículas verdes (com seis meses de idade) e

horizontes orgânicos, separando-os em L e F, porém correspondendo a L1 e L2 segundo a terminologia de BABEL et alii (1980). O autor afirmou que houve translocação de N e P nas acículas verdes antes da senescência, causando então diminuição dos teores em L, ocorrendo porém enriquecimento em F, pela ação de microorganismos. Os teores de K em L e F são menores que 1/10 daqueles das acículas verdes devido ao elemento possuir alta mobilidade e ser facilmente lixiviável. O Mg apresentou maiores teores nas acículas verdes diminuindo em L e mais ainda em F, o que foi atribuído mais à lixiviação do que à translocação. O Ca apresentou teores menores nas acículas verdes e acúmulo em L e F havendo, porém, pouca diferença entre os dois. Os teores dos micronutrientes Fe e Mn foram menores nas acículas verdes havendo enriquecimento em L e F para o primeiro e enriquecimento para o segundo, porém diminuindo em F, o que reflete mobilização. Os teores de Zn em L e F caíram à metade das acículas verdes, o que foi atribuído à lixiviação e à formação de complexos orgânicos solúveis nos horizontes orgânicos. Para o Cu houve pouca diferença entre os teores nas acículas verdes e horizonte L, porém aumento nos teores em F, provavelmente pela formação de complexos orgânicos estáveis de Cu.

REISSMANN et alii (1982) analisou quimicamente as folhas verdes e os horizontes orgânicos Ln, Lv1 e Lv2 de um povoamento de *Araucaria angustifolia* e encontrou os teores de 1,70, 0,86, 0,87 e 1,20% de N respectivamente, mostrando a mobilidade do elemento na planta e seu acúmulo nos horizontes orgânicos, quanto maior seu grau de decomposição. Semelhante foi o comportamento do P (0,16, 0,05, 0,05 e 0,06ppm) sem ocorrer porém o enriquecimento relativo. Os teores de K foram 1,50, 0,23, 0,09 e 0,07%, demonstrando alta lixiviação, e os do Ca

foram 0,72, 1,11, 1,00 e 1,24 %, indicando imobilidade na planta e efeito acumulativo nos horizontes orgânicos, quanto mais decompostos.

O mesmo autor (REISSMANN, 1983) estudou os horizontes orgânicos em povoamento de *Pinus elliottii* diferenciando-os em Ln1, Ln2, Lv1, Lv2 e Fr. Constatou que a relação C:N caiu à metade de Ln1 para Fr, enquanto os teores de P e K passaram gradativamente de 167 e 433 ppm em Ln1 para 487 e 1367 ppm em Fr respectivamente.

Segundo BRADY (1983) em solos onde há uma incorporação de resíduos orgânicos com elevada relação C:N (50:1) em condições que favoreçam uma vigorosa digestão ocorre rápida modificação, pois a flora heterotrófica, torna-se ativa produzindo CO₂ em grandes quantidades. Assim o nitrogênio sob forma de nitrato desaparece praticamente do solo em face da demanda microbiana por este elemento para manufactura dos tecidos. Durante certo tempo ocorre pouca ou nenhuma disponibilidade de N assimilável para os vegetais superiores. A medida que ocorre a decomposição diminui a relação C:N do material, uma vez que o carbono está se perdendo e o nitrogênio está sendo conservado. Esta situação persiste até que as atividades dos organismos de decomposição cessem gradualmente pela falta de carbono facilmente oxidável. Os seus números decrescem, diminui a formação de CO₂, o N deixa de ser escasso e há o prosseguimento da nitrificação. Os nitratos reaparecem, e prevalecem novamente as condições originais, exceto no período seguinte, ficando o solo um pouco mais rico, tanto em N como em húmus.

BOCKHEIM e LEIDE (1985) estudaram durante doze meses a decomposição de material vegetal sob povoamentos de *Pinus resinosa* Ait. em Wisconsin, EUA, utilizando o método de sacos de

tela. Notaram que houve imobilização de N e P, com pequena liberação dos elementos no final dos períodos. O elemento K apresentou diminuição dos teores no decorrer do experimento, o que foi atribuído ao fato do elemento não fazer parte estrutural dos tecidos vegetais sendo facilmente lixiviado. Já o Ca apresentou acúmulo durante toda a pesquisa e o Mg apresentou tendência de acúmulo até três meses e a partir daí, liberação. Os micronutrientes Zn e Cu não apresentaram uma tendência definida, com altos e baixos durante o ano todo. O Mn apresentou um acúmulo no início e a partir daí liberação.

GHOLZ et alii (1985) estudando a ciclagem dos nutrientes em povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* constataram redistribuição desprezível de N, P e K até o fechamento das copas, com grande aumento a partir de então. Afirmaram também que ocorre grande lixiviação de K, Ca e Mg da copa.

VALERI (1988) estudando os horizontes orgânicos sob povoamento de *Pinus taeda* em sítio de boa qualidade, encontrou os subhorizontes Ln, Lv e F, observando aumento nos teores quanto maior o grau de decomposição de N, P, Fe e Zn. O oposto se deu com os elementos Ca, Mg e Mn. Já os nutrientes K e Cu não apresentaram uma tendência definida.

BOCKHEIM et alii (1991) utilizaram a mesma metodologia para estudar a dinâmica de nutrientes em *Pinus banksiana* Lamb.. Observaram que os teores de N, P, Ca, Zn e Fe apresentaram tendência de aumento ocorrendo o oposto com o K. O Mg apresentou pequena diminuição. Os teores de Mn diminuíram até seis meses aumentando a partir de então. O Cu apresentou teores variados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MEIO FÍSICO

4.1.1 Localização dos povoamentos

Os povoamentos onde foram coletadas as amostras localizam-se na fazenda Cambiju, pertencente à empresa Slaviero Florestal S.A., no município de Ponta Grossa-PR.

Ponta Grossa situa-se a 50°00'W de longitude e a 25°09'S de latitude, a 868 m de altitude. A topografia do terreno é predominantemente ondulada a forte ondulada.

4.1.2 Geologia

Os solos onde se localizam os povoamentos foram desenvolvidos sobre materiais do Devoniano e do Quaternário (EMBRAPA, 1984), predominando as seguintes formações:

- a) Formação Furnas: constitui a formação basal do grupo Campos Gerais, sendo arenitos de textura muito variável, localmente conglomeráticos e com intercalações siltico-argilosos.
- b) Formação Ponta Grossa: constituída por folhelhos cinza fossilíferos, finamente laminados, micáceos localmente betuminosos, com intercalações muito pouco expressivas de camadas de siltitos e arenitos.
- c) Sedimentos arenosos do Quaternário.

4.1.3 Vegetação

Na área de estudos predomina a "estepe gramíneo-lenhosa" (VELLOSO et alii, 1991), caracterizada por campos, ocorrendo nas florestas de galeria *Araucaria angustifolia*.

4.1.4 Clima

Segundo a carta climatológica do Estado do Paraná (GODOY et alii, 1976), o local de estudo está sob o clima Cfb da classificação de Koeppen, que se caracteriza por ser um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca com verões frescos e com média do mês mais quente inferior a 22°C. As geadas são severas e freqüentes. Quanto à precipitação pluviométrica, há uma distribuição regular durante o ano sendo a média anual de 1.402 mm.

Na tabela 1 constam os dados de precipitação dos anos de 1986 e 1987, durante as quatro estações.

TABELA 1 : DADOS DE PRECIPITAÇÃO COLETADOS NA ESTAÇÃO METEOROLOGICA DE VILA VELHA, PONTA GROSSA, PR.

Estação	Precipitação em mm	
	1986	1987
Primavera	223,4	581,0
Verão	435,8	360,4
Outono	381,9	466,7
Inverno	217,3	326,7
Total	1258,4	1734,8

4.1.5 Classes de solo

O experimento foi realizado em três sítios diferentes cada um apresentando uma classe de solo, descrito por SANTOS FILHO (SANTOS FILHO et al, 1990) segundo o sistema brasileiro de classificação de solos como:

- a) Solo Litólico Tb Álico com horizonte A moderado textura arenosa fase campo subtropical relevo ondulado substrato arenito (sítio de baixa produtividade).
- b) Cambissolo Tb Álico com horizonte A proeminente textura argilosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato folhelho argiloso (sítio de média produtividade).
- c) Terra Bruna Estruturada Similar Latossólica Álico com horizonte A proeminente textura média fase floresta subtropical perenifólia relevo plano (sítio de alta produtividade).

As análises de solo se encontram nos anexos 1, 2 e 3.

4.1.6 Qualidade de sítio

A caracterização e delimitação de cada sítio foi feita por QUINTEROS (1987) com base em:

- a) características do solo (análises química e física);
- b) posição no relevo e altura dominante das árvores aos quinze anos.

Estabeleceu-se uma área experimental de 40 x 40 m para cada sítio como segue:

a) Sítio de Baixa Produtividade:

Altura Dominante aos 15 anos: 15,67m

DAP Médio aos 15 anos: 24,8cm

Classe de solo: Litólico

Profundidade: 20 cm

b) Sítio de Média Produtividade:

Altura Dominante aos 15 anos: 17,93m

DAP Médio aos 15 anos: 29,6cm

Classe de solo: Cambissolo

Profundidade: 1m

c) Sítio de Alta Produtividade:

Altura Dominante aos 15 anos: 23,25m

DAP Médio aos 15 anos: 39,5cm

Classe de solo: Terra Bruna Estruturada

Similar Latossólica.

Profundidade: 1,50 m

A serapilheira produzida em cada sítio foi determinada por WISNIEWSKY KOEHLER (1989) nos povoamentos aos 16 anos de idade e foi de 6,4, 8,4 e 9,0ton/ha, respectivamente nos sítios de baixa, média e alta produtividade.

4.2 AMOSTRAGEM

4.2.1 Coleta do material

A coleta de amostras foi feita em plantios de 17 anos de idade, em julho de 1987, ao longo de dois transectos na parte central da parcela e entre fileiras. Em cada um foram coletados

5 amostras de 15 x 15 cm para o sítio bom e de 20 x 20 cm para os demais sítios, distanciadas entre si de aproximadamente 5 m. A alteração do tamanho das amostras foi feita para aumentar a quantidade de material necessária para a análise química. Para a retirada das mesmas foi utilizada uma chapa de metal como molde nas dimensões citadas e depois o material era cortado com o auxílio de um facão. O material ao redor da amostra era então removido, a fim de isolá-la, sendo retirada cuidadosamente, acondicionada em papel alumínio e transportada para o laboratório, sendo conservadas em geladeira até a separação em subhorizontes.

4.2.2 Número de amostras

O número de amostras foi calculado segundo procedimento descrito por Stein (STEEL e TORRIE, 1960) usando-se como dados as diferentes espessuras dos perfis orgânicos.

A fórmula utilizada foi:

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{d^2}$$

onde:

n = número de amostras

t = valor tabelado

s² = variância

d = metade do intervalo de confiança

Em cada sítio foram medidas as espessuras dos perfis orgânicos em 50 pontos aleatórios, obtendo-se assim o número de amostras para cada sítio.

4.3 ANÁLISE MORFOLÓGICA

A separação do perfil orgânico em subhorizontes foi feita sobre uma mesa medindo-se a espessura em vários pontos obtendo-se assim um valor médio. Seguiu-se então a separação do material que apresentasse visualmente o mesmo aspecto. Constatando-se alterações que indicassem novo subhorizonte, tornava-se a medir a espessura e prosseguia-se o trabalho. Foram anotadas as características tais como variegação, resistência, achatamento e fragmentação, além da presença e aspecto de estróbilos, cones, fragmentos de casca e de ramos, bem como a de hifas fúngicas, substância fina e micorrizas. As raízes finas não foram retiradas por terem sido consideradas integrantes do horizonte.

O material foi seco a 60°C até peso constante determinando-se o peso seco. O armazenamento após a secagem foi feito em sacos de papel.

A cor foi determinada "in natura" utilizando-se a carta de Munsell (MUNSELL COLOR COMPANY, 1946).

4.4 ANÁLISE QUÍMICA

Dentre os perfis analisados morfológicamente foram selecionados aqueles com a mesma seqüência de subhorizontes e sorteados três para cada sítio, para realização das análises químicas.

O material previamente seco foi triturado a pó. A metodologia seguida foi descrita por HILDEBRAND (1976), para as análises de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn.

Para a quantificação dos elementos acima, foram aplicadas as seguintes metodologias:

Nitrogênio: pelo método Kjeldahl e destilação em aparelho

de Büchi.

A digestão para determinação dos teores dos demais elementos foi com HCl 10% (FINK, 1969).

Fósforo: pelo método colorimétrico com vanadato-molibdato de amônio - cor amarela e leitura com espectrofotômetro UV/VIS-554 P.E.

Potássio: através da emissão de chama em espectrofotômetro de absorção atômica - 2380 P.E.

Cálcio, Magnésio, Ferro, Manganês, Cobre e Zinco: por espectrofotometria de absorção atômica - 2380 P.E.

5 RESULTADOS

5.1 DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

5.1.1 Caracterização e classificação dos horizontes orgânicos

Os subhorizontes foram classificados baseando-se na proposta de BABEL (1972) e BABEL et alii (1980). Segue abaixo a classificação dos subhorizontes e suas características que tomam como ponto de referência o material recém-caído (Ln1).

Ln1

Material solto, recém-caído, apresentando acículas de tamanho original (de 11 a 18 cm), sem avarias mecânicas, elásticas, não se quebrando ao se formar um arco, quando se une o ápice à base da acícula, com fascículos em bom estado, ressequidas e pungentes ao tato. Pouquíssima presença de substância fina (<10%) ou ausente. Cor 7,5 YR com croma e valor variando de 5/6, 6/4, 6/6, 7/4 a 7/6.

Ln2

Material solto, apresentando pouquíssima fragmentação, menor brilho e alguma variegação. Presença visível de fungos na região ventral das acículas. Ocorre alguma perda de elasticidade, notando-se que embora todas formem um arco, 20 a 30% delas se quebravam logo após terem sido submetidas ao esforço. Acículas ressequidas e pungentes ao tato. Pouquíssima presença de substância fina (<10%). Cor 7,5 YR com croma e valor variando de 5/4, 5/6, 6/4, 6/6 a 7/6.

Lnv

Material com pouca fragmentação, semelhante a Ln2, porém praticamente todas as acículas ao se tentar formar um arco se quebravam instantaneamente ou logo após iniciado o esforço. O material apresentou coerência, devido a hifas fúngicas, que uniam os componentes deste suborizonte, conferindo-lhe uma estrutura laminar, o que permitia retirá-lo do perfil como um todo. Esse aspecto é característico de Lv, não foi, porém possível chamá-lo como tal, pois sua pequena fragmentação é característica de Ln. Acículas ressequidas e pungentes ao tato. Pouca presença de substância fina (<10%). Cor 7,5 YR com croma e valor variando de 5/4, 5/6, 6/4, 6/6 a 7/6.

Lv ou Lv1

Acículas apresentavam achatamento e perda de elasticidade. Nenhuma formava um arco, com quebra imediata. As acículas estavam quebradas, porém com fragmentos ainda unidos, apresentando em boa parte comprimento original. Grande presença de hifas, unindo as acículas de um mesmo fascículo entre si, e também de diferentes fascículos, conferindo ao material grande coerência (não obrigatória) dando ao material, estrutura laminar que se desfazia ao esforço exercido pela ponta dos dedos. Facilmente retirável do perfil orgânico como um todo. Sua identificação, quando não ocorria estrutura laminar era a abrupta diferenciação na integridade das acículas que se mostravam trincadas e fragmentadas, além de coloração mais escura. Quanto ao tato eram de pungentes a macias. Pequena presença de substância fina (<10%). Cor 7,5YR(5/4) com algumas amostras apresentando croma e valor de 4/4 e 6/4.

Lv2

Este subhorizonte foi constatado apenas uma vez. As acículas apresentaram aproximadamente 2/3 do tamanho inicial. Não ocorreu formação de estrutura laminar. O material se apresentou mais achatado que Lv e com grande quantidade de hifas. Material de macio a pungente ao tato. Cor 7,5 YR(6/4).

LvFr

Subhorizonte de transição. É considerado Lv por possuir fragmentos grandes, de aproximadamente metade do comprimento inicial, além de boa presença de substância fina (em torno de 10%). Ao mesmo tempo apresentou características de F, como a presença, às vezes pequena, de raízes finas vivas e micorrizas. Possui grande presença de hifas conferindo boa coerência ao material, juntamente com as raízes finas. Algumas vezes está fortemente ligado ao subhorizonte inferior, quando então devia ser retirado pouco a pouco até se chegar ao Fr, que é bem compacto. Ocorreu também que as partes superior e inferior mostrava uma variação no comprimento dos fragmentos de acículas, sendo no primeiro caso, semelhante a Lv e no segundo a Fr, o que caracteriza a transição. Há presença de estróbilos masculinos em boa quantidade, normalmente com escamas faltando, indicando serem do final do inverno ou início da primavera do ano anterior. Tal característica só ocorre quando o material é coletado no meio do inverno, indicando o carácter sazonal da deposição. A coloração dos fragmentos de acículas foi 7,5YR(5/4), algumas vezes variando em croma e valor (4/4 e 6/4).

Fr

Presença abundante de hifas fúngicas e raízes finas, conferindo forte coerência ao subhorizonte, dificultando a

separação. A maior parte dos fragmentos de acículas apresentou comprimento entre 3 e 5cm, aproximadamente 1/3 do comprimento inicial das mesmas. Material macio ao tato. Apresentava grande quantidade de sementes, na maioria ocas ou secas. Estróbilos masculinos com escamas faltantes ou então já fragmentados.

Principalmente no sítio de alta produtividade, onde a espessura dos subhorizontes Fr e Fm era menor, ocorria a ação de minhocas com deposição de coprólitos. Algumas vezes apresentava depósitos de grânulos de material orgânico de formas arredondadas, muito provavelmente excrementos de insetos. A coloração das acículas era de 7,5 YR com croma e valor mais freqüentes iguais a 4/4 e 5/4, algumas vezes 4/2 e 5/2. As raízes finas, apresentaram cor 10R, com valor e croma variando entre 3/4, 3/6, 4/4 e 4/6. Uma amostra apresentou acículas com coloração 5R(3/4) e outras duas, raízes com 2,5 YR(3/6 e 4/6). Foi notável a presença de substância fina, porém de difícil quantificação.

Fm

Fragmentos de acículas variando, na grande maioria, de 1 a 3cm de comprimento. Grande quantidade de raízes finas e hifas fúngicas dando ao material forte coerência. Raízes grossas ocasionalmente presentes de 0,2 a 1,0 cm de diâmetro ou mais. Fragmentos pequenos de estróbilos masculinos, de difícil visualização. Algumas vezes apresentou depósitos de grânulos de material orgânico como em Fr. Apresentava contaminação por material mineral, uma vez que se encontrava em contacto com o horizonte mineral. Além disso ocorria, em muitos casos, deposição de coprólitos de minhocas. Estes fatores aumentavam o peso do subhorizonte. Quantificação da substância fina bastante

difícil, por causa da contaminação com o horizonte mineral, principalmente no sítio bom. Nos outros sítios, onde foi mais fácil a determinação, foi constatado um volume de 30% do total de resíduos orgânicos depositados. A cor mais constante para as acículas foi 7,5YR(4/4), variando em alguns casos em croma e valor 4/2, 5/4 e 6/6. As raízes finas apresentaram, na maioria das vezes, 10R(3/4), com croma e valor variável de 3/2 a 3/6. Duas amostras apresentaram 2,5 YR(3/2 e 3/4).

A seqüência mais encontrada foi Ln1, Ln2, Lv, LvFr, Fr e Fm.

5.1.2 Peso e espessura dos horizontes orgânicos.

Os valores de espessura e peso dos subhorizontes de cada amostra por sítio, bem como espessura acumulada a partir do solo mineral encontram-se nos anexos 4, 5 e 6. A tabela 2 e as figuras 1 e 2 apresentam os valores médios de espessura e peso das amostras e da espessura acumulada por subhorizonte na seqüência mais freqüente (Ln1, Ln2, Lv, LvFr, Fr e Fm) nos três sítios, representando os horizontes orgânicos modais.

A tabela 3 mostra a espessura total média em cm dos horizontes orgânicos em cada sítio e seus desvios padrões.

Agrupando-se os subhorizontes segundo a presença ou ausência de raízes, temos:

Raízes Ausentes (RA): Ln1, Ln2 e Lv

Raízes Presentes (RP): LvFr, Fr e Fm

A tabela 4 mostra a contribuição desses grupos em % em cada amostra em espessura e peso e os valores médios por sítio.

TABELA 2. VALORES MÉDIOS DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL DOS SUBORIZONTES NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Baixa Produtividade	Esp. (cm)	Peso (g)	Esp. Acum. (cm)
Ln1	1.1 ±(0.24)	13.76 ±(2.52)	9.1 ±(1.91)
Ln2	0.6 ±(0.24)	10.93 ±(4.21)	8.0 ±(1.94)
Lv	0.6 ±(0.27)	13.00 ±(2.21)	7.4 ±(1.86)
LvFr	0.9 ±(0.94)	31.40 ±(32.09)	6.8 ±(1.70)
Fr	2.6 ±(0.79)	83.65 ±(42.16)	5.9 ±(1.79)
Fm	3.3 ±(1.22)	104.71 ±(47.8)	3.3 ±(1.22)

Média Produtividade	Esp. (cm)	Peso (g)	Esp. Acum. (cm)
Ln1	1.1 ±(0.48)	15.02 ±(6.51)	13.0 ±(2.77)
Ln2	0.7 ±(0.26)	11.03 ±(2.58)	11.9 ±(2.52)
Lv	0.9 ±(0.27)	20.01 ±(9.74)	11.2 ±(2.66)
LvFr	0.9 ±(0.5)	21.08 ±(7.58)	10.3 ±(2.69)
Fr	4.3 ±(1.22)	132.33 ±(36.56)	9.4 ±(2.59)
Fm	5.1 ±(1.55)	136.15 ±(48.31)	5.1 ±(1.55)

Alta Produtividade	Esp. (cm)	Peso (g)	Esp. Acum. (cm)
Ln1	0.6 ±(0.29)	5.75 ±(2.57)	5.1 ±(1.25)
Ln2	0.5 ±(0.08)	5.46 ±(1.46)	4.5 ±(1.05)
Lv	0.7 ±(0.21)	8.27 ±(2.81)	4.0 ±(1.02)
LvFr	0.7 ±(0.23)	10.89 ±(4.34)	3.3 ±(0.91)
Fr	1.2 ±(0.56)	19.52 ±(8.08)	2.6 ±(0.83)
Fm	1.4 ±(0.40)	47.53 ±(13.71)	1.4 ±(0.4)

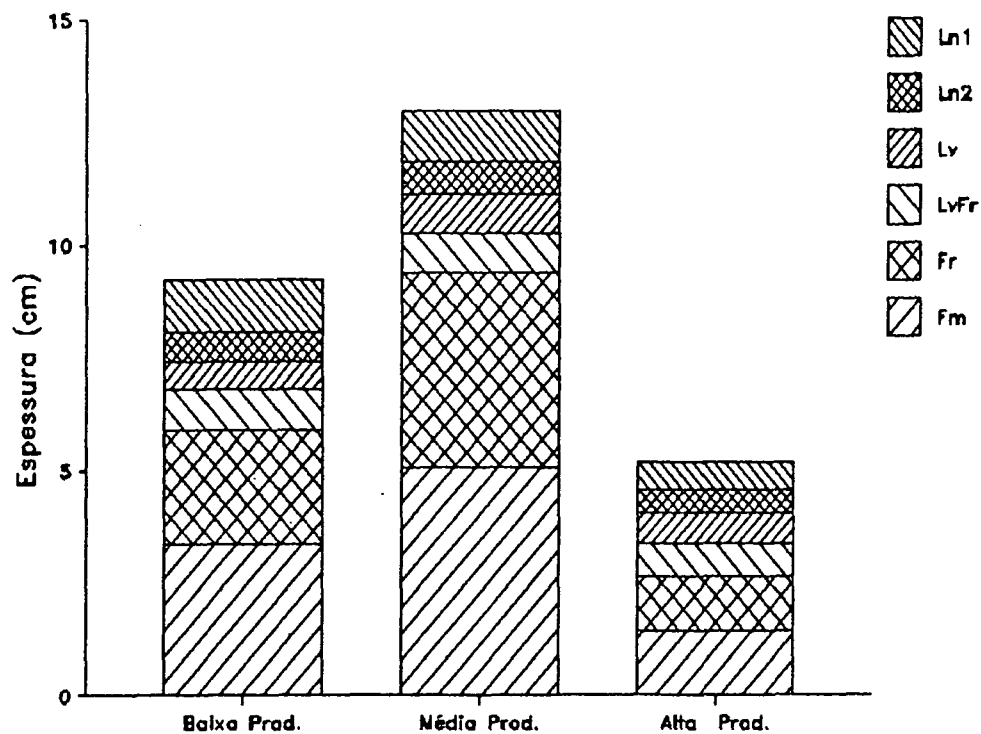


FIGURA 1. MÉDIA DA ESPESSURA DOS SUBORIZONTES ORGÂNICOS QUE APRESENTARAM A MESMA SEQUÊNCIA NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

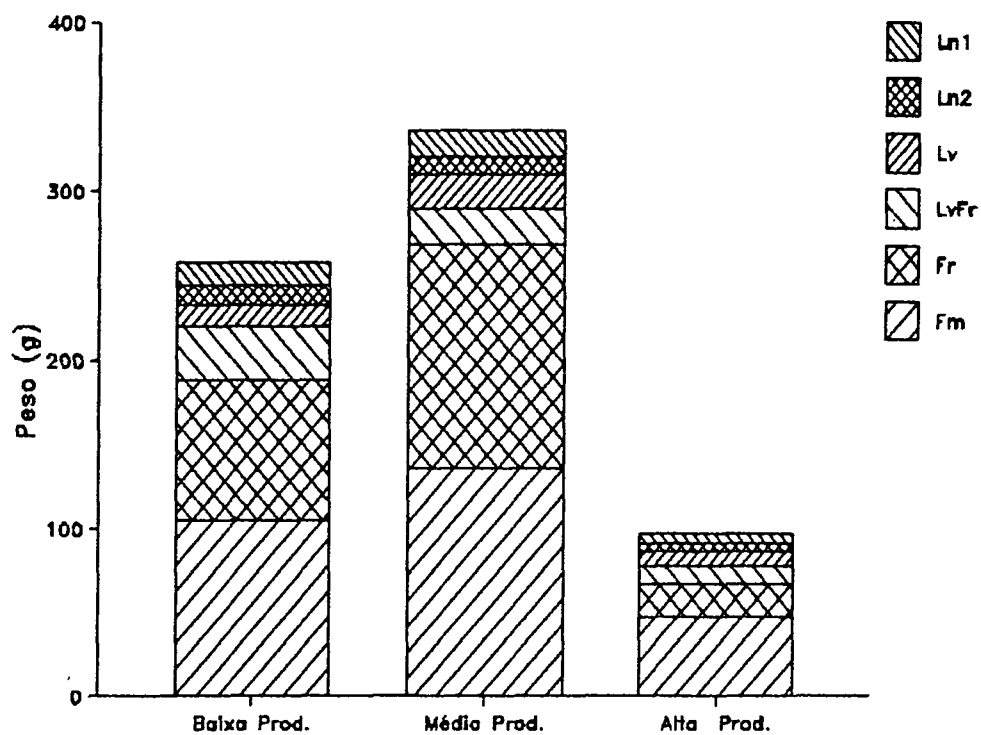


FIGURA 2. MÉDIA DO PESO DOS SUBORIZONTES ORGÂNICOS QUE APRESENTARAM A MESMA SEQUÊNCIA NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

TABELA 3. ESPESSURA TOTAL MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS HORIZONTES ORGÂNICOS NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Sítio	Espessura Média (cm) e desvio padrão
Baixa Produtividade	9,4 ± 1,73
Média Produtividade	13,0 ± 2,68
Alta Produtividade	5,1 ± 1,23

5.2 CONTEÚDO NUTRICIONAL

A análise química foi realizada somente nas amostras que apresentaram a seqüência mais freqüente em todos os sítios, como segue: Ln1, Ln2, Lv, LvFr, Fr e Fm.

5.2.1 Teores de macronutrientes

Os teores de N, P, K, Ca e Mg por subhorizonte em cada amostra por sítio bem como as médias encontram-se nos anexos 7, 8 e 9. A tabela 5 apresenta os teores médios e os desvios padrões por subhorizonte em cada sítio. As figuras 3, 4, 5, 6 e 7 ilustram os dados apresentados relacionando-os com a espessura acumulada a partir do horizonte mineral.

5.2.3 Teores de Micronutrientes

Os teores de Fe, Mn, Cu e Zn nos subhorizontes de cada amostra por sítio encontram-se nos anexos 10, 11 e 12 assim como as médias dos subhorizontes por sítio. A tabela 6 compara as médias por sítio e os desvios padrões. As figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram os dados apresentados, relacionando-os com a espessura a partir do horizonte mineral.

TABELA 4. CONTRIBUIÇÃO DOS GRUPOS RA (RAÍZES AUSENTES) E RP (RAÍZES PRESENTES) NA ESPESSURA E PESO TOTAIS E VALORES MÉDIOS NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Sítio	Grupo sem raízes		Grupo com raízes	
	% na espes.	% no peso	% na espes.	% no peso
Baixa Produtividade	22.7	17.1	77.3	82.9
	22.2	11.0	77.8	89.0
	25.0	14.1	75.0	85.9
	20.0	12.3	80.0	87.7
	22.2	13.5	77.8	86.5
	12.5	9.9	87.5	90.1
	35.0	11.9	65.0	88.1
	28.8	24.1	71.2	75.9
	20.8	11.5	79.2	88.5
	30.8	20.8	69.2	79.2
média	24.0	14.6	76.0	85.4
Média Produtividade	25.0	12.7	75.0	87.3
	25.0	13.0	75.0	87.0
	25.0	18.1	75.0	81.9
	15.4	14.5	84.6	85.5
	22.7	22.3	77.3	77.7
	16.0	16.0	84.0	84.0
	27.8	27.8	72.2	72.2
	15.0	15.0	85.0	85.0
	16.2	16.2	83.8	83.8
18.8	18.8	81.2	81.2	
média	20.7	17.4	79.3	82.6
Alta Produtividade	33.3	34.4	66.7	65.6
	37.5	24.8	62.5	75.2
	25.0	9.1	75.0	90.9
	35.7	16.4	64.3	83.6
	36.4	18.2	63.6	81.8
	37.8	16.6	62.2	83.4
	44.0	21.3	56.0	78.7
	30.0	18.7	70.0	81.3
	30.0	21.0	70.0	79.0
30.8	14.8	69.2	85.2	
média	34.1	19.5	66.0	80.5

TABELA 5. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Baixa Produtividade	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Ln1	0.59 ±(0.046)	0.05 ±(0)	0.029 ±(0.003)	0.34 ±(0.032)	0.029 ±(0.008)
Ln2	0.80 ±(0.105)	0.06 ±(0.01)	0.035 ±(0.013)	0.30 ±(0.035)	0.031 ±(0.005)
Lv	1.07 ±(0.384)	0.07 ±(0.017)	0.037 ±(0.002)	0.26 ±(0.053)	0.024 ±(0.006)
LvFr	1.32 ±(0.279)	0.08 ±(0.021)	0.049 ±(0.009)	0.16 ±(0.059)	0.019 ±(0.006)
Fr	1.48 ±(0.097)	0.08 ±(0.006)	0.041 ±(0.007)	0.06 ±(0.006)	0.012 ±(0.003)
Fm	0.90 ±(0.195)	0.05 ±(0.006)	0.025 ±(0.009)	0.04 ±(0.023)	0.009 ±(0.004)
Média Produtividade					
Ln1	0.52 ±(0.114)	0.03 ±(0.006)	0.054 ±(0.017)	0.19 ±(0.022)	0.047 ±(0.008)
Ln2	0.69 ±(0.03)	0.03 ±(0.01)	0.038 ±(0.013)	0.20 ±(0.038)	0.038 ±(0.004)
Lv	0.74 ±(0.159)	0.04 ±(0.006)	0.039 ±(0.067)	0.17 ±(0.008)	0.037 ±(0.016)
LvFr	1.13 ±(0.14)	0.08 ±(0.024)	0.052 ±(0.006)	0.13 ±(0.028)	0.026 ±(0.01)
Fr	1.21 ±(0.046)	0.06 ±(0.007)	0.043 ±(0.005)	0.07 ±(0.021)	0.013 ±(0.004)
Fm	0.86 ±(0.279)	0.05 ±(0.006)	0.039 ±(0.007)	0.05 ±(0.013)	0.023 ±(0.013)
Alta Produtividade					
Ln1	0.48 ±(0.056)	0.04 ±(0.012)	0.047 ±(0.017)	0.33 ±(0.06)	0.065 ±(0.009)
Ln2	0.62 ±(0.133)	0.05 ±(0.012)	0.040 ±(0.003)	0.37 ±(0.021)	0.060 ±(0.014)
Lv	0.69 ±(0.086)	0.05 ±(0.006)	0.038 ±(0.003)	0.30 ±(0.025)	0.070 ±(0.024)
LvFr	1.04 ±(0.061)	0.08 ±(0.01)	0.060 ±(0.026)	0.22 ±(0.02)	0.044 ±(0.016)
Fr	0.94 ±(0.108)	0.08 ±(0.015)	0.047 ±(0.002)	0.15 ±(0.017)	0.036 ±(0.017)
Fm	0.48 ±(0.208)	0.05 ±(0.01)	0.036 ±(0.006)	0,07 ±(0.012)	0.029 ±(0.015)

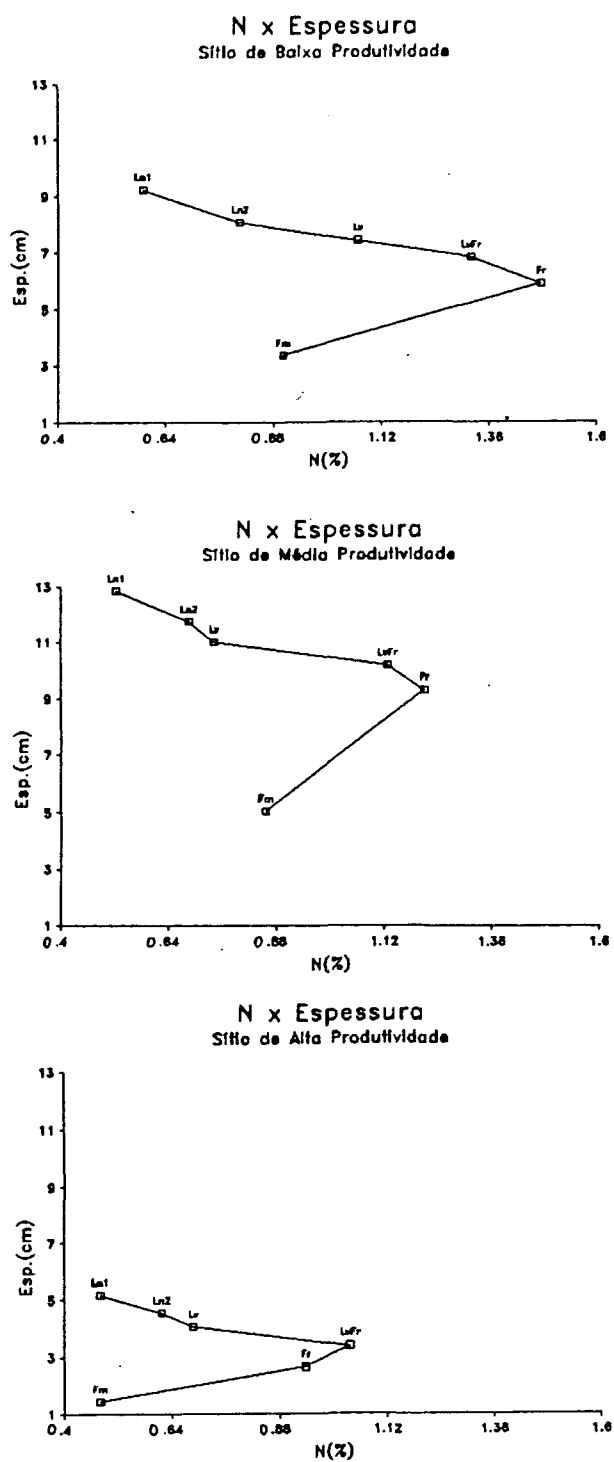


Figura 3. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO N EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

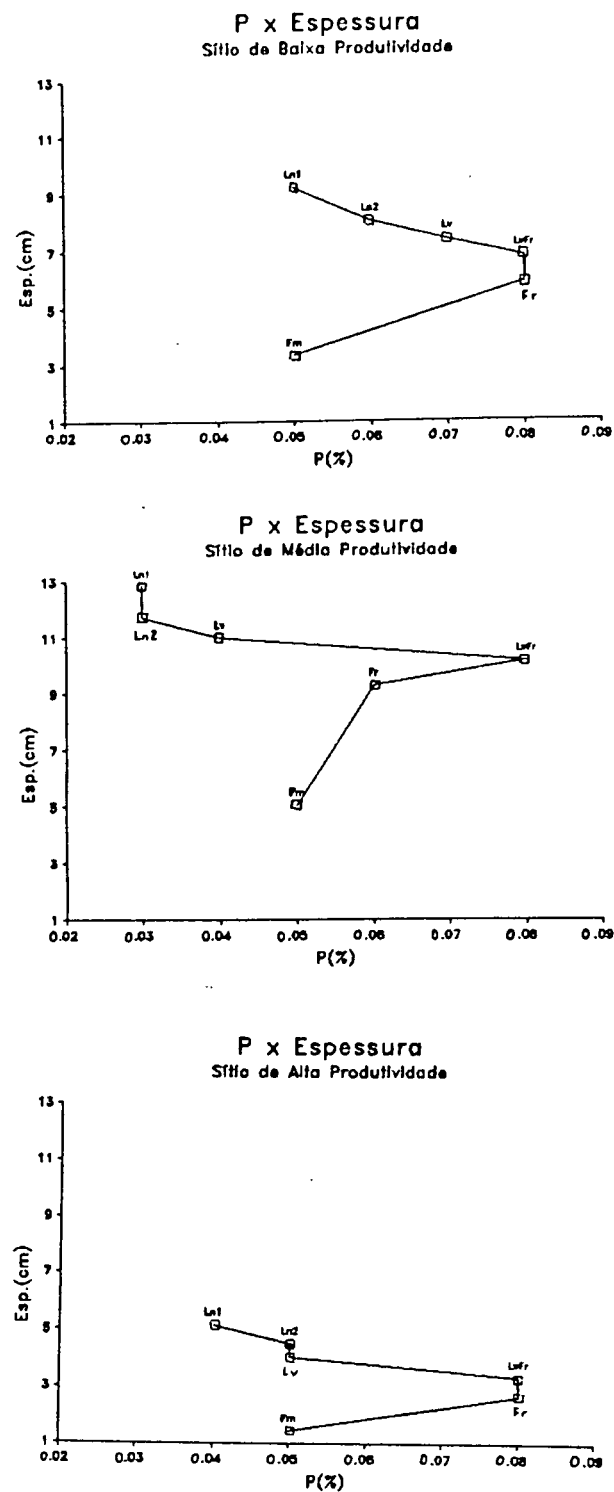


Figura 4. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO P EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

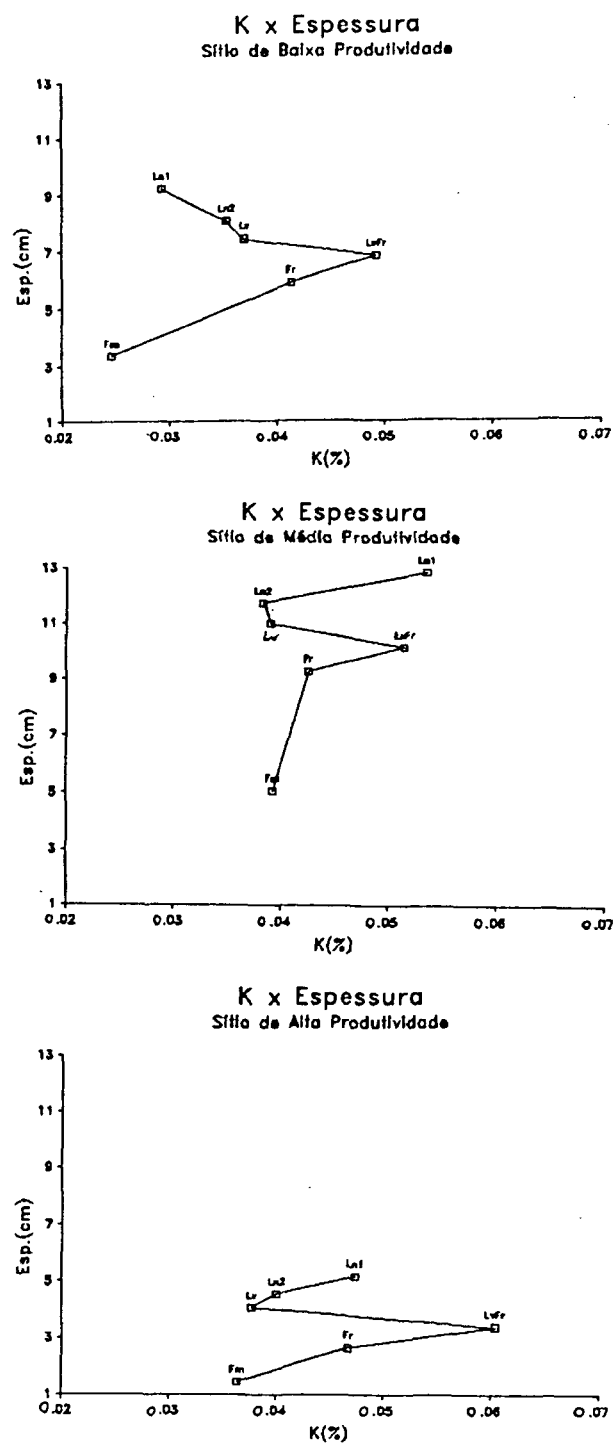


Figura 5. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO K EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

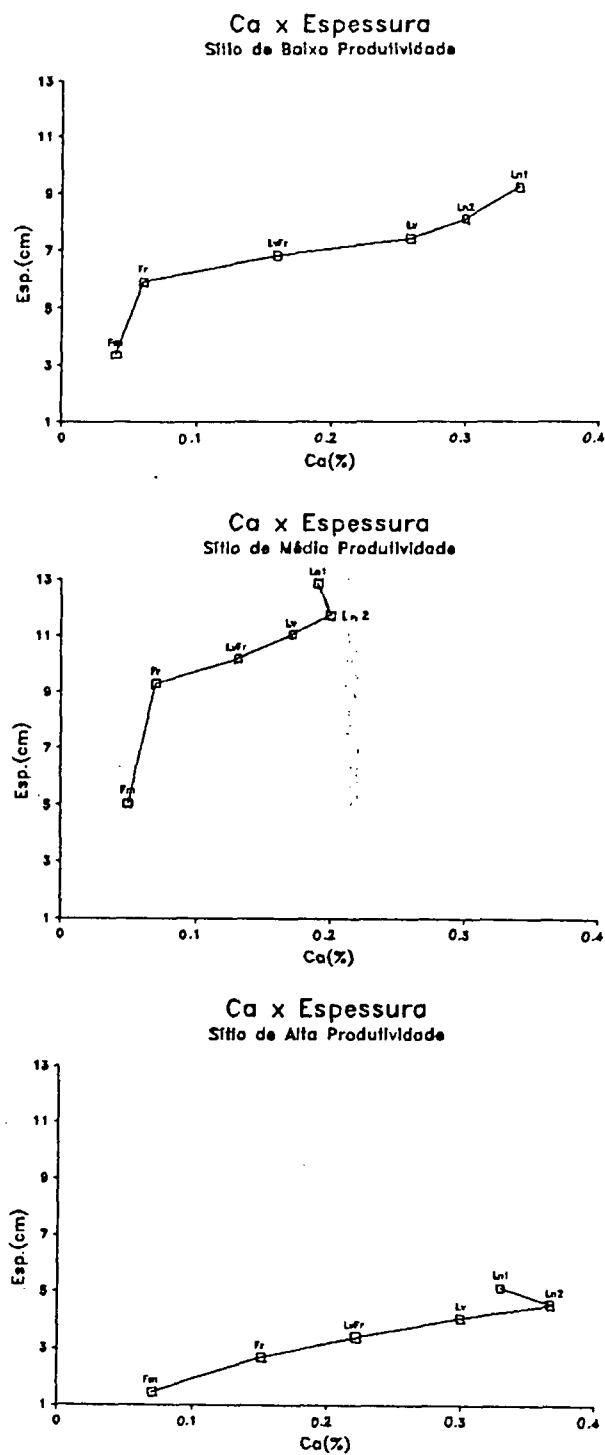


Figura 6. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Ca EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

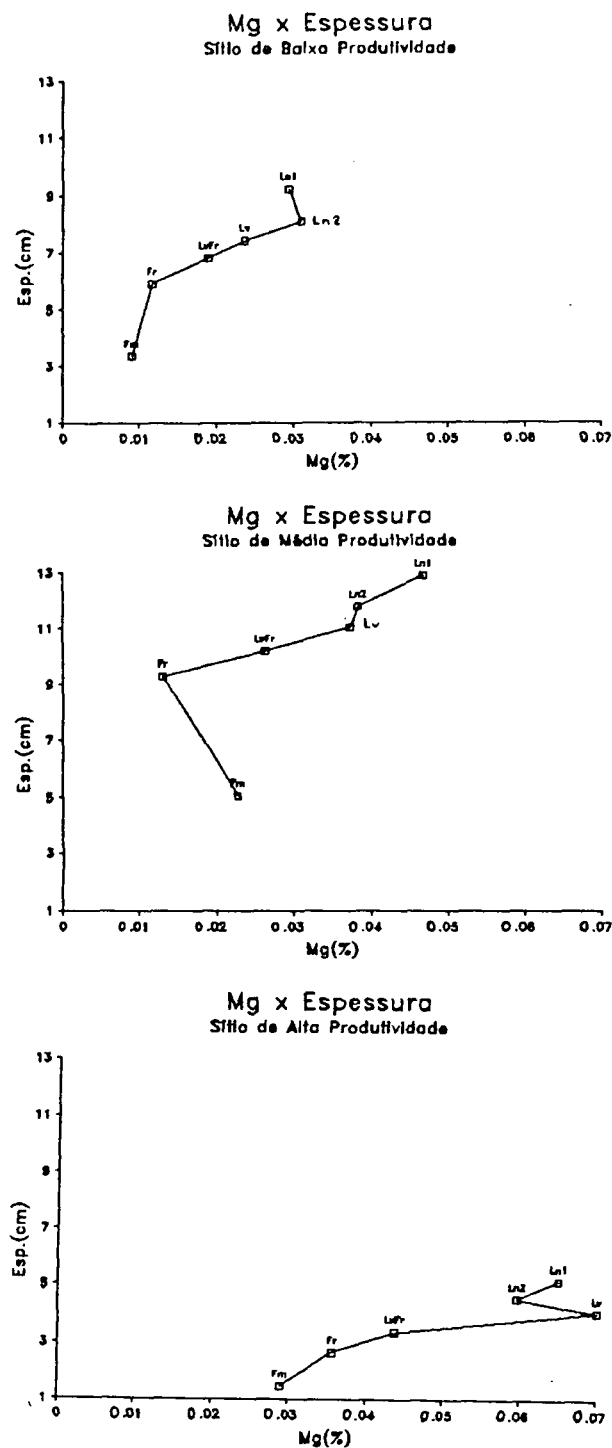


Figura 7. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Mg EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

TABELA 6. MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn NOS SÍTIOS BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Baixa Produtividade	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)
Ln1	121 ±(11.7)	1679 ±(621.4)	5 ±(0.577)	5 ±(0.577)
Ln2	202 ±(30.3)	1171 ±(500.9)	5 ±(1.527)	6 ±(2.309)
Lv	222 ±(48.8)	992 ±(448.8)	7 ±(1.732)	8 ±(2.646)
LvFr	426 ±(153.1)	691 ±(845.0)	8 ±(3.786)	8 ±(1.527)
Fr	787 ±(320.2)	98 ±(86.48)	8 ±(0.577)	5 ±(0.577)
Fm	2646 ±(2129.5)	31 ±(15.1)	8 ±(2.309)	6 ±(2)
Média Produtividade				
Ln1	103 ±(14.5)	237 ±(86)	6 ±(2.6)	6 ±(2.6)
Ln2	198 ±(66)	176 ±(53.7)	23 ±(29.5)	7 ±(1.7)
Lv	254 ±(75)	127 ±(63.2)	8 ±(3.1)	9 ±(1.41)
LvFr	478 ±(128.5)	79 ±(30.7)	15 ±(8.8)	10 ±(2.1)
Fr	686 ±(97)	18 ±(11.7)	8 ±(2.2)	5 ±(1.15)
Fm	2010 ±(926.2)	8 ±(5.1)	7 ±(2.6)	4 ±(2.2)
Alta Produtividade				
Ln1	166 ±(32.3)	901 ±(171.8)	10 ±(10.7)	9 ±(6.9)
Ln2	276 ±(77.7)	992 ±(57.7)	4 ±(1.5)	6 ±(2.9)
Lv	426 ±(140.6)	842 ±(192.3)	3 ±(1.2)	8 ±(0.6)
LvFr	890 ±(403.3)	617 ±(382.3)	4 ±(1.53)	9 ±(1)
Fr	4059 ±(803.4)	278 ±(137.8)	7 ±(0)	10 ±(0.6)
Fm	5238 ±(1053.5)	105 ±(71.7)	7 ±(1.15)	11 ±(1.5)

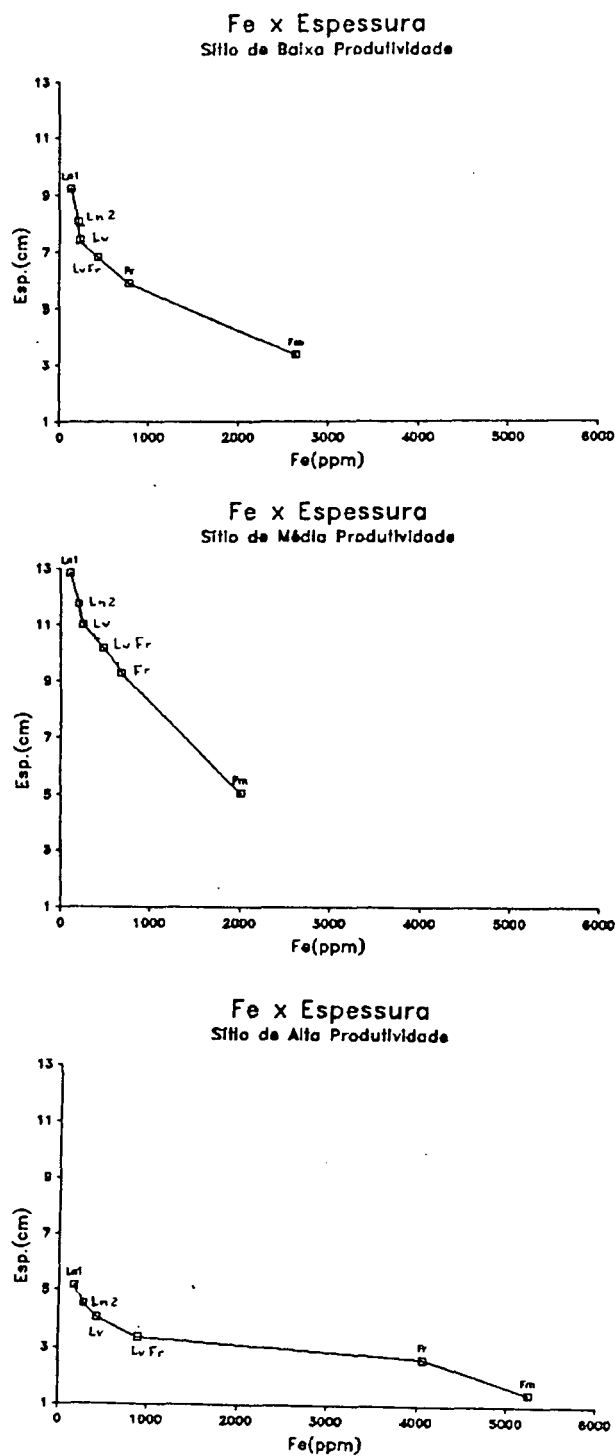


Figura 8. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Fe EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

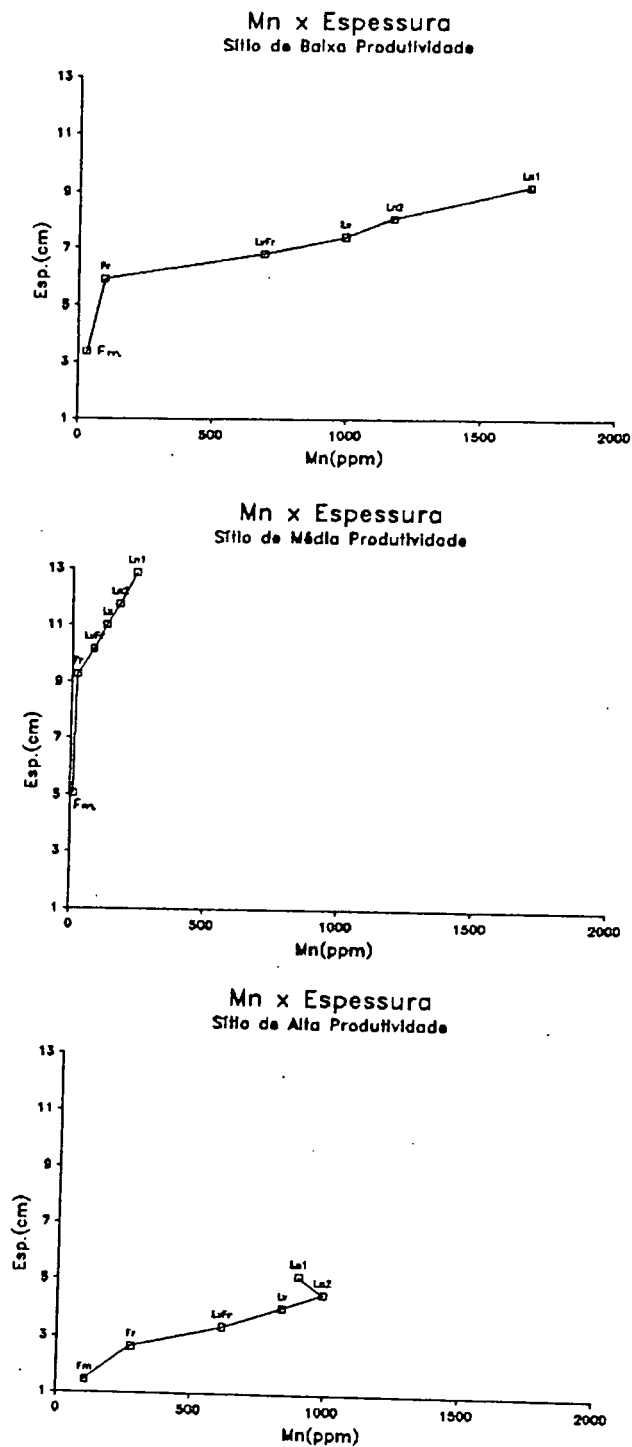


Figura 9. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Mn EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

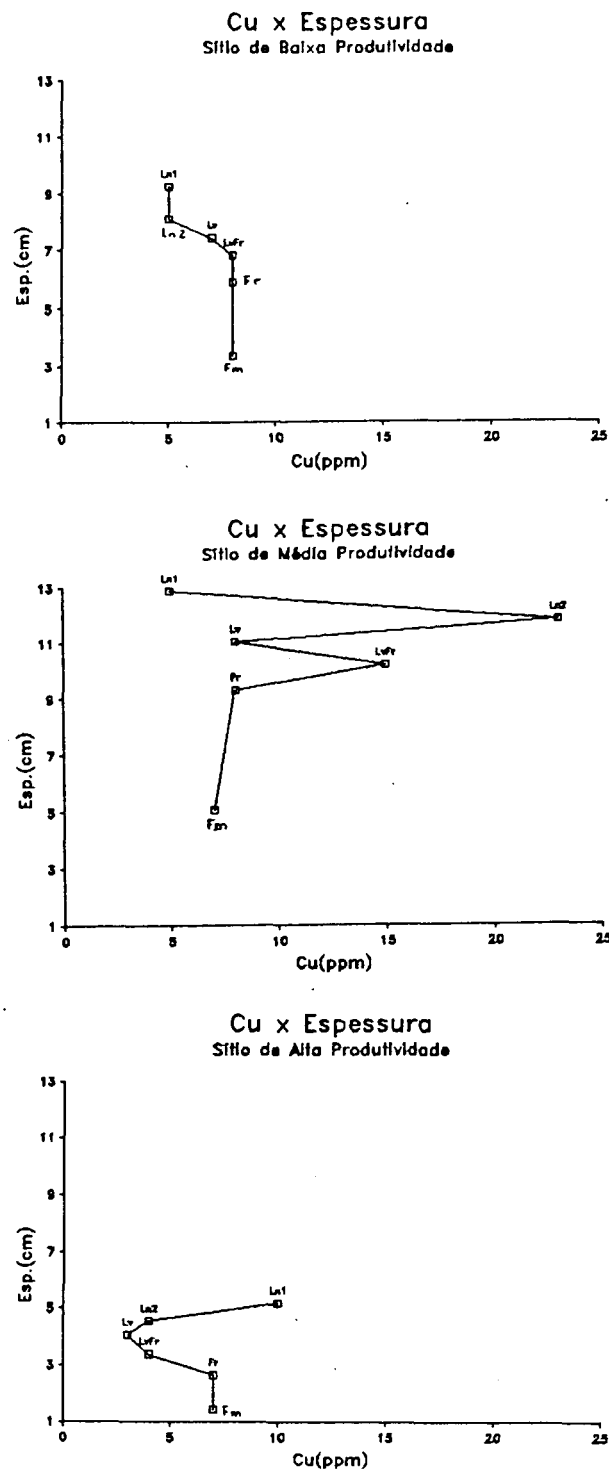


Figura 10. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Cu EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

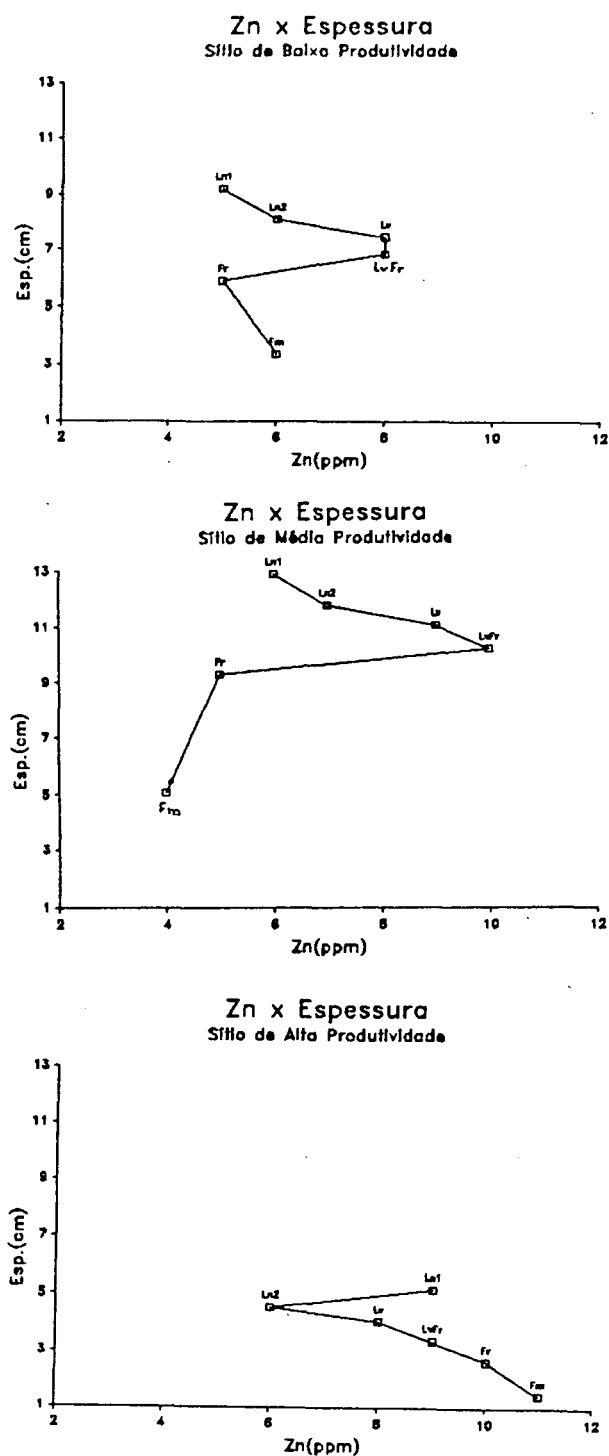


Figura 11. DISTRIBUIÇÃO DO ELEMENTO Zn EM FUNÇÃO DA ESPESSURA ACUMULADA DO HORIZONTE ORGÂNICO A PARTIR DO HORIZONTE MINERAL NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

5.3 CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

As análises de regressão e de variância e os gráficos das variáveis com as melhores correlações ($R^2 > 0,5$) estão nos anexos 13 a 36. A tabela 7 apresenta as variáveis que melhor se correlacionaram em ordem decrescente em cada sítio bem como os coeficientes de correlação (R) e de determinação (R^2).

TABELA 7. MODELOS ESTATÍSTICOS DE MELHOR AJUSTE, COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (R) E DE DETERMINAÇÃO (R^2) DAS VARIÁVEIS QUE APRESENTARAM MELHOR CORRELAÇÃO ENTRE SI NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE

	Modelo	Coeficiente de Correlação (R)	Coeficiente de Determinação (R^2)
BAIXA PRODUTIVIDADE			
Fe x Mn	$1/Y = a+bX$	0.977190	95.49
Ca x Mn	$Y = e^{(a+bX)}$	0.920499	84.73
Ca x Mg	$Y = aX^b$	0.891563	79.49
Mg x Fe	$Y = aX^b$	-0.862574	74.40
Ca x Fe	$1/Y = a+bX$	0.861252	74.18
Mg x Mn	$Y = aX^b$	0.841586	70.83
Mn x Espessura	$Y = aX^b$	0.823851	67.87
Fe x Espessura	$1/Y = a+bX$	0.743171	55.23
MÉDIA PRODUTIVIDADE			
Ca x Fe	$Y = aX^b$	-0.886891	78.66
Ca x Mn	$Y = aX^b$	0.883323	78.03
Fe x Mn	$Y = aX^b$	-0.878880	77.24
Fe x Espessura	$1/Y = a+bX$	0.845027	71.41
Mg x Mn	$Y = a+bX$	0.811940	65.92
Ca x Mg	$Y = e^{(a+bX)}$	0.761371	57.97
Ca x Espessura	$Y = aX^b$	0.744990	55.50
Mn x Espessura	$Y = aX^b$	0.718068	51.56
ALTA PRODUTIVIDADE			
Ca x Mn	$Y = aX^b$	0.928321	86.18
Fe x Mn	$Y = e^{(a+bX)}$	-0.915089	83.74
Ca x Fe	$Y = e^{(a+bX)}$	-0.886073	78.51
Fe x Espessura	$Y = aX^b$	-0.853356	72.82
Ca x Espessura	$Y = aX^b$	0.830706	69.01
Ca x Mg	$Y = e^{(a+bX)}$	0.761552	58.00
Mn x Espessura	$Y = aX^b$	0.721909	52.12
Mg x Espessura	$Y = aX^b$	0.708334	50.17

6 DISCUSSÃO

6.1 MORFOLOGIA DOS HORIZONTES ORGÂNICOS

A separação dos subhorizontes orgânicos foi feita baseada em BABEL (1971), BABEL (1972) e BABEL et alii (1980). Ocorre porém discordância do presente trabalho com os citados, no subhorizonte de transição LvFr, que apesar de apresentar raízes finas, não pode ser classificado como Fr típico pela pequena quantidade de substância fina e pelos resíduos estarem pouco fragmentados. Da mesma forma não pode ser classificado como Lv, pois havia presença de raízes finas no material. Assim a transição foi chamada de LvFr por apresentar características de ambos, embora no trabalho de BABEL (1972) o subhorizonte não apresentasse raízes. Deve-se levar em consideração que o material analisado no presente trabalho provém de ecossistemas bastante diferentes daqueles estudados pelos autores, fazendo com que nem todas as características encontradas tenham correspondência entre si. O próprio autor, porém, esclareceu que as diferenças morfológicas em alguns tipos de Lv são tão grandes, que já foram por alguns pesquisadores classificados como F. Seria então necessária a análise de diferentes horizontes orgânicos com características distintas para delimitar as qualidades de L e F.

A classificação dos subhorizontes do presente trabalho concordam parcialmente com REISSMANN, (1983), que considerou Lv2 o subhorizonte com fragmentos de 2 a 5 cm de comprimento e com

notória presença de raízes finas, o que vai contra a classificação de BABEL, (1972), que não classifica como L, material invadido por raízes. O subhorizonte Fr encontrado pelo primeiro autor, também difere do presente trabalho, pois os fragmentos de 1 a 2 cm, que formam a maior parte do material, o classificaria como Fm. Além disso, o critério de REISSMANN (1983) para quantificar a substância fina foi a pesagem, enquanto BABEL et alii (1981) estimaram-na em relação ao volume de resíduos depositados.

Os subhorizontes Fr e Fm apresentaram-se, em geral, fortemente unidos por raízes. A separação foi feita retirando-se pouco a pouco o material do subhorizonte superior, até ser notada diferença morfológica. Também era possível notar-se diferença ao observar-se o perfil lateralmente, pela alteração de cor, normalmente mais escuro, porém algumas vezes mais claro, podendo ser atribuído aos agentes decompositores e à estrutura que estava sendo decomposta.

Nos sítios de baixa e média produtividade, os subhorizontes Fr e Fm não se encontravam tão unidos, ocorrendo entre eles muitas vezes, uma linha de transição de material solto bem fragmentado (<1cm) de pequena espessura e de difícil definição. A causa pode ter sido um período de seca, que tenha paralisado o crescimento das raízes e retomada do desenvolvimento ao melhorarem as condições (BABEL, 1981 e VAVOULIDOU-THEODOROU, 1981) a partir do material menos decomposto. Outra hipótese é a da deposição de fragmentos pequenos (<1cm) por sobre Fm, ou seja, no limite entre esses dois subhorizontes. Os fragmentos, então ficariam retidos pela rede de raízes mais densa em Fm e também pela compactação do material, tudo porém relacionado a uma parada no crescimento.

Este fato, foi observado em uma amostra onde um cone posicionado na transição entre Fr e Fm estava preso ao subhorizonte Fr e não a Fm, o que seria mais lógico pois sua idade estaria mais correlata a ele. Há também a possibilidade dele estar preso a Fr e não a Fm pelo fato de sua decomposição ser mais lenta devido a natureza do material.

Houve dificuldade para se quantificar a substância fina, que foi pequena em Ln1, Ln2, Lv e Lv2. Os subhorizontes LvFr, Fr e Fm apresentaram maior quantidade sem ser possível, porém quantificá-la com exatidão, tendo sido então estimada como a proposta de BABEL et alii, (1981) em relação ao volume de resíduos orgânicos sem considerar-se as raízes finas. Nesses subhorizontes, principalmente em Fm, a contaminação com material com material do horizonte mineral, também foi um fator que impediu a quantificação de uma maneira mais precisa, havendo necessidade de se desenvolver um método para esta espécie e estas condições climáticas e o tipo de comportamento da fauna.

6.2 COMPORTAMENTO DOS NUTRIENTES NOS HORIZONTES ORGÂNICOS

Os nutrientes foram agrupados segundo seu comportamento dentro dos horizontes orgânicos em relação à espessura.

6.2.1 Comportamento de máximo de teores em LvFr ou Fr: N e P

O maior teor médio de N foi encontrado no sítio de baixa produtividade com valor de 1,48% no subhorizonte Fr. O de P foi de 0,08% nos três sítios, sendo que nos de baixa e alta isso ocorreu simultaneamente em dois subhorizontes, LvFr e Fr, e no de média somente em LvFr (tabela 6 e figuras 3 e 4).

O menor teor médio de N foi encontrado no sítio de alta

produtividade com valor de 0,48% nos subhorizontes Ln1 e Fm simultaneamente e o de P foi de 0,03% nos subhorizontes Ln1 e Ln2 no sítio de média produtividade (tabela 6 e figuras 3 e 4).

O teor de N de cada subhorizonte orgânico do sítio de baixa produtividade foi maior que seu correspondente no de média produtividade e que por sua vez foi maior que no subhorizonte correspondente no sítio de alta produtividade. Ou seja, os teores de N dos horizontes orgânicos diminuíram quanto melhor o sítio, o que pode ser atribuído ao fato de ocorrer uma translocação mais eficiente dos elementos antes da abscisão das acículas das árvores, que recebem um melhor suprimento de nutrientes (MILLER, 1984).

Notou-se em todos os sítios o aumento dos teores de N de Ln1 até LvFr ou Fr e de P até LvFr, ocorrendo um máximo nestes subhorizontes. BOCOCK (1963) atribuiu esse aumento de N principalmente à precipitação atmosférica e à entrada de material vegetal proveniente do dossel por ataque de insetos. GOSZ et alii (1973) concluíram que essas causas foram responsáveis pelo aumento dos teores de N e P, acrescentando a estas a imobilização por microorganismos. Também EDMONDS (1980) chegou às mesmas conclusões, afirmando ainda que nos corpos de frutificação de fungos basidiomicetos presentes no ecossistema por ele estudado havia acúmulo desses elementos (VOGT e EDMONDS, 1980).

Já REMEZOV et al (1969) atribuíram o aumento nos teores de N à síntese de substâncias húmicas com conseqüente perda de C. Era de se esperar um aumento dos teores de P também, porém constataram o oposto, o que foi atribuído à eluviação.

A suposição de VAN LEAR e GOEBEL (1976) foi de que o aumento de teores de N e P deveu-se a lentas taxas de

mineralização e rápida imobilização por microorganismos, sendo essa última hipótese também levantada por REISSMANN (1981) e BOCKHEIM et alii (1991). REISSMANN (1982) acrescentou ainda ser a perda de CO₂ corresponsável pelo acúmulo dos elementos.

O mesmo autor (REISSMANN, 1983) encontrou tendências de aumento dos teores de P em horizontes orgânicos em povoamentos de *Pinus elliottii* quanto maior seu grau de decomposição. Esse comportamento foi o mesmo encontrado por VALERI (1988) para N e P sob povoamentos de *Pinus taeda*.

O comportamento dos elementos N e P no presente trabalho até LvFr ou Fr está em concordância com os resultados obtidos pelos autores citados, embora a causa real deste enriquecimento não possa ser totalmente esclarecida.

Tendências de aumento até um certo grau de decomposição e a partir daí diminuição, foram encontradas por WOOLDRIDGE (1968) e BOCKHEIM e LEIDE (1985), fato que se deu também no presente trabalho, com queda acentuada até Fm, após atingir-se um máximo em LvFr ou Fr.

Esse decréscimo nos teores de N em Fr ou Fm pode ser explicado por JORGENSEN & WELLS (1973) e BRADY (1983), os quais afirmaram que à medida que ocorre a decomposição, se dá a liberação de C sob a forma de CO₂ e a conservação de N. A ação dos organismos decompositores cessa gradualmente pela falta de C facilmente oxidável, ocorrendo então liberação do N. Pode-se suspeitar que o mesmo ocorra com o elemento P, pois sua dinâmica e importância é bastante semelhante à do N. Essa liberação dos elementos é de se supor que comece a ocorrer em Fr, se estendendo até Fm, atribuindo-se a diminuição dos teores à lixiviação entre outros fatos, o que depende também da natureza, intensidade e sazonalidade da precipitação. Também a absorção

nestes horizontes pode ser a causa desta diminuição dos teores. PRITCHETT (1979) afirma que hifas fúngicas presentes nos horizontes F e H absorvem a maioria dos minerais presentes nesta zona, bem como as raízes finas e micorrizas principalmente em F. Também VOGT et alii (1982) atribuem grande importância às raízes finas e micorrizas na ciclagem dos nutrientes. Segundo vários autores (WHITTAKER, 1975, PRITCHETT, 1979, LARCHER, 1986 e MENGEL e KIRKBY, 1987), as micorrizas são muito importantes, pois aumentam a área de absorção e solubilizam N e P.

Deve-se considerar que apesar da grande quantidade de raízes finas presentes em Fm, a maioria já está morta e que provavelmente boa parte do N e P que faziam parte de sua constituição, deve ter sido redistribuída. Em todo caso, para esclarecer a questão do N e P seria importante em trabalhos futuros determinar-se o teor de C para se avaliar o grau de decomposição e no caso de N, os teores de N-NO₃ e N-NH₄.

6.2.2 Comportamento de diminuição dos teores de Ln1 até Fm:

Ca, Mg e Mn.

O maior teor médio encontrado de Ca foi no sítio de alta produtividade no subhorizonte Ln2 com 0,37% e o menor teor foi no de baixa em Fm com 0,04% (Tabela 6 e Figura 6).

No sítio de baixa produtividade o comportamento do Ca foi de decréscimo a partir de Ln1 (0,34%) até Fm (0,04%). Nos sítios de média e alta houve pequeno aumento de Ln1 para Ln2, passando de 0,19 para 0,20% e de 0,34 para 0,37% respectivamente, apresentando a partir daí decréscimo até Fm, chegando a 0,05% no sítio de média e a 0,07% no de alta.

Cabe ressaltar que o teor máximo do sítio de média

(0,20%) é pouco mais que a metade dos teores máximos do elemento nos sítios de baixa (0,34%) e de alta (0,37%) produtividade.

O Mg apresentou o mais alto teor médio (0,070%) no subhorizonte Lv do sítio de alta produtividade e o mais baixo teor (0,009%) no subhorizonte Fm no sítio de baixa (Tabela 6 e Figura 7). Neste último, Ln1 apresentou teor de 0,29% com pequeno acréscimo até Ln2 (0,31%) e a partir de então, decréscimo até Fm (0,009%). No sítio de média, Ln1 apresentou 0,047% de teor médio máximo, diminuindo até Fr (0,13%) aumentando em Fm (0,023%). No sítio de alta, Ln1 apresentou teor médio de 0,065%, decrescendo para 0,060% em Ln2, aumentando em Lv para 0,070% e decaindo até 0,029% em Fm.

Houve grande contraste entre os teores de Mg dos sítios de alta e baixa produtividade, sendo que neste último os teores chegaram à metade ou a um terço dos valores encontrados no primeiro. Já o de média apresentou valores intermediários.

O maior teor médio de Mn foi encontrado no subhorizonte Ln1 do sítio de baixa produtividade com 1679ppm e o menor no Fm do sítio de média com 8ppm (Tabela 8 e Figura 9).

Vale ressaltar as variações dos teores de Mn entre os subhorizontes de cada sítio e entre sítios. O sítio de baixa produtividade apresentou em Ln1 teor de 1679ppm com decréscimo até Fm, chegando a 31ppm. O de média apresentou 237ppm em Ln1, decaindo até Fm com valor de apenas 8ppm. Por sua vez, o sítio de alta apresentou variação de 901ppm, subindo para 992 em Ln2 e diminuindo até Fm, com 105ppm.

REMEZOV et al (1969) atribuíram a diminuição dos teores de Ca e Mg à eluviação, e VAN LEAR e GOEBEL (1976), acrescentaram ainda serem estes elementos facilmente lixiviáveis.

Os resultados encontrados para o Ca estão em concordância

com os de GOSZ et alii (1973) em *Fagus grandifolia* e com os de EDMONDS (1980) em *Abies amabilis* o qual atribuiu esta diminuição de teores à decomposição. Também VALERI (1988) encontrou esta tendência sob *Pinus taeda* no Paraná.

O mesmo não ocorreu com os resultados do Ca encontrados por REISSMANN et alii (1982) em *Araucaria angustifolia*, BOCKHEIM e LEIDE (1985) em *Pinus resinosa* e por BOCKHEIM et alii (1991) com *Pinus banksiana*, que encontraram tendências de acúmulo quanto maior o grau de decomposição.

Já os resultados encontrados no presente trabalho para o Mg apresentaram tendência semelhante aos encontrados por GOSZ (1973) em *Betula allegheniensis*, por ROCHA FILHO et alii (1978), REISSMANN (1981) e por VALERI (1988) em *Pinus taeda* e por BOCKHEIM e LEIDE (1985) em *Pinus resinosa* não ocorrendo o mesmo com os de EDMONDS (1980) em *Abies amabilis*, REISSMANN et alii (1982) e BOCKHEIM et alii (1991).

Leve tendência de diminuição nos teores de Mn diretamente proporcional ao grau de decomposição foi encontrada por GOSZ (1973) em *Acer saccharum*, o que foi atribuído à lixiviação, uma vez que o elemento se encontra sob a forma hidrossolúvel. Essa mesma tendência foi encontrada por ROCHA FILHO et alii (1978) e por REISSMANN (1981) em *Pinus taeda*.

Já EDMONDS (1980) e BOCKHEIM et alii (1991) encontraram tanto aumento como diminuição dos teores de Mn, porém sem grandes contrastes entre máximos e mínimos.

Apesar das ligeiras elevações dos teores de Ca, Mg e Mn em Ln₂ ou em Lv em relação a Ln₁, pode-se afirmar que a tendência dos elementos é de diminuir em teores, quanto maior o grau de decomposição, o que pode ser atribuído à lixiviação e também à absorção a partir de LvFr até Fm onde se concentra

grande quantidade de raízes finas e micorrizas.

6.2.3 Comportamento de enriquecimento desde Ln1 até Fm: Fe.

O maior teor médio de Fe foi encontrado no subhorizonte Fm do sítio de alta produtividade com valor de 2010ppm e o menor em Ln1 do sítio de baixa com teor de 121ppm (Tabela 8 e Figura 8).

Em todos os sítios o menor teor foi sempre em Ln1 e o maior em Fm. A tendência foi de aumento nos teores quanto maior o grau de decomposição do subhorizonte.

REMÉZOV et alii (1969) encontraram essa mesma tendência em horizontes orgânicos sob floresta de abetos. GOSZ et alii (1973) atribuíram, sob *Betula allegheniensis*, *Acer saccharum* e *Fagus grandifolia*, este acúmulo à ação de microorganismos, o que resulta não apenas numa concentração do elemento nos tecidos, mas também precipitação de compostos de Fe de outras fontes, como os provenientes da lixiviação de folhas. Também afirmaram que as condições ácidas e úmidas do solo favoreceram às formas de Fe ferroso solúvel e podem ter permitido a difusão do Fe para dentro do horizonte orgânico, o que poderia explicar os maiores teores de Fe no sítio de alta produtividade, que está próximo a um rio, garante-lhe permanente suprimento de água, saturando-o mais facilmente quando chove, fato que não ocorre nos demais.

Os resultados obtidos também estão em concordância com os obtidos por JORGENSEN & WELLS (1973) que atribuíram esse acúmulo ao processo de decomposição ou à contaminação por solo mineral.

6.2.4 Comportamento variado: K, Cu e Zn.

O K apresentou o maior teor médio (0,06%) no sítio de alta produtividade no subhorizonte LvFr e o menor (0,029) em Ln1 no de baixa (Tabela 6 e Figura 5). Seu comportamento foi variado

nos três sítios, sendo que nesse último foi bastante similar ao dos elementos N e P, apresentando enriquecimento a partir de Ln1 até LvFr, decaindo até Fm. Nos demais sítios a tendência foi de perda até Lv, com abrupto aumento em LvFr e novamente diminuindo até Fm.

São notáveis as diferenças do comportamento do elemento entre trabalhos apresentados por vários autores. REMEZOV et al (1969), VAN LEAR e GOEBEL (1976) e REISSMANN (1982) encontraram diminuição nos teores, quanto maior o grau de decomposição, o que foi atribuído à eluviação.

Já GOSZ et alii (1973) verificaram intensa diminuição nos teores de K nos primeiros estádios de decomposição havendo em seguida leve tendência ao enriquecimento. Os autores constataram, que apesar do elemento ser facilmente lixiviável, os teores mínimos encontrados eram os mesmos da demanda da população heterótrofa presente.

Também EDMONDS (1984) constatou forte diminuição dos teores no início da decomposição, encontrando após esse período inicial, comportamento instável.

Por sua vez VALERI (1988) e BOCKHEIM et alii (1991) não encontraram comportamento estável do elemento, enquanto REISSMANN (1983) encontrou enriquecimento constante de Ln1 até Fr, no caso, o suborizonte mais decomposto.

Todos os autores citados concordam ser o elemento facilmente lixiviável, sendo essa talvez causa da instabilidade do elemento no presente trabalho.

A grande diminuição dos teores de K a partir de LvFr até Fm pode ser também atribuída a um esgotamento das reservas do elemento nestes horizontes orgânicos.

O fato do K não ser considerado um elemento estrutural da

planta e por ser facilmente lixiviável (EPSTEIN, 1975, MALAVOLTA, 1980 e MENGEL e KIRKBY, 1987) indica que foi bastante liberado e absorvido pelas raízes finas e micorrizas a partir de LvFr ou lixiviado para o horizonte mineral.

O maior teor de Cu foi encontrado no subhorizonte Ln2 no sítio de média produtividade com 23ppm e o menor em Lv no de alta, com 3ppm (Tabela 8 e Figura 10).

A tendência no sítio de baixa produtividade foi de aumento dos teores a partir de Ln1 (5ppm) até Fm (8ppm). O de média apresentou dois máximos, um em Ln2 (23ppm) e outro em LvFr (15ppm) diminuindo até Fm (7ppm). Os teores no sítio de alta apresentaram-se variáveis.

Somente a tendência no sítio de baixa produtividade está de acordo com as encontradas por GOSZ et alii (1973), ROCHA FILHO et alii (1978) e REISSMANN (1981), inclusive com valores semelhantes aos encontrados por estes dois últimos autores.

BOCKHEIM et alii (1991) não encontraram uma tendência definida do elemento em horizontes orgânicos sob *Pinus bancksiana*, porém ocorreu um máximo aos 69 dias de experimento, chegando a 13,8ppm, semelhante ao que ocorreu no sítio de média produtividade no presente estudo.

O maior teor médio de Zn encontrado foi no sítio de média produtividade no subhorizonte LvFr com 10ppm e o menor em Ln1 no sítio de baixa com 5ppm (Tabela 8 e Figura 11).

Os teores de Zn nos subhorizontes dos sítios de baixa e alta produtividade não apresentaram uma tendência definida. No sítio de média houve aumento gradativo até LvFr e queda até Fm assemelhando-se ao comportamento dos elementos N e P.

As tendências encontradas por ROCHA FILHO et alii (1978), REISSMANN (1981) e VALERI (1988) foram de aumento nos teores à

medida que ocorria a decomposição, o que não foi encontrado no presente trabalho.

Provavelmente um maior número de amostras definiria melhor o comportamento desses elementos, principalmente Cu e Zn.

6.2.5 Teores de nutrientes : Lnl x acículas verdes

Os teores de nutrientes obtidos em Lnl, cujo material é composto na totalidade ou na maior parte de acículas, são comparados no anexo 37 com os teores encontrados por QUINTEROS (1987) nas acículas de *Pinus taeda*, nos mesmos sítios do presente estudo .

Esta comparação, apesar dos dados não terem sido coletados na mesma época, podem nos fornecer relevantes informações.

Os teores dos macronutrientes N, P, K e Mg dos subhorizontes Lnl foram menores que os das acículas verdes, devendo-se salientar que os valores de K no subhorizonte superficial, apresentaram apenas 1/10 daqueles, estando em concordância com os encontrados por REISSMANN (1981).

PRITCHETT (1979) e MALAVOLTA (1980) afirmaram que os elementos N, P, K e Mg são retranslocados das folhas mais velhas antes da senescência para as partes mais jovens da planta, ao contrário do Ca. Tal fato sugere que houve redistribuição dos elementos, por isso o material de Lnl apresentou teores menores, menos para o Ca. Porém devemos lembrar que outros fatores interferem nessa concentração de nutrientes. O tempo em que a acícula morta permanece na árvore antes de cair é variável, estando sujeita a processos climáticos. O material ficando na árvore por mais tempo e submetido à contínua precipitação, terá mais elementos lixiviados e conseqüente redução de teores.

O elemento Ca teve teores mais elevados nos três sítios em Ln1 confirmando sua imobilidade e caráter cumulativo.

Os resultados aqui encontrados estão em concordância com os encontrados por ROCHA FILHO (1978) diferindo apenas quanto aos de Mg.

Quanto aos micronutrientes, foi observado que os elementos Fe e Cu apresentaram diminuição nos teores em Ln1, quando comparados aos das acículas verdes, nos sítios de média e baixa produtividade. Já no de alta houve acúmulo desses elementos em Ln1, estando em concordância com ROCHA FILHO et alii, (1978).

O micronutriente Mn apresentou acúmulo em Ln1 em relação às acículas verdes, ocorrendo o oposto com o Zn. Estes resultados vão de encontro aos obtidos por REISSMANN (1981) e WISNIEWSKI-KOEHLER (1989). Este último autor supôs uma possível redistribuição do elemento Zn antes da abscisão.

Segundo KRAMMER e KOSLOWSKI (1979), as folhas e acículas podem permanecer na árvore por tempo variável antes da abscisão dependendo não apenas de fatores fisiológicos, mas também de fatores externos como intensidade dos ventos e das chuvas, o que pode explicar ocasionais variações. Esses fatores externos podem provocar a queda de material vegetal ainda jovem, como o relatado por GOSZ et alii (1972), mais rico em nutrientes, do que aquele senescente, onde já ocorreu translocação de elementos, interferindo na concentração dos nutrientes em Ln1.

6.2.6 Teores de nutrientes: Ln1 x serapilheira recém-caída.

WISNIEWSKI-KOEHLER (1989) analisou os teores de nutrientes na serapilheira recém-caída nos mesmos sítios em 1986, um ano antes da coleta do material deste trabalho. O anexo

38 compara os teores médios das acículas caídas no inverno com os teores em Ln1. A comparação foi feita com as acículas por ser este material o mais encontrado no suborizonte em questão. Os macronutrientes N, K e Mg encontrados na serapilheira foram maiores em todos os sítios, assim como o P e o Ca, no sítio de média produtividade. Os micronutrientes Fe e Cu apresentaram maiores teores em todos os sítios no presente trabalho, bem com o Mn nos sítios de baixa e alta produtividade. Esse elemento não apresentou alteração naquele de média. Os teores de Zn foram menores no presente estudo em todos os sítios.

As diferenças entre os dois trabalhos podem ser atribuídas a vários fatores. Entre eles, o tamanho e forma da amostragem e o fato dos resultados apresentados pelo autor corresponderem à média dos teores do inverno e não somente ao mês de julho, quando foi feita a coleta do material deste experimento. Também as condições climáticas foram diferentes, podendo ter causado diferentes quedas de material, menor ou maior lixiviação, dificuldades na absorção de nutrientes, no caso de seca entre outros. Na tabela 1 estão os dados de precipitação da região onde os trabalhos foram realizados. Nota-se que o ano de 1986 foi mais seco, particularmente na primavera, o que foi bastante expressivo. Neste caso a própria biomassa pode ter sido afetada. Por outro lado as chuvas de outono e inverno mais intensas também acarretaram uma maior lixiviação. Esta também pode ser a razão porque muitos resultados não compatibilizam quando comparados com estudos de climas temperados, onde grande parte da precipitação é sob a forma de neve, provocando um impacto diferente sobre o material.

6.3 CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS

Os resultados estatísticos das correlações entre as variáveis se encontram na tabela 7 e as análises de regressão nos anexos 13 a 36.

Nos três sítios estudados os teores de Fe e Mn (anexos 13, 23 e 30) mostraram-se inversamente proporcionais, ou seja, quando ocorria o aumento de um havia a diminuição de outro. O antagonismo desses elementos na planta viva é comentado por vários autores tais como TIFFIN (1972), EPSTEIN (1975), PRITCHETT (1979) e MALAVOLTA (1980). Os altos coeficientes de determinação encontrados de 95,49, 77,24 e 83,74% para os sítios de baixa, média e alta produtividade respectivamente, parecem confirmar essa tendência também nos horizontes orgânicos.

As variáveis Fe e espessura do horizonte orgânico, (anexos 20, 24 e 32) tiveram boa correlação nos três sítios. Os teores de Fe aumentavam quanto menor a espessura acumulada a partir do horizonte mineral, o que vale dizer, que quanto maior o grau de decomposição do material, menor o teor de Fe. Estes resultados estão em concordância com os encontrados por JORGENSEN & WELLS (1973). O contrário se deu entre Mn e espessura. MALAVOLTA (1980) afirma que o Fe no solo forma quelados com ácidos fúlvico e húmicos e com outros compostos orgânicos solúveis, o que favorece seu deslocamento perfil abaixo. Também afirma que o Fe se liga superficialmente à matéria orgânica e o Mn, o oposto. Nos horizontes orgânicos parece ocorrer o mesmo. O Fe é acumulado e o Mn tem reduções drásticas nos teores quanto maior o grau de decomposição. O antagonismo entre Ca e Mg na planta viva é citado por vários autores (EPSTEIN, 1975, MALAVOLTA, 1980 e MENGEL e KIRKBY, 1987). Isto parece não ocorrer nos horizontes orgânicos, com os

teores de ambos, diminuindo quanto maior o grau de decomposição. Segundo REMEZOV et al (1969) esses elementos são eluviados dos horizontes orgânicos quanto mais decompostos forem.

O Ca apresentou correlação direta com o Mn (anexos 14, 22 e 29) e inversa com o Fe (anexos 17, 21 e 31) nos três sítios, apresentando elevados coeficientes de determinação.

Pouco se pode afirmar sobre a boa correlação nos sítios de média e alta produtividade entre os teores de Mg e Mn (anexos 18 e 25) com ambos os teores diminuindo, quanto mais decomposto o material (anexos 19, 28, 35 e 36). Nos mesmos sítios a boa correlação entre Ca e espessura indica a liberação do elemento a medida que o material vai sendo decomposto. Esta justificativa também é válida para a correlação Mg e espessura no sítio de alta produtividade.

As correlações entre as variáveis merecem exaustivos estudos, a fim de comprovar-se se são reais ou apenas coincidências, apesar da significância estatística constatada.

6.4 QUALIDADE DE SÍTIO E ESPESSURA DO HORIZONTE ORGÂNICO

O sítio de alta produtividade apresentou maior produção de serapilheira no ano de 1987 (WISNIEWSKI-KOEHLER, 1989), a maior altura dominante e o maior DAP médio aos quinze anos (QUINTEROS, 1987) e é onde se encontra a menor espessura média de horizonte orgânico com 5,0 cm (Tabela 4). Os sítios de média e baixa produtividade com crescimento menor e também menor deposição de serapilheira, apresentaram, no entanto, espessuras médias maiores, com 12,6cm e 9,4cm respectivamente.

A pequena espessura do horizonte orgânico do sítio de alta produtividade pode ser atribuída ao fato de que ali se encontram condições hídricas e edáficas melhores que nos demais

sítios, propiciando maior atividade dos organismos decompositores, o que fez com que o grande volume de serapilheira produzida fosse mais rapidamente decomposto, retornando em menor tempo os nutrientes à biomassa, indo de acordo com as afirmações feitas por WILLIAMS e GRAY, (1974), MASON (1976) e TOUTAIN (1981). Nota-se também que no sítio de alta produtividade ocorre menor invasão de raízes do que nos outros dois sítios, o que poderia ser atribuído, ao fato de que os de média e baixa, pela sua posição no relevo e textura arenosa, estão sujeitos a déficits hídricos provocando continuamente a morte das raízes finas e à produção em seguida à melhoria das condições, concordando com BABEL (1981) e VAVOULIDOU-THEODOROU (1981). Esse fato pode também contribuir no aumento em espessura nesses sítios.

Outra possível causa dessa maior invasão de raízes nesses sítios de menor qualidade, seria o fato da necessidade da planta de buscar nutrientes, aumentando o volume de raízes finas dentro do horizonte orgânico com conseqüente maior absorção.

Vários autores entre eles WOOLDRIDGE (1968), SWITZER e NELSON (1972), VAN LEAR e GOEBEL (1976), HAAG et alii (1978) ROCHA FILHO et alii (1978), REISSMANN, (1981), REISSMANN et alii, (1982), NOVAIS et al (1983), REISSMANN (1983), LOPES e GARRIDO (1986) e VALERI (1988) estudaram o peso de matéria seca e o conteúdo nutricional de horizontes orgânicos. Porém fatores como a diversidade das espécies estudadas, diferentes metodologias de separação de horizontes orgânicos, a não subdivisão em subhorizontes, a retirada de raízes do material, a ocorrência de horizonte H, diferenças de qualidade de sítio entre outros dificultam a comparação dos dados do presente com os de outros trabalhos.

7 CONCLUSÕES

1 o horizonte orgânico ou manta orgânica de maiores peso e espessura foi encontrado no sítio de média produtividade, seguidos pelos sítios de baixa e alta.

2 a qualidade do sítio interfere na espessura do horizonte orgânico, pois influi na deposição do material proveniente das plantas, na atividade dos organismos decompositores e no desenvolvimento de raízes finas no material deposto.

3 os subhorizontes mais freqüentemente encontrados foram Ln1, Ln2, Lv, LvFr, Fr e Fm, nesta seqüência crescente de decomposição, e esporadicamente, Lnv e Lv2.

4 o material recém-caído da planta, praticamente intacto, sem fragmentação e de aspecto ressequido, foi denominado de Ln1.

5 o subhorizonte Ln2 foi bastante semelhante a Ln1, porém já com alguma variegação e pequena diminuição na resistência, com aproximadamente 30% das acículas se quebrando quando expostas ao esforço de flexão.

6 o material denominado de Lnv apresentou-se semelhante à Ln2, com alguma fragmentação e menor resistência à flexão, com quase a totalidade das acículas se quebrando ao esforço. O material se encontrava permeado por hifas fúngicas, o que unia

seus componentes, conferindo coerência ao material.

7 coerência foi o termo utilizado para designar a união dos diversos elementos de um subhorizonte entre si, causado por hifas fúngicas e ou raízes.

8 o subhorizonte Lv foi o que apresentou todas as acículas quebradas, achatadas e com coloração escura, com notável presença de hifas, conferindo coerência ao material. Substância fina presente, em proporção menor que 10% do volume.

9 o material cujas acículas apresentaram aproximadamente a metade do tamanho inicial, porém sem nenhuma penetração por raízes, foi chamado de Lv2.

10 o subhorizonte LvFr, apresentou fragmentos de acículas com metade do tamanho inicial, com presença de hifas e alguma penetração por raízes finas (diâmetro menor que 2 mm).

11 o material do subhorizonte Fr, apresentou fragmentos de acículas com comprimento máximo de 5cm, forte invasão por raízes finas, que juntamente com as hifas fúngicas lhe conferiam coerência. Substância fina presente em proporção de 10 a 30% do volume.

12 o subhorizonte Fm apresentou acículas bem fragmentadas, na maioria variando entre 1 e 2cm de comprimento. Também aqui foi constatada a presença de hifas fúngicas, raízes finas e micorrizas, conferindo coerência ao material, assim como raízes com diâmetro maior que 2mm. Substância fina presente misturada com material do horizonte mineral.

13 os elementos N e P se comportaram de forma semelhante com acúmulo de teores até LvFr ou Fr, e diminuição até Fm.

14 os elementos Ca, Mg e Mn tiveram comportamento de diminuição nos teores de Ln1 até Fm.

15 o elemento Fe apresentou aumento nos teores de Ln1 a partir de Ln1 até Fm.

16 os elementos K, Cu e Zn não apresentaram tendência definida com altas e baixas de teores independentemente do subhorizonte.

17 nos três sítios houve boa correlação entre os teores de ferro e manganês, ferro e espessura acumulada a partir de horizonte mineral, de ferro e cálcio e de cálcio e manganês; nos sítios de média e alta produtividade houve boa correlação entre magnésio e manganês e de cálcio com a espessura acumulada; o elemento magnésio apresentou boa correlação com a espessura no sítio de alta produtividade.

SUMMARY

The organic layers were studied in three 17 years old *Pinus taeda* stands in the Ponta Grossa - PR region, morphologically and chemically characterized and classified based on international standards. Six organic layers were distinguished according to the level of decomposition: Ln1, fresh material just fallen from the plant, showing original length, elasticity and small fragmentation; Ln2, similar to Ln1, more fragmented, discoloured and decreased elasticity; Lv, flattened needles, total loss of elasticity, and great amount of fungal hyphae; LvFr, needles with 50% of the original length, some penetration of fine roots, mycorrhizae and fine substance, horizon of transition; Fr, needle fragments till 5cm long, great amount of fine roots and mycorrhizae, fine substance from 10 to 30% of the total volume; Fm, needle fragments from 1 to 2cm long and great amount of fine roots, and fine substance mixed with mineral soil. Lnv, material few altered and united by hyphae and Lv2, very similar to LvFr, but without fine roots, were found sometimes. Site quality interferes on the thickness of the organic layer, because of its influence on litterfall on the decomposition rates and on the fine roots development. The thickest organic layer was found on the medium quality site, with 12.8cm, followed by the poor site with 9.2cm and by the good site with 5.2cm. The nutrients N e P, showed an enrichment from Ln1 to LvFr or Fr, decreasing till Fm. Ca, Mg and Mn, had decreasing concentration from Ln1 to Fm; Fe had increasing concentration from Ln1 to Fm; K, Cu e Zn didn't have any defined trend. In the three sites there was good correlation between Fe and Mn, Fe and thickness, Fe and Ca and Ca and Mn. In the medium and good sites, between Mg and Mn and Ca and thickness, and in the good site Mg and thickness.

ANEXO

ANEXO 1 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade Total% (Peso) *	Esqueleto %
Símbolo	Profundidade cm	Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partículas*		
A	0 - 25	84,2	2,0	14,0	0,14	1,22	2,53	51,78	1,68
% Carbono		% Matéria Orgânica		$\theta - \text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ Tensões - atm.					
0,5		0,87		0,06	0,33	1,00	4,00	15,00	
				29,32	7,31	6,19	6,53	5,53	
pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (Soma)			
3,9	0,6	9,0	0,6	0,8	2,50	3,10	19,35	57,14	2,0
Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N	
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm		
16,6	8,0	7,3	0,6	8,4	685,0	0,9	0,4		

* Valor médio por horizonte (A e B) -

FORTE : QUINTEROS (1987)

ANEXO 2 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosi- dade Total% (Peso) *	Es- que- leto %	
		Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partí- culas*			
Sím- bolo	Profundidade cm									
A11	0 - 14	31,6	30,4	38,0	0,80				0,00	
A12	14 - 30	29,7	36,3	34,0	1,06				0,00	
A13	30 - 44	32,8	29,2	38,0	0,77	0,98	2,43	59,67	0,00	
B1	44 - 57	34,2	25,8	40,0	0,64				0,00	
B21	57 - 75	32,8	27,2	40,0	0,68	1,14	2,62	56,48	0,12	
C	75 - 98	36,0	34,0	30,0	1,13				1,34	
% Carbono		% Matéria Orgânica		θ - cm ³ . cm ³						
				T e n s õ e s - a t m .						
				0,06	0,33	1,00	4,00	15,00		
5,0		8,71		47,36	24,30	21,64	20,11	17,48		
3,6		6,27		44,94	28,29	26,49	19,15	21,56		
1,8		3,13		30,26	22,16	21,04	18,75	17,95		
0,9		1,56		34,83	24,74	18,30	17,49	15,95		
0,8		1,39		31,05	27,87	21,75	17,70	18,70		
0,3		0,52		40,43	29,52	25,79	20,02	14,85		
pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (Soma)				
3,5	0,7	22,0	0,7	6,0	13,92	14,62	4,78	89,55	4,0	
3,8	0,8	16,0	0,8	3,8	8,65	9,45	8,46	82,61	2,0	
3,9	0,6	11,0	0,6	3,1	6,50	7,10	8,45	83,78	1,0	
3,9	0,7	12,0	0,7	2,7	5,12	5,82	12,02	79,41	1,0	
4,0	0,9	10,0	0,9	2,2	4,03	4,93	18,25	70,96	1,0	
3,9	0,8	11,0	0,8	2,4	3,03	3,83	28,88	75,00	1,0	
Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
54,9	8,8	26,1	1,4	2,6	2220,0	1,1	0,3			
50,8	8,7	20,2	1,4	2,4	2195,0	1,0	0,4			
42,4	7,5	19,5	1,2	2,7	2360,0	1,1	0,5			
41,8	9,3	22,4	1,0	3,5	3025,0	1,3	0,2			
33,7	7,2	22,7	0,9	3,6	3370,0	1,0	0,6			
31,4	7,0	11,7	0,4	2,1	2950,0	0,8	0,2			

* Valor médio por horizonte (A e B)

FONTE : QUINTEROS (1987)

ANEXO 3 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO DO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

Horizonte		Composição Granulométrica			%Silte/ %Argila	Densidade g/cm ³		Porosidade Total% (Peso) *	Esqueleto %	
		Areia % 2-0,050 mm	Silte % 0.050-0.002 mm	Argila % < 0.002 mm		Solo *	Partículas*			
Símbolo	Profundidade cm									
A11	0 - 20	68,2	11,8	20,0	0,59				0,00	
A12	20 - 39	69,8	10,2	20,0	0,51				0,00	
A13	39 - 55	71,0	13,0	16,0	0,81				0,00	
A3	55 - 86	66,8	13,2	20,0	0,66	1,15	2,55	54,90	0,06	
B21	86 -117	65,6	10,4	24,0	0,43				0,00	
B22	117 -134	58,8	15,2	26,0	0,58				0,00	
B23	134 -152(+)	59,0	17,0	24,0	0,71	1,13	2,64	57,19	0,00	
% Carbono		% Matéria Orgânica		θ - cm ³ . cm ³ T e n s õ e s - a t m .						
				0,06	0,33	1,00	4,00	15,00		
1,2		2,09		25,73	14,60	11,81	9,22	9,08		
1,4		2,44		36,87	12,33	11,12	10,77	8,90		
0,9		1,56		33,19	11,02	9,81	6,42	8,31		
0,6		1,04		37,10	12,62	10,98	10,90	9,14		
0,5		0,87		27,71	11,45	10,29	9,45	9,09		
0,5		0,87		30,13	17,86	12,87	12,25	10,80		
0,3		0,52		33,44	13,52	13,01	11,00	9,59		
pH (1:2,5) CaCl 1N	Complexo Sortivo						Valor V Sat.de Bases %	Valor m Sat.de Al %	Fósforo Assimilável ppm	
	Ca + Mg m.e.%	K ppm	Valor S (soma)	Al m.e.%	H + Al SMP	Valor T (Soma)				
3,7	0,8	16,0	0,8	2,3	5,37	6,17	12,96	74,19	9,0	
3,8	0,6	11,0	0,6	2,0	5,91	6,51	9,21	76,92	3,0	
3,8	0,5	9,0	0,5	1,8	4,88	5,38	9,29	78,26	1,0	
3,8	0,6	11,0	0,6	1,8	4,44	5,04	11,90	75,00	1,0	
3,8	0,6	9,0	0,6	1,9	4,44	5,04	11,90	76,00	1,0	
3,8	0,5	12,0	0,5	2,0	4,88	5,38	9,29	80,00	1,0	
3,9	0,6	9,0	0,6	1,4	3,33	3,93	15,26	70,00	1,0	
Teores dos Elementos - ppm (Extrator HCl 3.0 %)								Ext. HCl 0,1N		
K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	Zn-ppm			
29,7	11,1	14,2	0,7	5,3	930,0	0,8	0,3			
28,6	7,7	14,6	0,7	4,1	895,0	0,8	0,2			
31,4	7,6	14,5	0,6	3,7	970,0	0,7	0,2			
33,4	7,4	12,1	0,7	5,0	1110,0	0,8	0,1			
37,5	6,6	17,7	0,6	8,7	1115,0	0,9	0,2			
40,2	8,4	21,7	0,7	11,7	1455,0	1,0	1,4			
40,2	9,0	23,6	0,5	11,1	1845,0	0,9	1,0			

* Valor médio por horizonte (A e B)

FONTE : QUINTEROS (1987)

ANEXO 4. VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

Am. 1	Esp cm	Peso g	Esp.Ac. cm	Am. 6	Esp. cm	Peso g	Esp.Ac. cm
Ln1	1.0	10.60	11.0	Ln1	0.5	12.61	8.0
Ln2	1.0	18.39	10.0	Lnv	0.5	7.96	7.5
Lv	0.5	13.32	9.0	LvFr	0.7	18.38	7.0
LvFr	3.0	102.91	8.5	Fr	2.8	92.22	6.3
Fr	2.5	34.96	5.5	Fm	3.5	76.37	3.5
Fm	3.0	66.95	3.0	Σ	8.0	207.54	
Σ	11.0	247.13					
Am. 2				Am. 7			
Ln1	1.0	13.57	9.0	Ln1	1.5	12.67	10.0
Ln2	0.5	12.91	8.0	Ln2	1.0	7.25	8.5
Lv	0.5	11.52	7.5	Lv	1.0	15.53	7.5
LvFr	0.6	24.98	7.0	LvFr	0.5	30.15	6.5
Fr	3.5	140.31	6.4	Fr	2.5	118.72	6.0
Fm	2.9	142.53	2.9	Fm	3.5	114.24	3.5
Σ	9.0	345.82		Σ	10.0	298.56	
Am. 3				Am. 8			
Ln1	1.0	13.03	8.0	Ln1	1.5	18.33	8.0
Ln2	0.5	8.38	7.0	Ln2	0.5	8.93	6.5
Lv	0.5	13.80	6.5	Lv	0.3	14.03	6.0
LvFr	0.5	15.57	6.0	LvFr	0.3	14.34	5.7
Fr	3.0	83.63	5.5	Fr	2.4	63.98	5.4
Fm	2.5	115.41	2.5	Fm	3.0	51.93	3.0
Σ	8.0	249.82		Σ	8.0	171.54	
Am. 4				Am. 9			
Ln1	1.0	15.72	12.0	Ln1	2.0	13.14	12.0
Ln2	0.5	13.66	11.0	Lnv	0.5	21.27	10.0
Lv	1.0	14.02	10.5	LvFr	1.5	61.90	9.5
LvFr	0.5	16.88	9.5	Fr	3.0	52.94	8.0
Fr	3.0	111.97	9.0	Fm	5.0	148.97	5.0
Fm	6.0	181.51	6.0	Σ	12.0	298.49	
Σ	12.0	353.76					
Am. 5				Am. 10			
Ln1	1.0	13.39	9.0	Ln1	1.0	12.42	6.5
Lnv	1.0	18.37	8.0	Ln2	0.5	7.00	5.5
LvFr	0.8	40.12	7.0	Lv	0.5	8.77	5.0
Fr	2.2	54.98	6.2	LvFr	1.0	14.97	4.5
Fm	4.0	108.78	4.0	Fr	1.0	32.00	3.5
Σ	9.0	235.64		Fm	2.5	60.40	2.5
				Σ	6.5	135.56	

ANEXO 5. VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

Am. 1	Esp cm	Peso g	Esp.Ac. cm	Am. 6	Esp. cm	Peso g	Esp.Ac. cm
Ln1	1.0	11.89	12.0	Ln1	0.5	8.65	12.5
Ln2	1.0	13.97	11.0	Ln2	0.5	8.36	12.0
Lv	1.0	11.61	10.0	Lv	1.0	19.21	11.5
LvFr	0.5	16.22	9.0	LvFr	2.0	28.88	10.5
Fr	3.0	94.43	8.5	Fr	3.5	155.37	8.5
Fm	5.5	147.27	5.5	Fm	5.0	159.08	5.0
Σ	12.0	295.39		Σ	12.5	379.55	
Am. 2				Am. 7			
Ln1	1.0	12.46	12.0	Ln1	1.0	16.82	11.5
Ln2	1.0	13.85	11.0	Ln2	1.0	8.45	10.5
Lv	1.0	10.30	10.0	Lv	1.2	15.88	9.5
LvFr	1.0	24.11	9.0	LvFr	0.4	10.35	8.3
Fr	4.0	130.01	8.0	Fr	4.4	175.96	7.9
Fm	4.0	90.58	4.0	Fm	3.5	108.98	3.5
Σ	12.0	281.31		Σ	11.5	336.44	
Am. 3				Am. 8			
Ln1	1.5	12.99	10.0	Ln	0.5	10.91	10.0
Ln2	0.5	9.15	8.5	Lv	1.0	19.10	9.5
Lv	0.5	17.27	8.0	LvFr	0.5	7.79	8.5
LvFr	1.0	20.42	7.5	Fr	3.5	99.31	8.0
Fr	3.0	82.32	6.5	Fm	4.5	164.31	4.5
Fm	3.5	75.07	3.5	Σ	10.0	301.42	
Σ	10.0	217.22					
Am. 4				Am. 9			
Ln1	1.0	9.92	13.0	Ln1	1.5	24.75	18.5
Ln2	0.5	10.16	12.0	Ln2	0.5	9.23	17.0
Lv	0.5	28.21	11.5	Lv	1.0	31.15	16.5
LvFr	0.5	35.20	11.0	LvFr	1.0	21.30	15.5
Fr	5.5	129.59	10.5	Fr	6.0	173.80	14.5
Fm	5.0	120.00	5.0	Fm	8.5	230.01	8.5
Σ	13.0	338.08		Σ	18.5	490.24	
Am. 5				Am. 10			
Ln1	0.5	10.97	10.0	Ln1	2.0	26.74	16.0
Ln2	1.0	14.97	9.5	Ln2	0.5	11.15	14.0
Lv	1.0	36.60	8.5	Lv	0.5	9.88	13.5
LvFr	0.5	14.22	7.5	LvFr	1.0	19.04	13.0
Fr	3.5	89.60	7.0	Fr	6.0	159.92	12.0
Fm	4.5	114.32	4.5	Fm	6.0	180.06	6.0
Σ	10.0	280.68		Σ	16.0	406.79	

ANEXO 6. VALORES DE ESPESSURA, PESO E ESPESSURA ACUMULADA A PARTIR DO SOLO MINERAL DOS SUBORIZONTES EM CADA AMOSTRA E SEU PESO TOTAL INDIVIDUAL NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

Am. 1	Esp cm	Peso g	Esp.Ac. cm	Am. 6	Esp. cm	Peso g	Esp.Ac. cm
Ln1	0.2	5.44	3.0	Ln1	0.5	5.06	4.5
Ln2	0.3	4.02	2.8	Ln2	0.5	3.82	4.0
Lv	0.5	13.00	2.5	Lv	0.7	6.73	3.5
LvFr	0.5	5.42	2.0	LvFr	0.8	7.20	2.8
Fr	0.7	9.90	1.5	Fr	0.5	8.83	2.0
Fm	0.8	27.49	0.8	Fm	1.5	62.53	1.5
Σ	3.0	65.27		Σ	4.5	94.17	
Am. 2				Am. 7			
Ln1	0.5	5.85	4.0	Ln1	1.0	10.50	5.0
Ln2	0.5	5.55	3.5	Ln2	0.6	7.71	4.0
Lv	0.5	9.99	3.0	Lv	0.6	6.00	3.4
LvFr	0.5	13.16	2.5	LvFr	0.8	14.50	2.8
Fr	1.0	18.51	2.0	Fr	1.0	22.03	2.0
Fm	1.0	33.00	1.0	Fm	1.0	52.97	1.0
Σ	4.0	86.06		Σ	5.0	113.71	
Am. 3				Am. 8			
Ln	0.5	4.00	4.0	Ln1	0.5	4.41	6.0
Lv	0.5	5.45	3.5	Ln2	0.5	4.72	5.5
LvFr	1.0	13.20	3.0	Lv	0.8	9.95	5.0
Fr	1.0	23.47	2.0	LvFr	1.0	19.43	4.2
Fm	1.0	58.07	1.0	Fr	1.7	22.59	3.2
Σ	4.0	104.19		Fm	1.5	41.06	1.5
				Σ	6.0	102.16	
Am. 4				Am. 9			
Ln1	1.0	2.58	7.0	Ln1	0.5	9.15	5.0
Ln2	0.5	4.13	6.0	Ln2	0.5	6.86	4.5
Lv	1.0	8.55	5.5	Lv	0.5	3.64	4.0
LvFr	1.0	11.98	4.5	LvFr	0.5	9.64	3.5
Fr	1.7	11.52	3.5	Fr	1.2	30.01	3.0
Fm	1.8	54.21	1.8	Fm	1.8	34.19	1.8
Σ	7.0	92.97		Σ	5.0	93.49	
Am. 5				Am. 10			
Ln1	0.5	3.21	5.5	Ln1	1.0	5.57	6.5
Ln2	0.5	7.15	5.0	Ln2	0.5	5.22	5.5
Lv	1.0	10.03	4.5	Lv	0.5	6.53	5.0
LvFr	1.0	8.29	3.5	LvFr	0.5	8.38	4.5
Fr	0.8	21.90	2.5	Fr	2.2	30.41	4.0
Fm	1.7	61.35	1.7	Fm	1.8	60.97	1.8
Σ	5.5	111.93		Σ	6.5	117.08	

ANEXO 7. TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

AMOSTRA 2	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Ln1	0.55	0.05	0.027	0.32	0.024
Ln2	0.70	0.05	0.026	0.26	0.026
Lv	0.72	0.06	0.035	0.22	0.019
LvFr	1.13	0.06	0.041	0.14	0.014
Fr	1.56	0.08	0.045	0.06	0.013
Fm	1.10	0.06	0.035	0.05	0.013
AMOSTRA 4					
Ln1	0.64	0.05	0.033	0.33	0.039
Ln2	0.91	0.07	0.050	0.33	0.031
Lv	1.00	0.06	0.038	0.32	0.031
LvFr	1.19	0.09	0.048	0.23	0.017
Fr	1.50	0.08	0.046	0.07	0.014
Fm	0.89	0.05	0.018	0.01	0.006
AMOSTRA 10					
Ln1	0.58	0.05	0.028	0.38	0.025
Ln2	0.80	0.06	0.030	0.30	0.036
Lv	1.48	0.09	0.038	0.24	0.021
LvFr	1.64	0.10	0.059	0.12	0.026
Fr	1.37	0.07	0.033	0.06	0.008
Fm	0.71	0.05	0.021	0.05	0.008
MÉDIA					
Ln1	0.59	0.05	0.029	0.34	0.029
Ln2	0.80	0.06	0.035	0.30	0.031
Lv	1.07	0.07	0.037	0.26	0.024
LvFr	1.32	0.08	0.049	0.16	0.019
Fr	1.48	0.08	0.041	0.06	0.012
Fm	0.90	0.05	0.025	0.04	0.009

ANEXO 8. TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

AMOSTRA 1	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Ln1	0.61	0.02	0.052	0.21	0.055
Ln2	0.66	0.02	0.025	0.21	0.043
Lv	0.91	0.04	0.031	0.17	0.059
LvFr	1.21	0.06	0.049	0.13	0.034
Fr	1.17	0.07	0.049	0.07	0.016
Fm	0.45	0.05	0.033	0.05	0.024
AMOSTRA 5					
Ln1	0.36	0.03	0.035	0.20	0.051
Ln2	0.70	0.04	0.034	0.19	0.033
Lv	0.59	0.03	0.036	0.18	0.021
LvFr	1.28	0.09	0.059	0.11	0.015
Fr	1.25	0.06	0.043	0.07	0.009
Fm	0.89	0.05	0.041	0.05	0.010
AMOSTRA 6					
Ln1	0.59	0.02	0.051	0.16	0.037
Ln2	0.66	0.02	0.039	0.15	0.037
Lv	0.62	0.03	0.045	0.16	0.035
LvFr	0.99	0.05	0.053	0.11	0.020
Fr	1.25	0.05	0.042	0.04	0.010
Fm	1.03	0.04	0.048	0.03	0.017
AMOSTRA 9					
Ln1	0.53	0.03	0.076	0.19	0.044
Ln2	0.72	0.02	0.055	0.24	0.040
Lv	0.84	0.04	0.044	0.17	0.034
LvFr	1.03	0.10	0.045	0.17	0.036
Fr	1.17	0.06	0.036	0.09	0.017
Fm	1.05	0.04	0.035	0.06	0.040
MÉDIA					
Ln1	0.52	0.03	0.054	0.19	0.047
Ln2	0.69	0.03	0.038	0.20	0.038
Lv	0.74	0.04	0.039	0.17	0.037
LvFr	1.13	0.08	0.052	0.13	0.026
Fr	1.21	0.06	0.043	0.07	0.013
Fm	0.86	0.05	0.039	0.05	0.023

ANEXO 9. TEORES DOS MACRONUTRIENTES N, P, K, Ca e Mg DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

AMOSTRA 4	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Ln1	0.43	0.03	0.060	0.27	0.060
Ln2	0.54	0.04	0.043	0.35	0.060
Lv	0.67	0.05	0.034	0.32	0.075
LvFr	1.09	0.08	0.041	0.24	0.059
Fr	1.06	0.09	0.049	0.17	0.055
Fm	0.72	0.06	0.041	0.06	0.046
AMOSTRA 7					
Ln1	0.54	0.05	0.054	0.39	0.060
Ln2	0.77	0.06	0.039	0.36	0.046
Lv	0.78	0.06	0.039	0.30	0.091
LvFr	1.05	0.09	0.050	0.22	0.028
Fr	0.89	0.06	0.046	0.14	0.022
Fm	0.36	0.04	0.030	0.08	0.016
AMOSTRA 8					
Ln1	0.47	0.05	0.028	0.34	0.075
Ln2	0.54	0.06	0.038	0.39	0.073
Lv	0.61	0.05	0.040	0.27	0.044
LvFr	0.97	0.07	0.090	0.20	0.044
Fr	0.86	0.08	0.045	0.14	0.030
Fm	0.36	0.05	0.038	0.08	0.025
MÉDIA					
Ln1	0.48	0.04	0.047	0.33	0.065
Ln2	0.62	0.05	0.040	0.37	0.060
Lv	0.69	0.05	0.038	0.30	0.070
LvFr	1.04	0.08	0.060	0.22	0.044
Fr	0.94	0.08	0.047	0.15	0.036
Fm	0.48	0.05	0.036	0.07	0.029

ANEXO 10. TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE

AMOSTRA 2	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)
Ln1	131	1913	6	5
Ln2	192	1038	4	5
Lv	166	825	6	5
LvFr	258	275	5	6
Fr	775	54	8	4
Fm	1100	43	7	4
AMOSTRA 4				
Ln1	108	2150	5	4
Ln2	236	1725	5	9
Lv	251	1500	6	10
LvFr	461	1663	6	9
Fr	473	198	7	5
Fm	1763	36	7	6
AMOSTRA 10				
Ln1	123	975	5	5
Ln2	178	750	7	5
Lv	250	650	9	9
LvFr	558	134	12	8
Fr	1113	43	8	5
Fm	5075	14	11	8
MÉDIA				
Ln1	121	1679	5	5
Ln2	202	1171	5	6
Lv	222	992	7	8
LvFr	426	691	8	8
Fr	787	98	8	5
Fm	2646	31	8	6

ANEXO 11. TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

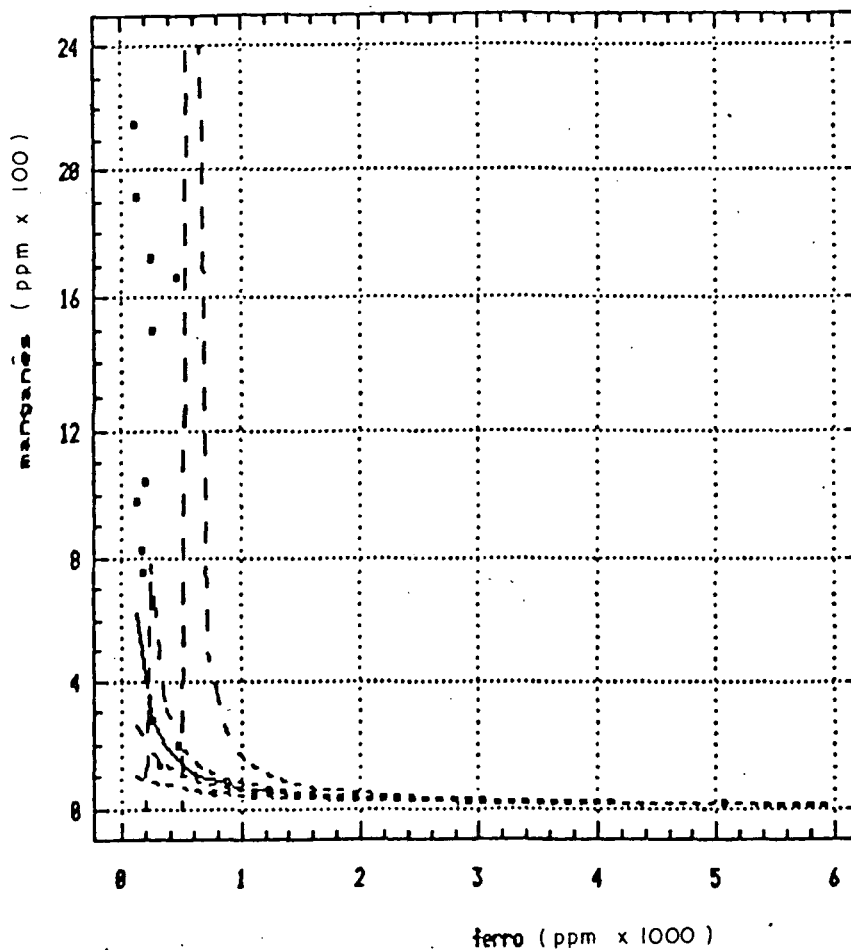
AMOSTRA 1	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Cu(ppm)	Zn(ppm)
Ln1	103	363	3	9
Ln2	135	250	8	9
Lv	314	199	6	11
LvFr	625	95	10	13
Fr	650	14	5	6
Fm	1325	6	7	3
AMOSTRA 5				
Ln1	118	209	9	4
Ln2	238	164	12	6
Lv	159	63	12	8
LvFr	526	36	25	8
Fr	788	8	10	4
Fm	2338	3	11	4
AMOSTRA 6				
Ln1	83	209	4	5
Ln2	150	166	5	7
Lv	229	160	5	8
LvFr	438	106	6	10
Fr	737	15	7	6
Fm	3172	15	5	7
AMOSTRA 9				
Ln1	106	168	6	4
Ln2	270	122	67	5
Lv	314	87	8	9
LvFr	323	79	20	10
Fr	569	35	9	4
Fm	1206	9	6	2
MÉDIA				
Ln1	103	237	6	6
Ln2	198	176	23	7
Lv	254	127	8	9
LvFr	478	79	15	10
Fr	686	18	8	5
Fm	2010	8	7	4

ANEXO 12. TEORES DOS MICRONUTRIENTES Fe, Mn, Cu e Zn DOS SUBORIZONTES DE CADA AMOSTRA E MÉDIA DOS TEORES NOS SUBORIZONTES DO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

AMOSTRA 4	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Ln1	129	866	22	17
Ln2	213	925	6	8
Lv	318	713	4	8
LvFr	556	588	4	8
Fr	3363	375	7	10
Fm	5075	68	8	11
AMOSTRA 7				
Ln1	185	1088	3	5
Ln2	253	1025	4	8
Lv	375	1063	4	9
LvFr	1338	1013	5	9
Fr	3875	338	7	9
Fm	4275	188	6	10
AMOSTRA 8				
Ln1	185	750	4	5
Ln2	363	1025	3	3
Lv	585	750	2	8
LvFr	776	250	2	10
Fr	4938	120	7	10
Fm	6363	60	8	13
MÉDIA				
Ln1	166	901	10	9
Ln2	276	992	4	6
Lv	426	842	3	8
LvFr	890	617	4	9
Fr	4059	278	7	10
Fm	5238	105	7	11

ANEXO 13. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Reciprocal model: $1/Y = a+bX$

Dependent variables:		Independent variables:		
manganês		ferro		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-1.66017E-4	1.00023E-3	-0.152557	.88065
Slope	1.40298E-5	0.05723E-7	18.4055	.00000

Analysis of Variance

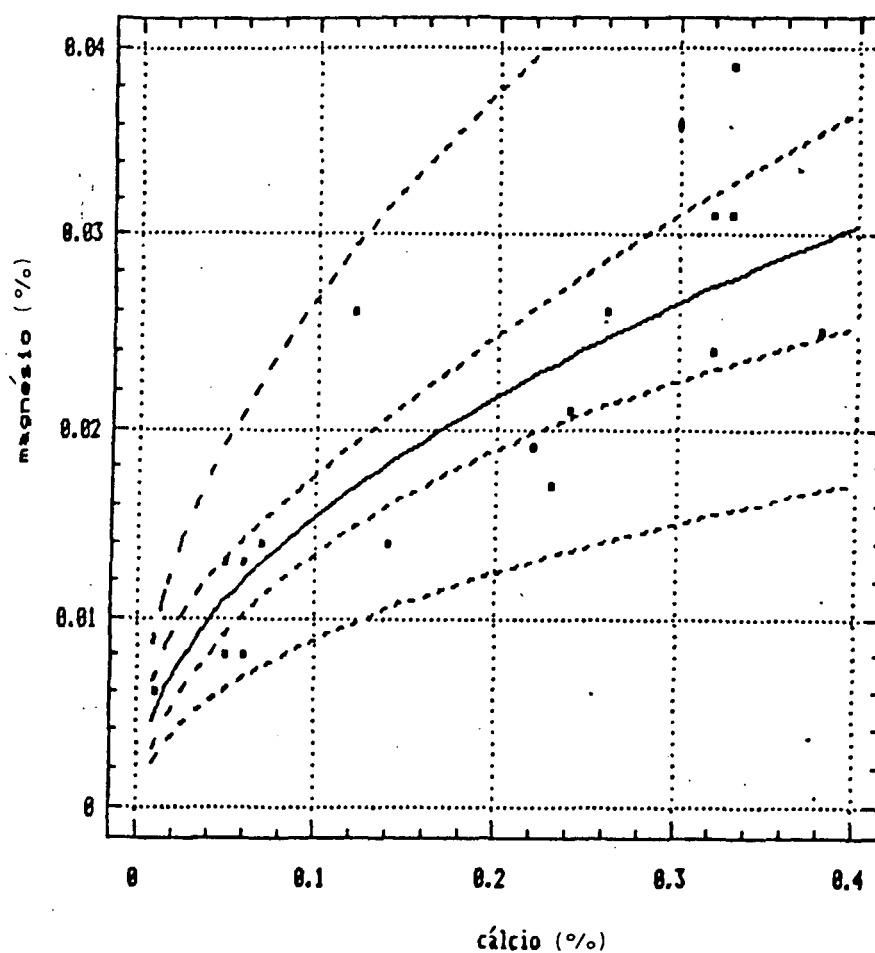
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.00517	1	.00517	338.7640	.00000
Error	.000244	16	.000015		
Total (Corr.)	.005411	17			

Correlation Coefficient = 0.97719
Std. Error of Est. = 3.90551E-3

R-squared = 95.49 percent

ANEXO 15. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: magnésio Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-3.84225	0.136357	-22.3189	.88888
Slope	0.498753	0.0623233	7.87431	.88888

NOTE: The Intercept is equal to $\log a$.

Analysis of Variance

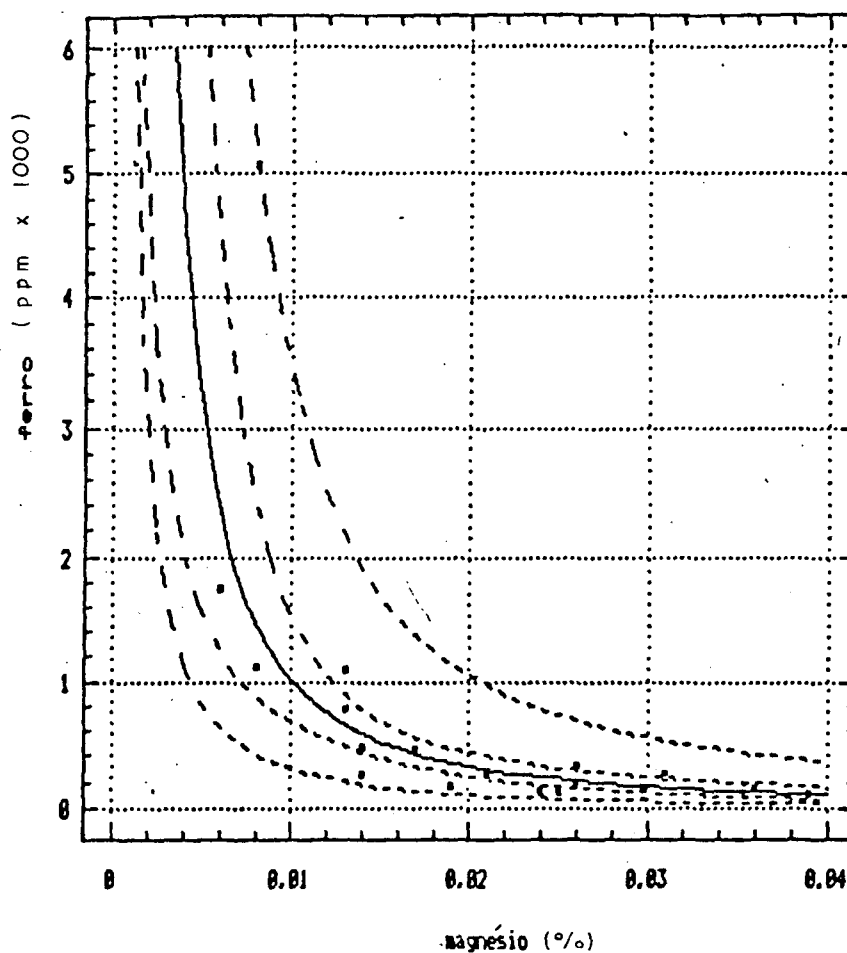
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	3.989381	1	3.989381	62.88482	.88888
Error	1.029438	16	.064340		
Total (Corr.)	5.018818	17			

Correlation Coefficient = 0.891363
Std. Error of Est. = 0.253633

R-squared = 79.49 percent

ANEXO 16. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mg x Fe NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: ferro Independent variable: magnésio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept†	-0.695244	0.979564	-0.709748	.48888
Slope	-1.65277	0.242353	-6.81969	.00000

† NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

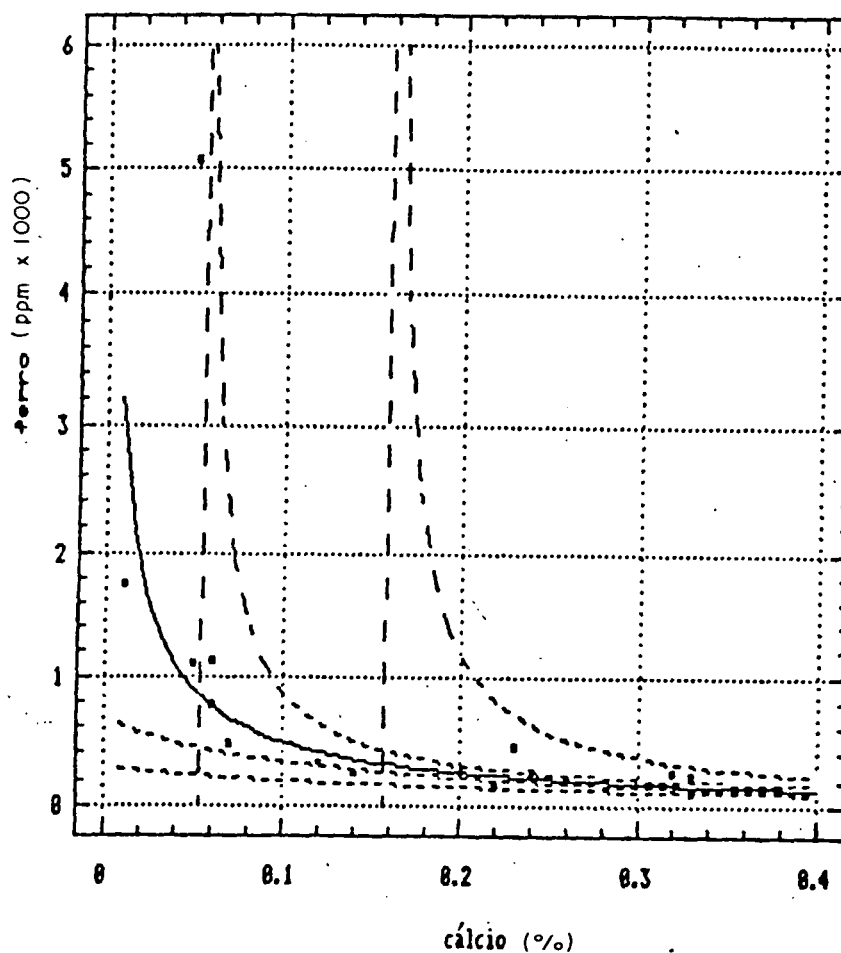
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	13.709623	1	13.709623	46.58811	.00000
Error	4.716467	16	.294779		
Total (Corr.)	18.426091	17			

Correlation Coefficient = -0.862574
Std. Error of Est. = 0.542936

R-squared = 74.48 percent

ANEXO 17. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Reciprocal model: $1/Y = a+bX$

Dependent variable:		Independent variables:		
ferro		cálcio		
Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	1.59311E-4	6.3996E-4	0.24894	.88657
Slope	0.0198382	2.88836E-3	6.77913	.00000

Analysis of Variance

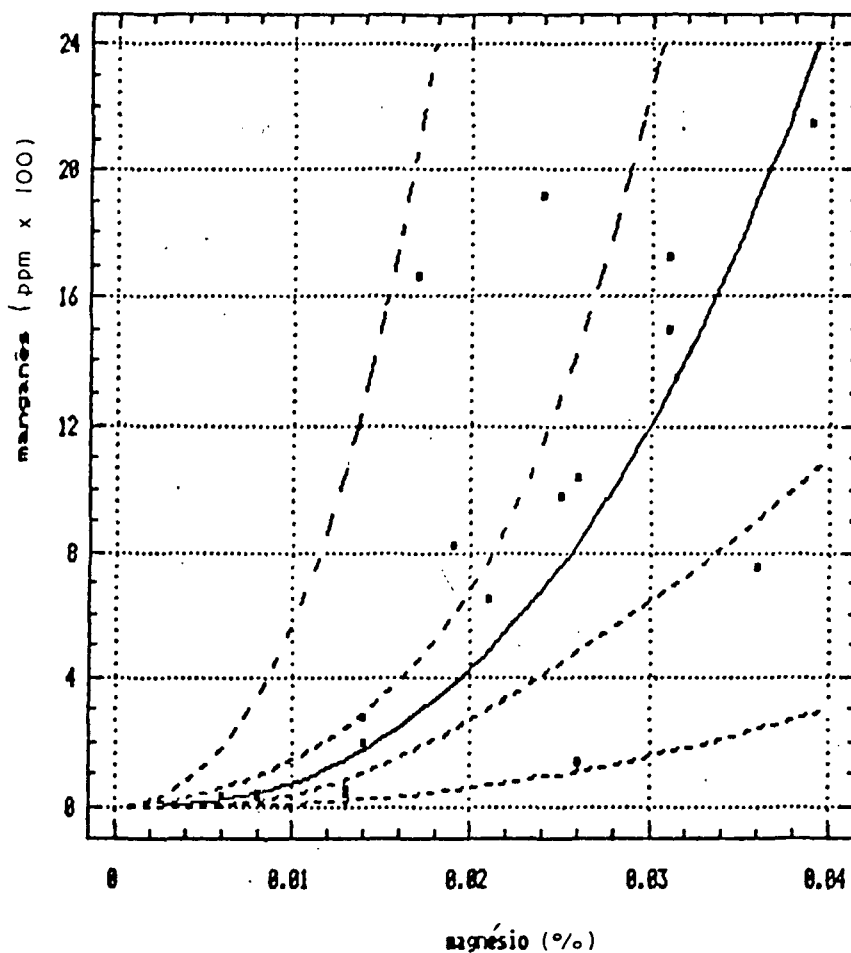
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.888894	1	.888894	45.95656	.00000
Error	.888833	16	.055552		
Total (Corr.)	.888126	17			

Correlation Coefficient = 0.861252
Std. Error of Est. = 1.42655E-3

R-squared = 74.18 percent

ANEXO 18. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Mg x Mn NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variables: manganês Independent variables: magnésio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept [‡]	16.8521	1.65744	9.68484	.88288
Slope	2.55576	0.418866	6.23255	.88881

[‡] NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	32.782371	1	32.782371	38.84473	.88881
Error	13.582938	16	.843934		

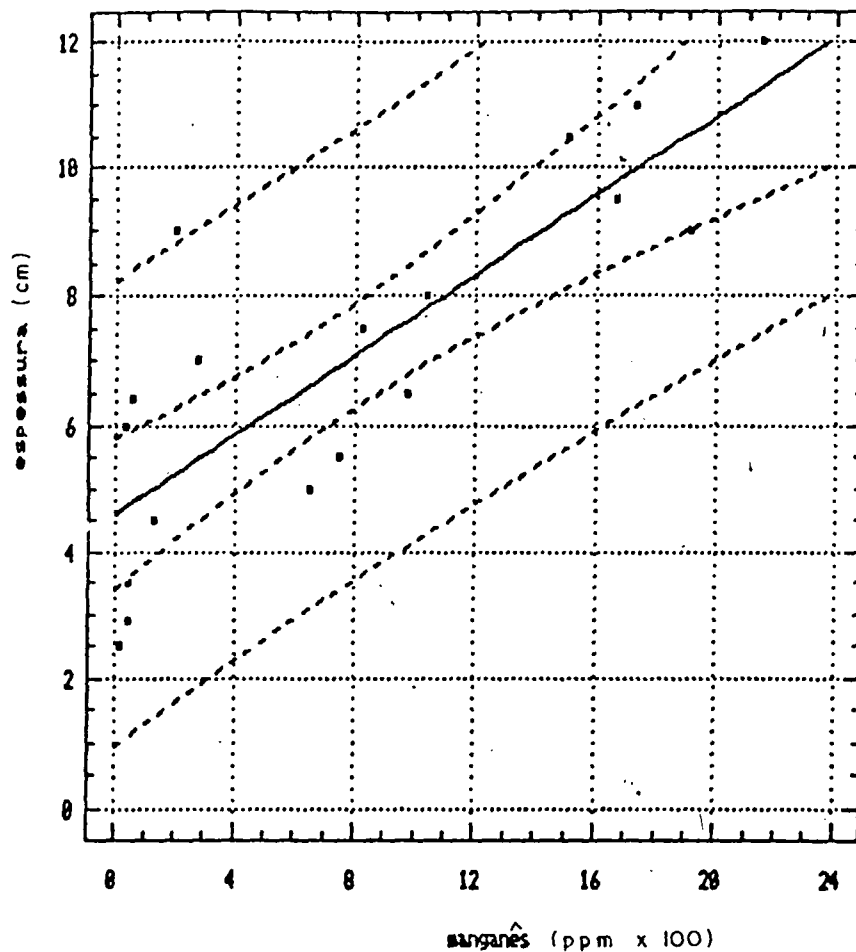
Total (Corr.) 46.285389 17

Correlation Coefficient = 0.841586
Std. Error of Est. = 0.918659

R-squared = 78.83 percent

ANEXO 19. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: *espessura* Independent variable: *manganês*

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	4.59578	0.566485	8.11395	.00000
Slope	3.11569E-3	5.35896E-4	5.81398	.00003

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	89.784337	1	89.784337	33.80233	.00003
Error	42.468663	16	2.653791		

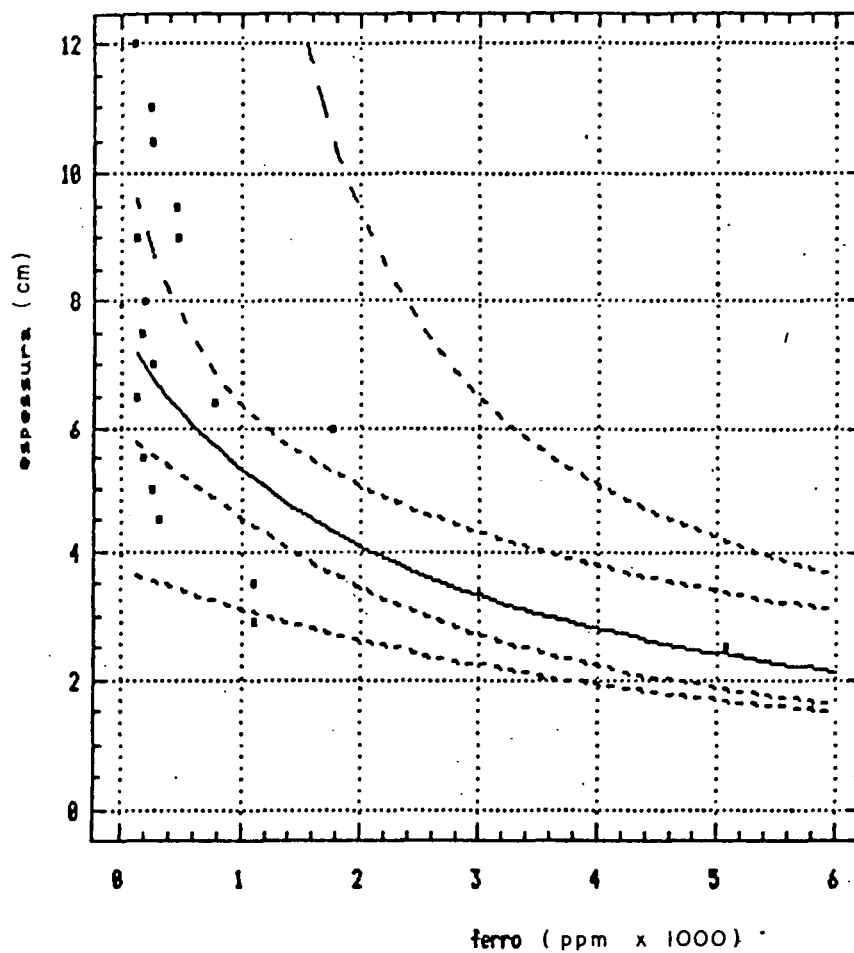
Total (Corr.) 132.16588 17

Correlation Coefficient = 0.823851
Std. Error of Est. = 1.62985

R-squared = 67.87 percent

ANEXO 20. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE BAIXA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Reciprocal models $1/Y = a + bX$

Dependent variables: .espeçura Independent variable: ferro

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.132091	0.0171593	7.69792	.00000
Slope	5.64447E-5	1.27048E-5	4.4428	.00041

Analysis of Variance

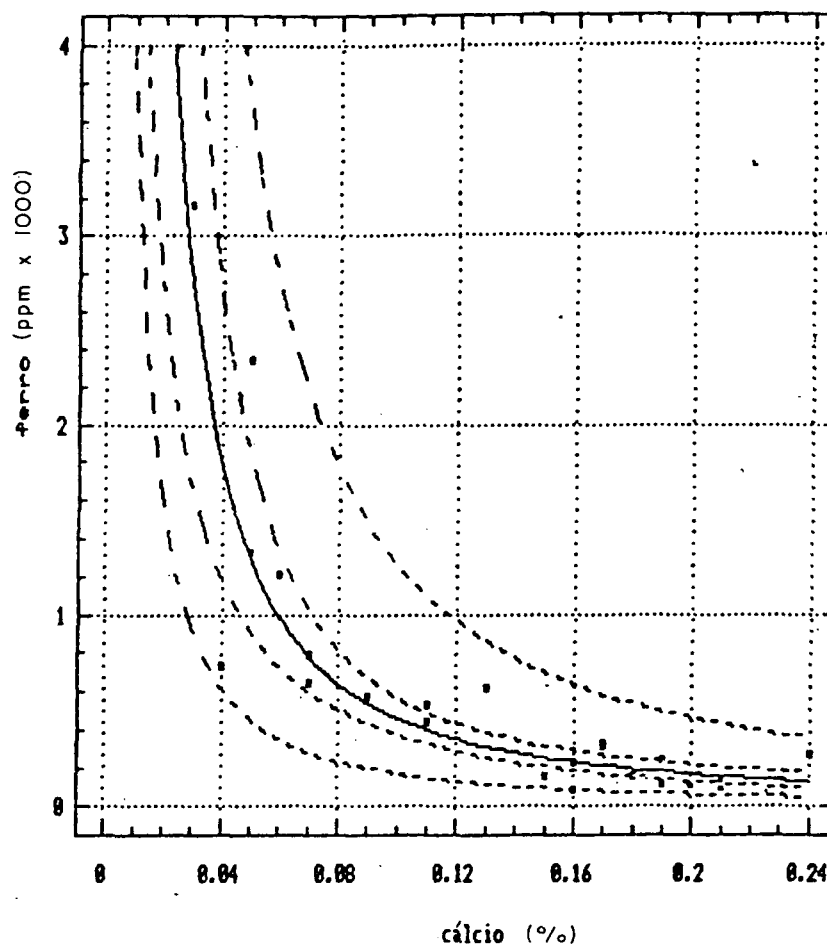
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.074056	1	.074056	19.73843	.00041
Error	.060679	16	.003792		
Total (Corr.)	.135535	17			

Correlation Coefficient = 0.743171
Std. Error of Est. = 0.0615826

R-squared = 55.23 percent

ANEXO 21. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aI^b$

Dependent variables: ferro Independent variables: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	2.75384	0.365231	7.54	.00000
Slope	-1.4704	0.163296	-9.00449	.00000

NOTE: The Intercept is equal to $\log a$.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	18.004888	1	18.004888	81.00078	.00000
Error	4.885344	22	.222061		

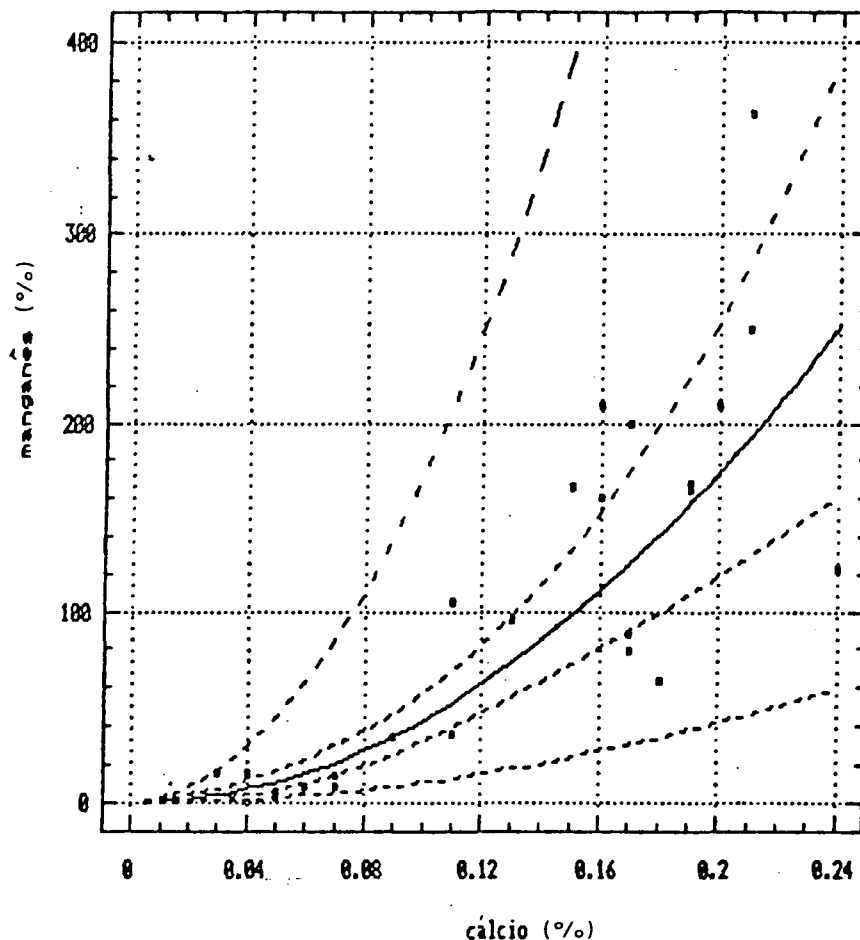
Total (Corr.) 22.890233 23

Correlation Coefficient = -0.886891
Std. Error of Est. = 0.471234

R-squared = 78.66 percent

ANEXO 22. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: manganês Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept [‡]	0.48982	0.511389	16.4461	.00000
Slope	2.02854	0.228688	8.83845	.00000

[‡] NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	33.998163	1	33.998163	78.11825	.00000
Error	9.574789	22	.435214		

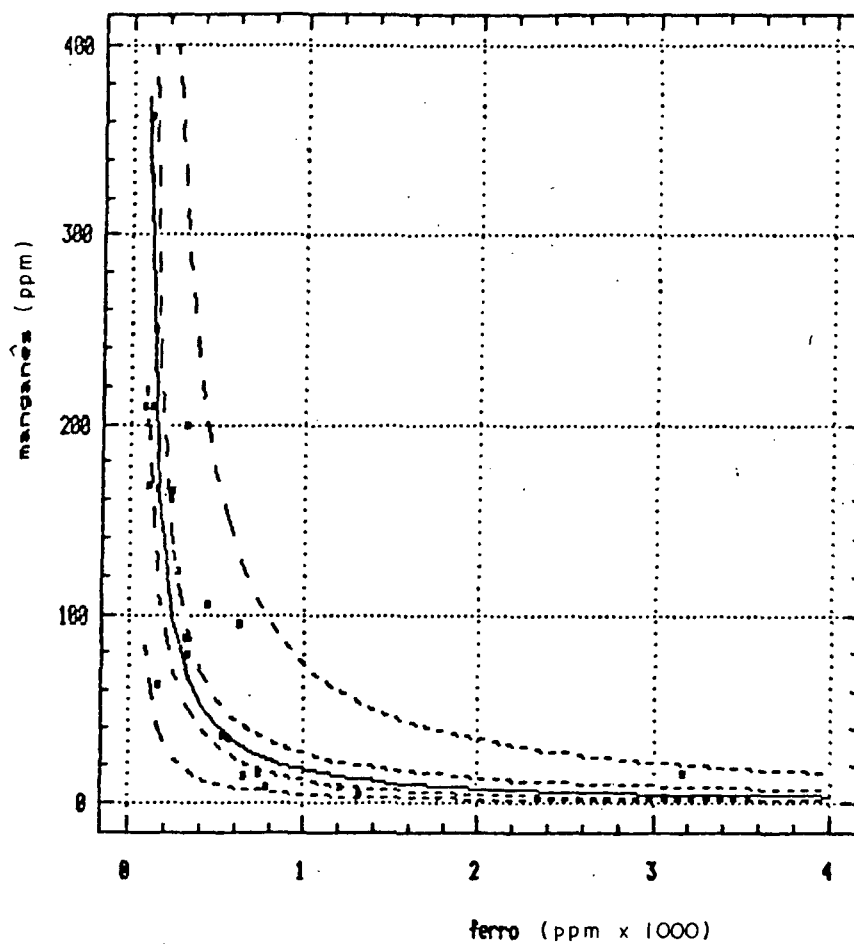
Total (Corr.) 43.572872 23

Correlation Coefficient = 0.883323
Std. Error of Est. = 0.659788

R-squared = 78.83 percent

ANEXO 23. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: $\hat{manganês}$ Independent variable: ferro

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept†	11.2357	0.842833	13.3389	.00000
Slope	-1.21259	0.148323	-8.6414	.00000

† NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

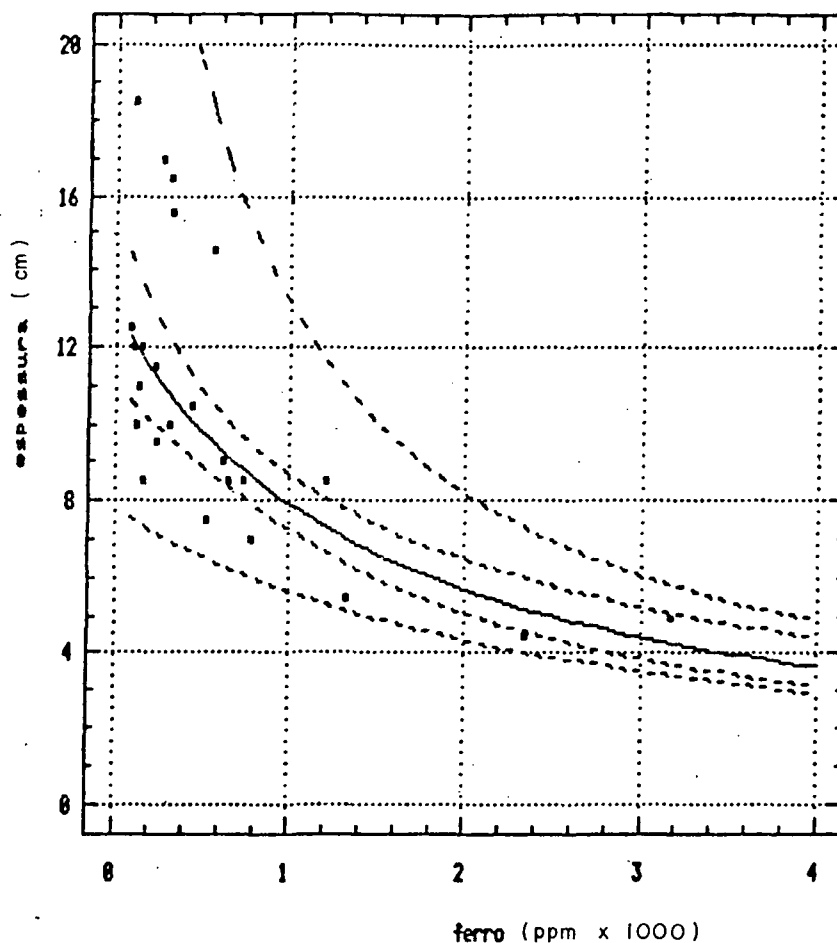
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	33.657818	1	33.657818	74.67379	.00000
Error	9.915854	22	.450721		
Total (Corr.)	43.572872	23			

Correlation Coefficient = -0.87888
Std. Error of Est. = 0.671357

R-squared = 77.24 percent

ANEXO 24. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA
PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Reciprocal model: $1/Y = a+bx$

Dependent variable: espessura Independent variables: ferro

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	0.0775971	6.34972E-3	12.2206	.00000
Slope	4.9048E-5	6.61711E-6	7.4123	.00000

Analysis of Variance

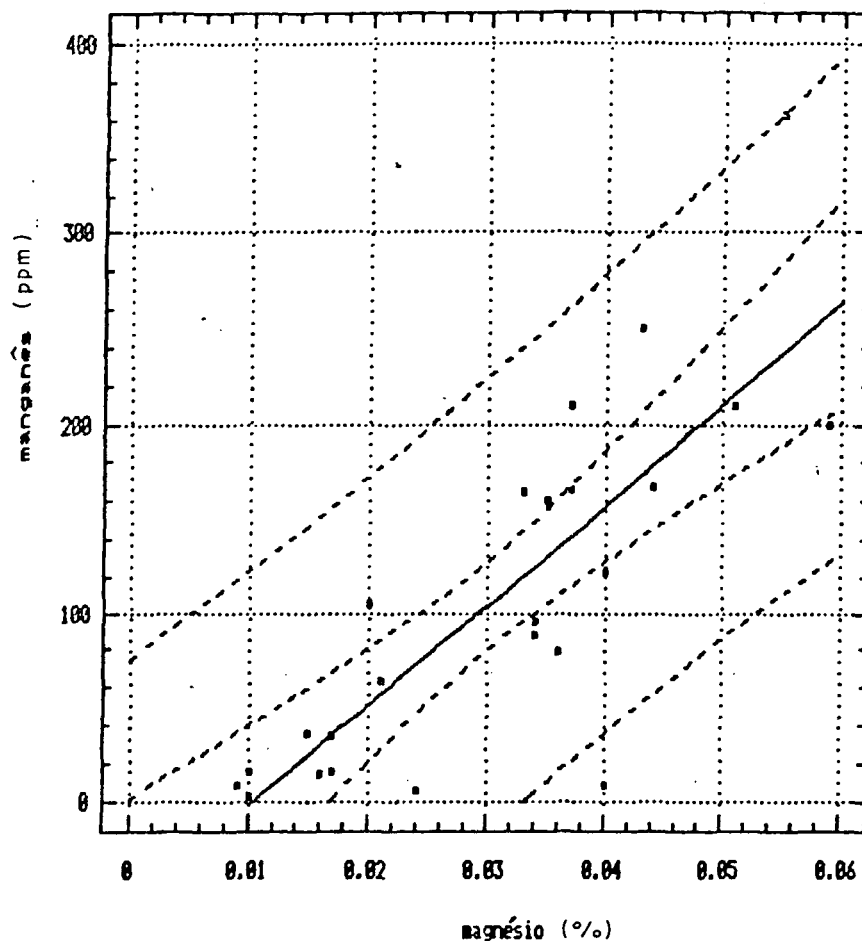
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.030863	1	.030863	54.94212	.00000
Error	.012350	22	.000562		
Total (Corr.)	.043222	23			

Correlation Coefficient = 0.845027
Std. Error of Est. = 0.0237011

R-squared = 71.41 percent

ANEXO 25. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Mg x Mn NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Linear model: $Y = a + bX$

Dependent variable: manganês Independent variable: magnésio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-55.2897	27.5389	-2.00828	.05785
Slope	5385.23	813.184	6.52482	.00000

Analysis of Variance

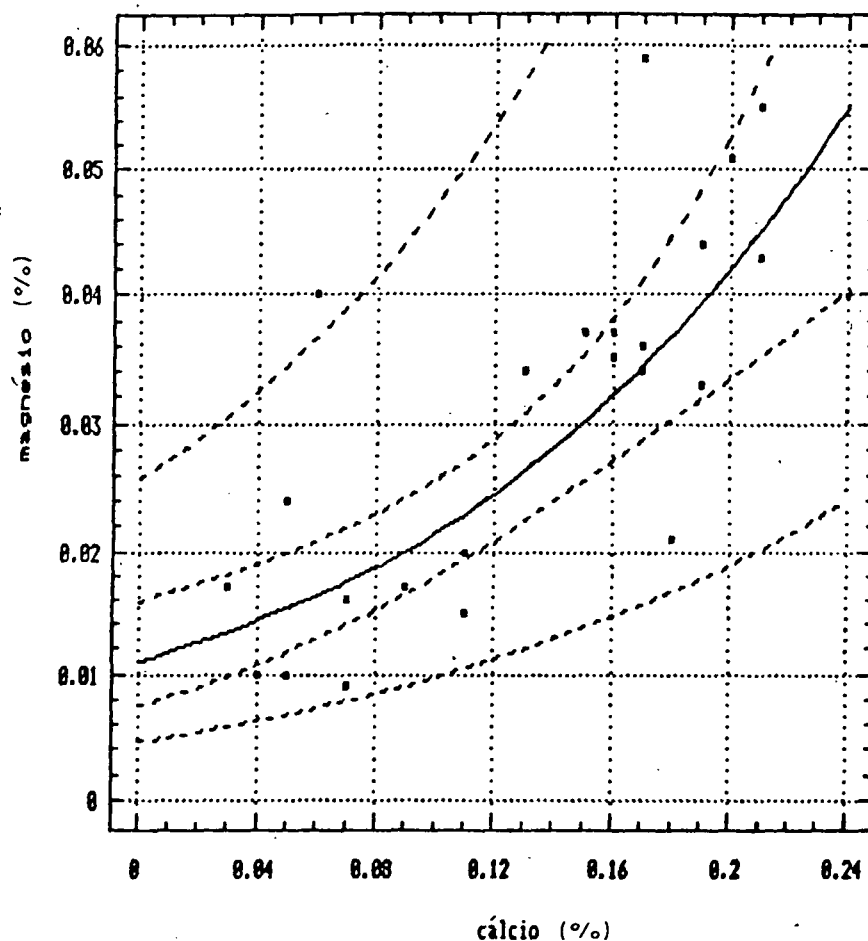
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	137264.15	1	137264.15	42.6	.00000
Error	78949.476	22	3224.976		
Total (Corr.)	288213.63	23			

Correlation Coefficient = 0.81194
Std. Error of Est. = 56.7889

R-squared = 65.92 percent

ANEXO 26. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a+bI)$

Dependent variable: magnésio Independent variables: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-4.51682	0.188262	-25.057	.00000
Slope	6.73991	1.22358	5.50835	.00002

Analysis of Variance

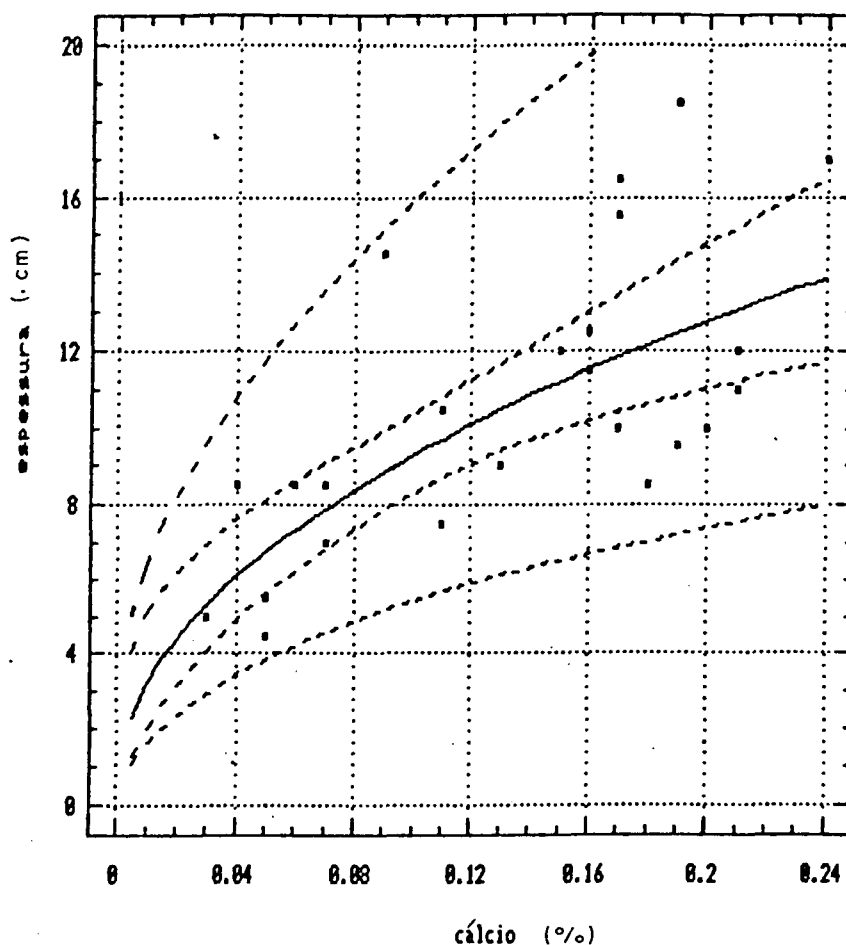
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	4.159358	1	4.159358	38.34187	.00002
Error	3.015822	22	.137083		
Total (Corr.)	7.175172	23			

Correlation Coefficient = 0.761371
Std. Error of Est. = 0.370247

R-squared = 57.97 percent

ANEXO 27. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $y = ax^b$

Dependent variable: espessura Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept [†]	3.28878	0.196911	16.7019	.00000
Slope	0.461172	0.0888394	5.23825	.00003

† NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sus of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.771118	1	1.771118	27.43929	.00003
Error	1.428832	22	.064547		

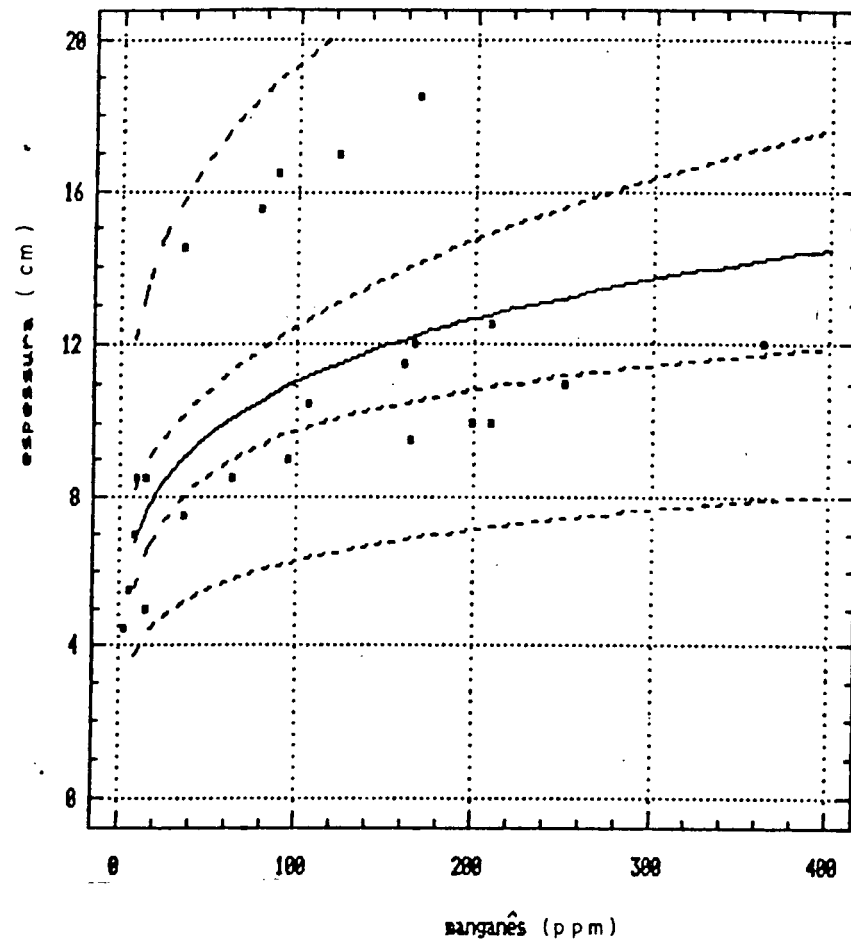
Total (Corr.) 3.191150 23

Correlation Coefficient = 0.74499
Std. Error of Est. = 0.254061

R-squared = 55.58 percent

ANEXO 28. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE MÉDIA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aI^b$

Dependent variable: espessura Independent variable: manganês

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	1.58683	0.171371	8.79276	.00000
Slope	0.194326	0.0401557	4.83932	.00000

NOTE: The Intercept is equal to $\log a$.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	1.645424	1	1.645424	23.41899	.00000
Error	1.545726	22	.070260		

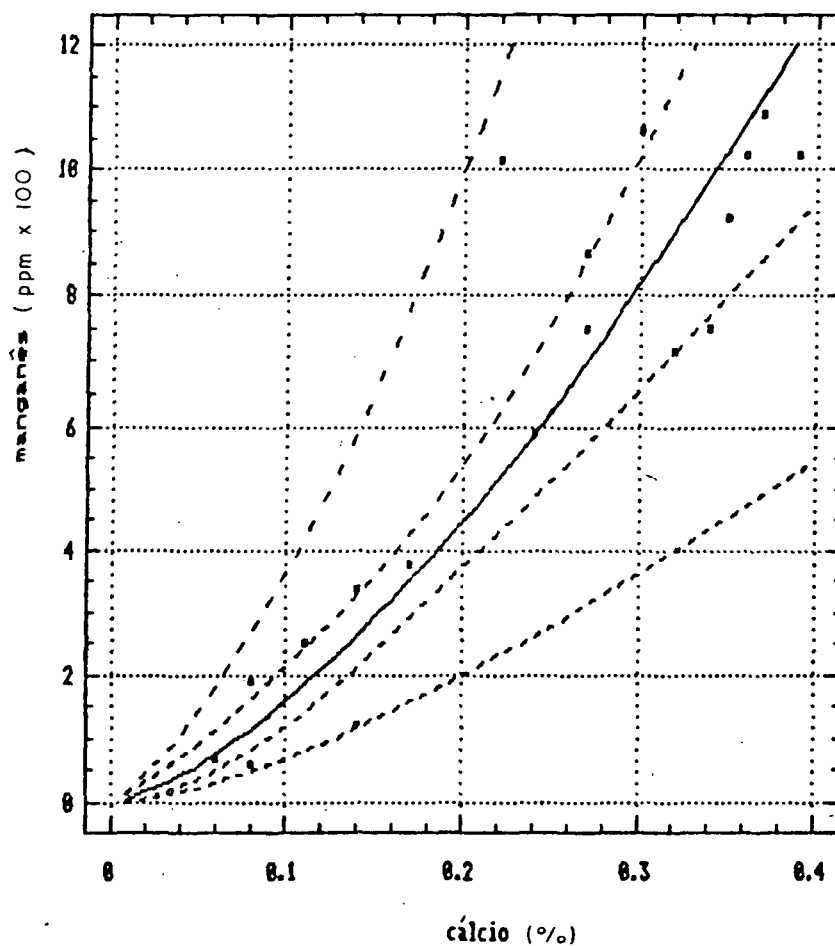
Total (Corr.) 3.191150 23

Correlation Coefficient = 0.718868
Std. Error of Est. = 0.265867

R-squared = 51.56 percent

ANEXO 29. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Mn NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: manganês Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept†	0.50536	0.254411	33.4316	.00000
Slope	1.49346	0.149527	9.9879	.00000

† NOTE: The Intercept is equal to $\log a$.

Analysis of Variance

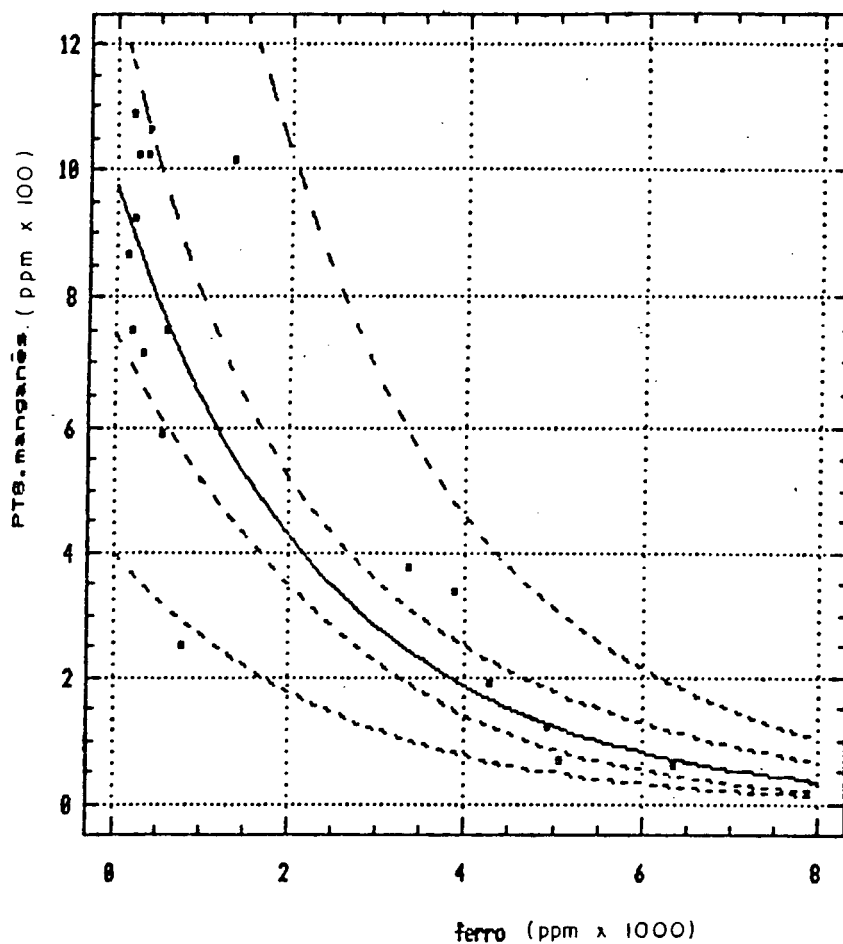
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	13.688423	1	13.688423	99.75813	.00000
Error	2.195458	16	.137216		
Total (Corr.)	15.883880	17			

Correlation Coefficient = 0.928321
Std. Error of Est. = 0.378427

R-squared = 86.18 percent

ANEXO 30. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Fe x Mn NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a+bX)$

Dependent variable: $\hat{mangan\hat{e}s}$ Independent variable: ferro

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	6.88881	0.126564	54.3661	.00000
Slope	-4.13654E-4	4.55712E-5	-9.0771	.00000

Analysis of Variance

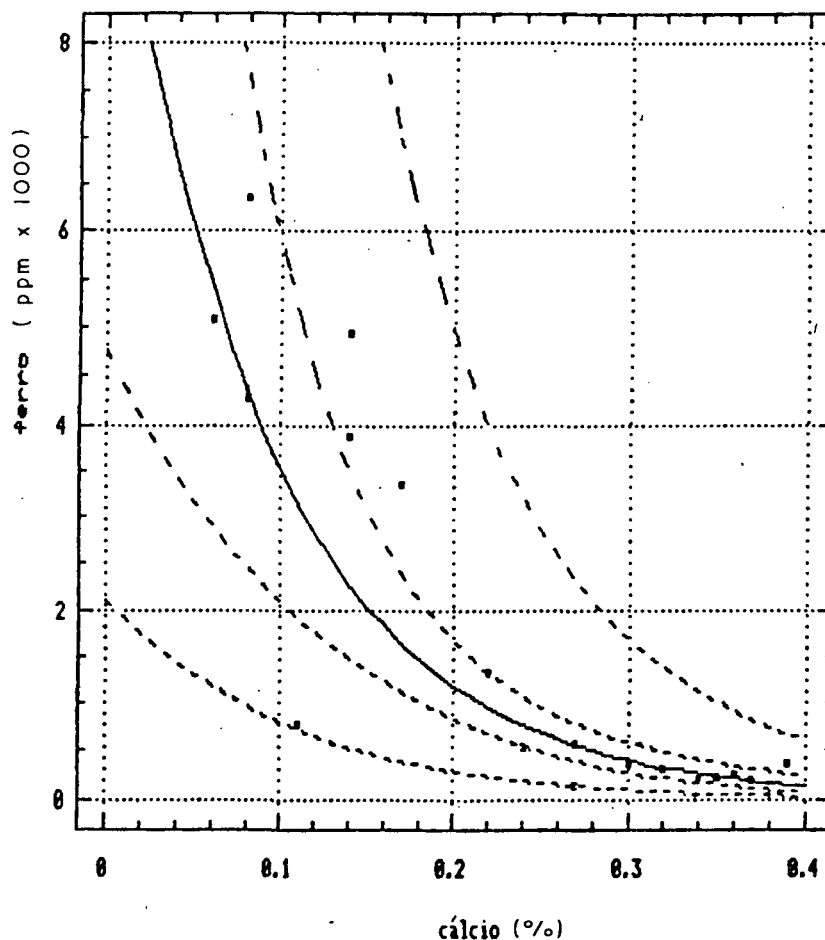
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	13.388970	1	13.388970	82.39368	.00000
Error	2.582911	16	.161432		
Total (Corr.)	15.883880	17			

Correlation Coefficient = -0.915889
Std. Error of Est. = 0.401786

R-squared = 83.74 percent

ANEXO 31. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Ca x Fe NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a+bX)$

Dependent variable: ferro Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	9.24824	0.364275	25.3661	.00000
Slope	-10.7985	1.4123	-7.64604	.00000

Analysis of Variance

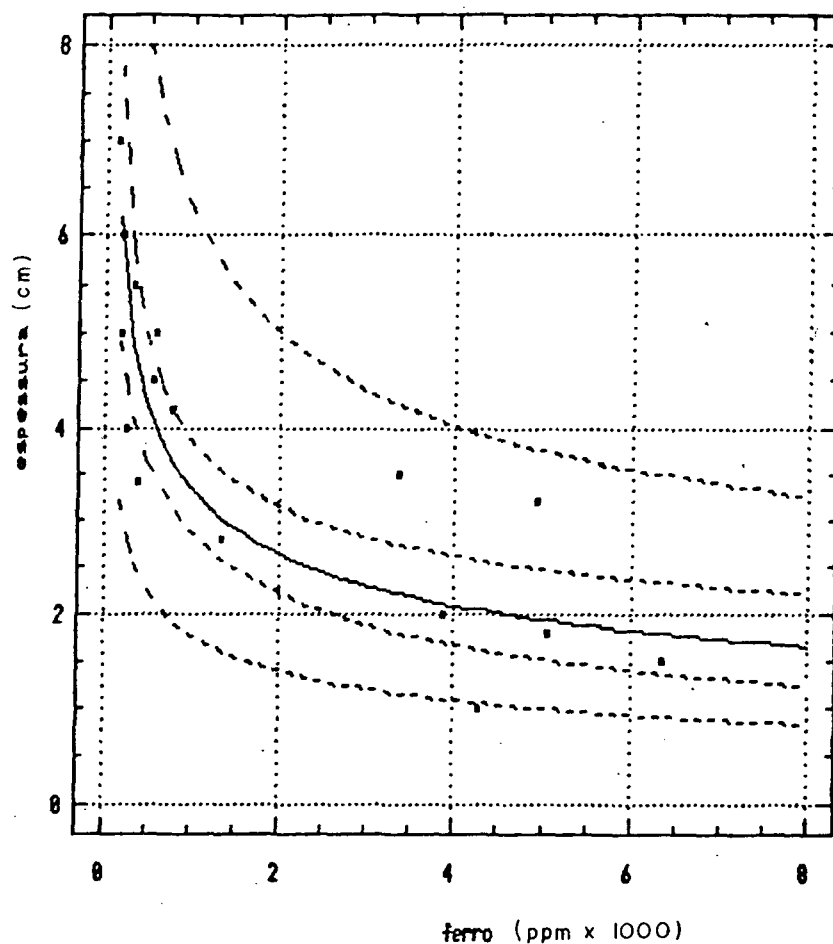
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	24.817435	1	24.817435	58.46196	.00000
Error	6.792891	16	.424586		
Total (Corr.)	31.609526	17			

Correlation Coefficient = -0.886873
 Std. Error of Est. = 0.651541

R-squared = 78.51 percent

ANEXO 32. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA CORRELAÇÃO Fe x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: espeçsura Independent variable: ferro

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	3.53297	0.35247	10.0235	.00000
Slope	-0.337197	0.0514999	-6.54754	.00001

† NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

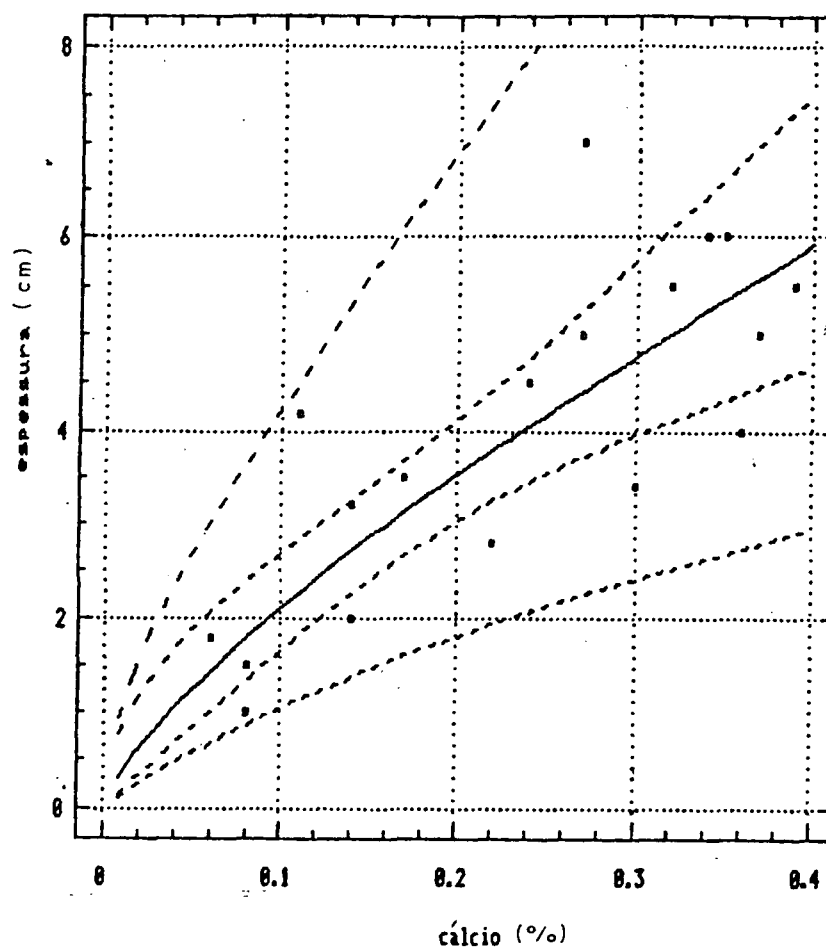
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	3.594067	1	3.594067	42.07027	.00001
Error	1.341374	16	.083836		
Total (Corr.)	4.935442	17			

Correlation Coefficient = -0.853356
Std. Error of Est. = 0.289544

R-squared = 72.82 percent

ANEXO 33. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Ca x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTI-
VIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variables: espessura Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept‡	2.45934	0.212357	11.5812	.00000
Slope	0.744952	0.124811	5.96866	.00002

‡ NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

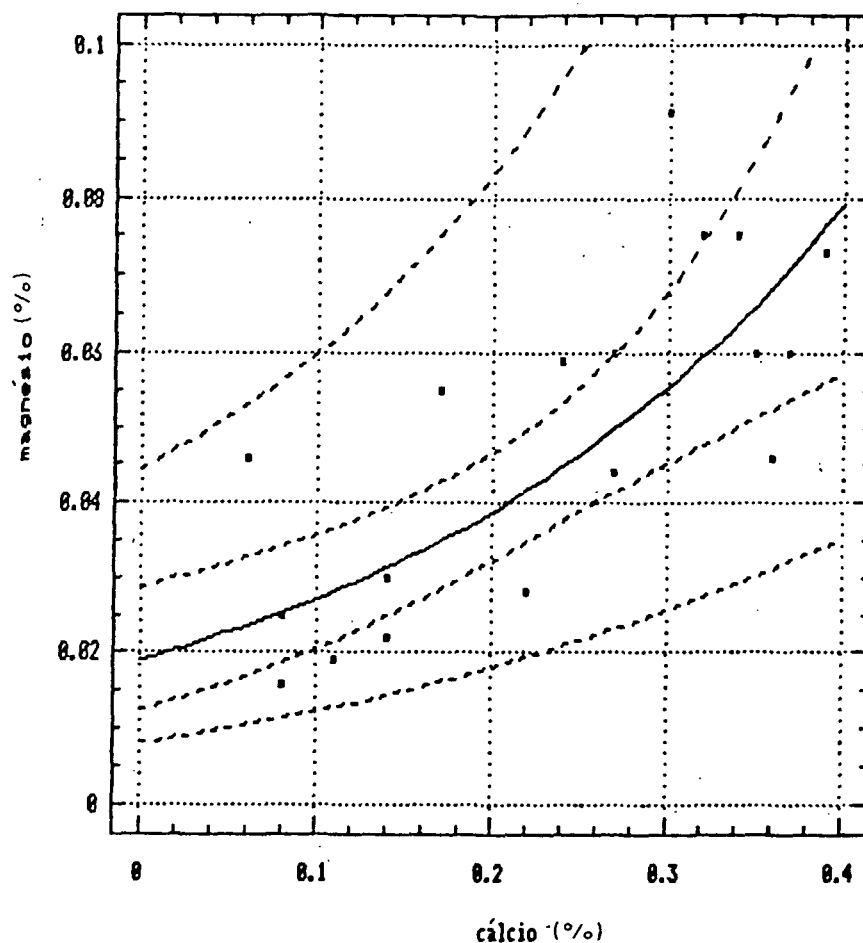
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	3.405811	1	3.405811	35.62494	.00002
Error	1.529630	16	.095682		
Total (Corr.)	4.935442	17			

Correlation Coefficient = 0.838706
Std. Error of Est. = 0.389196

R-squared = 69.81 percent

ANEXO 34. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Ca x Mg NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Exponential model: $Y = \exp(a+bX)$

Dependent variable: magnésio Independent variable: cálcio

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	-3.96315	0.195562	-20.2654	.00000
Slope	3.56367	0.758199	4.70018	.00024

Analysis of Variance

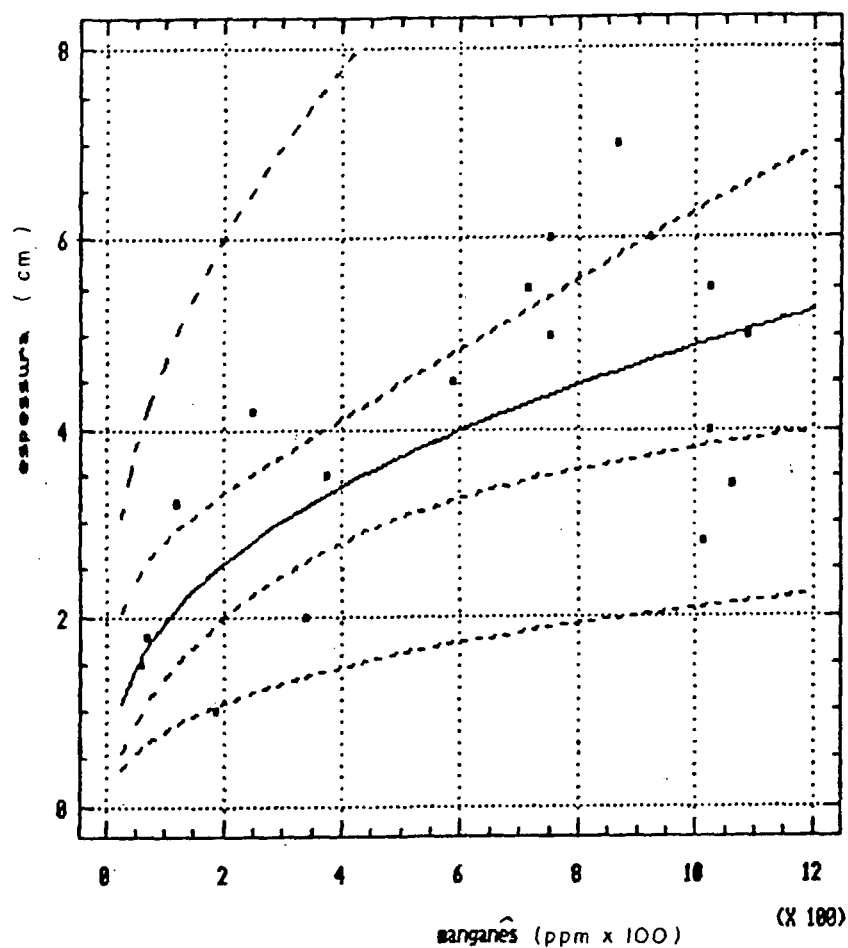
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.702859	1	2.702859	22.09168	.00024
Error	1.957558	16	.122347		
Total (Corr.)	4.660418	17			

Correlation Coefficient = 0.761552
Std. Error of Est. = 0.349782

R-squared = 58.00 percent

ANEXO 35. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Mn x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA
PRODUTIVIDADE.

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: espessura Independent variable: manganês

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept†	-1.19337	0.596951	-1.9991	.06288
Slope	0.402408	0.0964325	4.17295	.00072

† NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.572115	1	2.572115	17.41353	.00072
Error	2.363326	16	.147788		

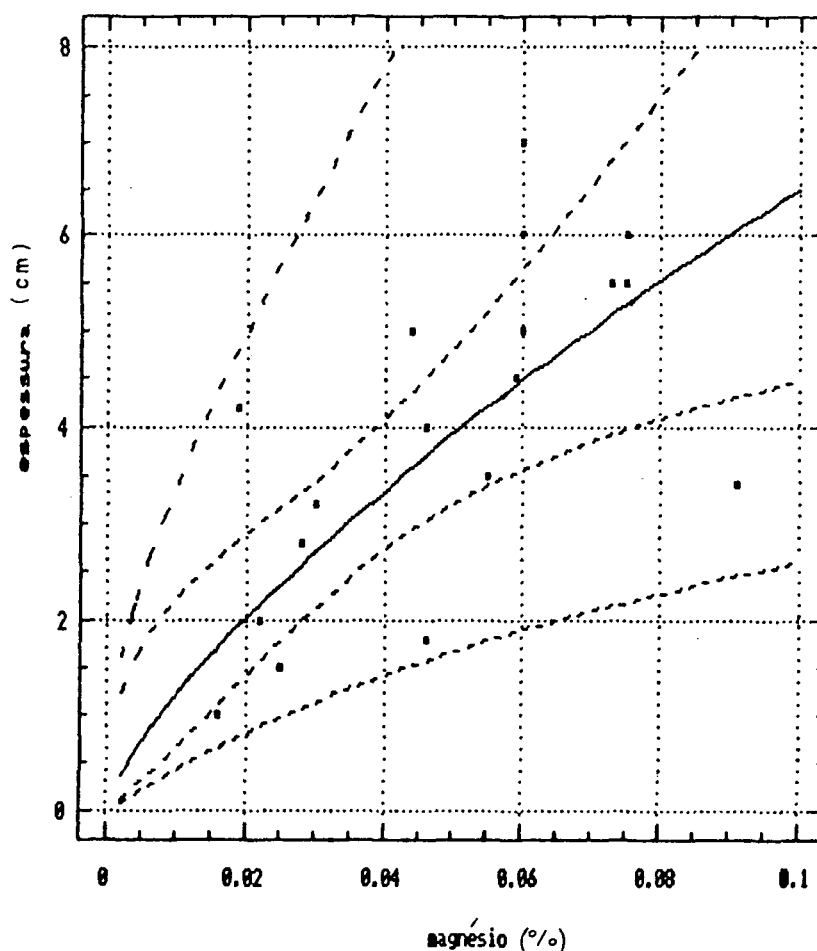
Total (Corr.) 4.935442 17

Correlation Coefficient = 0.721989
Std. Error of Est. = 0.384328

R-squared = 52.12 percent

ANEXO 36. ANÁLISE DE REGRESSÃO E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA
CORRELAÇÃO Mg x ESPESSURA NO SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE

SÍTIO DE ALTA PRODUTIVIDADE



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: **espessura** Independent variable: **magnésio**

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	3.55814	0.575811	6.16546	.00001
Slope	0.728935	0.181602	4.01393	.00100

* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	2.476297	1	2.476297	16.11160	.00100
Error	2.459145	16	.153697		

Total (Corr.) 4.935442 17

Correlation Coefficient = 0.708334
Std. Error of Est. = 0.392841

R-squared = 50.17 percent

ANEXO 37. TEORES DE MACRONUTRIENTES E MICRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS VERDES E NO SUBORIZONTE Ln1 NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
BAIXA PRODUTIVIDADE									
Acículas Verdes*	1,74	0,12	0,28	0,28	0,04	166	332	10	13
Ln1**	0,59	0,05	0,029	0,34	0,029	121	1679	5	5
MÉDIA PRODUTIVIDADE									
Acículas Verdes*	1,80	0,12	0,48	0,11	0,04	131	190	8	18
Ln1**	0,52	0,03	0,054	0,19	0,047	102	237	6	6
ALTA PRODUTIVIDADE									
Acículas verdes*	1,89	0,19	0,64	0,10	0,08	122	237	4	34
Ln1**	0,48	0,04	0,047	0,33	0,065	166	901	10	9

* Teor médio das acículas verdes no inverno (QUINTEROS, 1987)

** Teor médio de Ln1 no inverno de 1987 obtido neste trabalho.

ANEXO 38. TEORES MÉDIOS DE MACRO E MICRONUTRIENTES NAS ACÍCULAS DA SERAPILHEIRA (INVERNO DE 1986) E DO SUBORIZONTE Ln1 NO INVERNO DE 1987 NOS SÍTIOS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA PRODUTIVIDADE.

Material	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
BAIXA PRODUTIVIDADE									
Acículas Serap.*	0,70	0,03	0,040	0,22	0,050	106	1100	4	11
Ln1**	0,59	0,05	0,029	0,34	0,029	121	1679	5	5
MÉDIA PRODUTIVIDADE									
Acículas Serap.*	0,63	0,04	0,110	0,21	0,080	100	262	3	10
Ln1**	0,52	0,03	0,054	0,19	0,047	102	237	6	6
ALTA PRODUTIVIDADE									
Acículas Serap.*	0,62	0,03	0,070	0,26	0,080	122	800	4	11
Ln1**	0,48	0,04	0,047	0,33	0,065	166	901	10	9

* Teor médio das acículas da serapilheira do inverno de 1986 (WISNIEWSKI KOEHLER, 1989).

** Teor médio do suborizonte Ln1 do inverno de 1987 obtido neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BABEL, U. Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern. Geoderma, 5: 297-324, 1971.
- 2 _____. Moderprofile in Wäldern Stuttgart, Eugen Ulmer, 1972. 120 p.
- 3 BABEL, U., KREUTZER, K., ULRICH, B., ZEJSCHWITZ, E. von, ZÖTTL, H.W. Definition zur Humusmorphologie der Waldböden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Weinheim, v.143, 564-568, 1980.
- 4 BABEL, U. Humusmorphologische Untersuchungen in Nadelholzbeständen mit Wuchsstörung Mittteil. Ver. Forst. Standortkd. u. Forstpflanzenzüchtung v.29, p. 7-20, 1981.
- 5 BOCKHEIM, J.G. & LEIDE J.E. Litter and forest-floor dynamics in a *Pinus resinosa* plantation in Wisconsin. Plant and Soil, v.96, p. 393-406, 1986.
- 6 BOCKHEIM, J.G.; JEPSEN, E.A.; HEISEY, D.M. Nutrient dynamics in decomposing leaf litter of four tree species on a sandy soil in northwestern Wisconsin, Canadian Journal of Forest Research, v.96, p.803-812, 1991.
- 7 BOCKHEIM, K.L. Changes in the amount of nitrogen in decomposing leaf litter of sessil oak (*Quercus petraea*). Journal of Ecology, v.51, p. 555-566.
- 8 BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. Rio de Janeiro: livraria Freitas Bastos S.A., 1983. 647 p.
- 9 EDMONDS, R.L. Litter decomposition and nutrients release in Douglas fir, red alder, western hemlock, and Pacific silver fir ecosystems in Western Washington. Canadian Journal of Forest Research, V.10, p.327-337, 1980.
- 10 EDMONDS, R.L. Long term decomposition and nutrient dynamics in Pacific silver fir needles in western Washington. Canadian Journal of Forest Research, v.14, p.395-400, 1984.

- 11 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Curitiba: EMBRAPA.SNLCS / SUDESUL / IAPAR, 1984. v.1.
- 12 EPSTEIN, F. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. Livros Técnicos e Científicos Editora e Editora da USP, São Paulo. 1975. 341 p.
- 13 FINK, A. Pflanzenernährung in Stichwörten Kiel, F.Hirt, 1969. 200 p.
- 14 GODOY, H.; CORREA, A.C. & SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ. Manual agropecuário do Paraná. Londrina, 1976. p. 1-37.
- 15 GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E. & BORMANN, F.H. Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. Ecology, v.53, p.769-784, 1972.
- 16 GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E. & BORMANN, F.H. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook forest, New Hampshire. Ecological Monographs, v.43, p.173-191, 1973.
- 17 GHOLZ, H.L., FISHER, R.F. e PRITCHETT, W.L. Nutrient dynamics in slash pine plantation ecosystems. Ecology, v.66, n.3, p.647-659, 1985.
- 18 HAAG, H.P., ROCHA FILHO, J.V. de C.e OLIVEIRA, G.D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* II. Contribuição das espécies nos nutrientes na manta. O Solo, Piracicaba, v.70, n.2, p.28-31, 1978.
- 19 HILDEBRAND, C. Manual de análise química de solos e plantas. Curitiba, UFPR - Setor de Ciências Agrárias, 1976. 225 p. Mimeografado.
- 20 HOOVER, M.D. & LUNT H.A. Key for classification of forest humus types Soil Science Society Proceedings p.368-370, 1952.
- 21 JORGENSEN, J.R. & WELLS, C.G. The relationship of respiration in organic and mineral soil layers to soil chemical properties. Plant and Soil v.39, p.373-387, 1973.
- 22 KRAMMER, P.J. & KOSLOWZKI, T.T. Physiology of woody plants. New York: Academic Press, 1979. 811p.

- 23 LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal São Paulo: EPU Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 319p.
- 24 LOPES, M.I.M.S. e GARRIDO, M.A. de O. Teores de micronutrientes na manta orgânica de cerrado e de alguns povoamentos de Pinus. Boletim Técnico. IF, São Paulo, v.40, n.1, p.53-61, jun. 1986.
- 25 MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 254 p.
- 26 MASON, C.F. Decomposição. São Paulo: EPU, 1980, 63 p.
- 27 MEAD, D.G. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantations. In: BOWEN, G.D. e NAMBIAR, E.K.S., Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p.259-291.
- 28 MENGEL, K. e KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition Berna: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- 29 MILLAR, C.S. Decomposition of coniferous leaf litter. In: DICKINSON, C.H. & PUGH, G.J.F., ed. Biology of plant litter decomposition. London: Academic Press, 1974. v.1, p.105-128.
- 30 MILLER, H.G. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In BOWEN, G.D. & NAMBIAR, E.K.S., ed. Nutrition of plantation forests. London: Academic Press, 1984. p. 53-78.
- 31 MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell soil color charts. Baltimore, 1946.
- 32 NOVAIS, R.F. de F. & POGGIANI, F. Deposição de folhas e nutrientes em plantações puras e consorciadas de Pinus e Liquidambar. IPEF, Piracicaba, v.23, p.57-60, 1983.
- 33 PRITCHETT, W.L. Properties and management of forest soils. New York, J. Wiley, 1979. 500 p.
- 34 QUINTEROS DOLDAN, M.E. Desenvolvimento da altura dominante de Pinus taeda L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa. Curitiba, 1987. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná.

- 35 REISSMANN, C.B. Nährelementversorgung und Wuchsleistung von Kiefernbeständen in Südbrasilien. Freiburg, 1981. 159p. Tese. Doutorado. Albert-Ludwigs Universität - Alemanha.
- 36 REISSMANN, C.B.; RODERJAN, C.V. & KUNIYOSHI, Y.S. Análise química do húmus em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Silvicultura em São Paulo, 16 A(1): 575-578, 1982.
- 37 REISSMANN, C.B. Morfologia de horizontes orgânicos de coníferas exóticas no sul do Brasil. Revista do Setor de Ciências Agrárias, 5: 11-16, 1983.
- 38 REMEZOV, N.P. & POGREBNIAK, P.S. Forest Soil Science U.S. Department of Agriculture and Nature Science Foundation, Washington, D.C., 1969. 261p.
- 39 ROCHA FILHO, J.V. de C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de & PITELLI, R.A. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus* I. Distribuição no solo e na manta. Anais da E.S.A. Luis de Queirós, v.25, p.113-123, 1978.
- 40 SANTOS FILHO, A. & ROCHA, H.O. Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no 2º Planalto do Paraná. Sub-Projeto II- Solos. Curitiba, UFPR, 1990, v.2, 157p.
- 41 SCHROEDER, D. Bodenkunde in Stichworten. Hamburg, Verlag Ferdinand Hirt, 1978. 154p.
- 42 STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and Procedures of statistics: with special reference to the biological sciences. New York, McGraw Hill, 1960. 481p.
- 43 SWITZER, G.L. & NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: the first twenty years. Soil Science Society of America Proceedings. New York: State University of New York, 1979. p.2-21.
- 44 TIFFIN, L.O. Translocation of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. e LINDSAY, W.L., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Wis., Soil Science Society of America Proceedings, 1972. p.199-229.
- 45 TOUTAIN, F. Les humus forestiers: structure et mode de fonctionnement. Revue forestière française, 33(6): 449-477, 1981.

- 46 VALERI, S.V. Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades Curitiba, 1988. 164 p. Tese (Doutoramento em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1988.
- 47 VAN LEAR, D.H. e GOEBEL, N.B. Leaf fall and forest floor characteristics in loblolly pine plantation in the South Carolina Piedmont. Soil Science Society of America Journal, 40:116-119, 1976.
- 48 VAVOULIDOU-THEODOROU, E. Feinwurzelndynamic und Humusdynamic im Humusprofil von Wuchsgestörten Fichtenbeständen. Tese de Doutorado. Universität Hohenheim. 163p. 1981.
- 49 VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1991. 123p.
- 50 VOGT, K.A. & EDMONDS, R.L. Patterns of nutrients concentration in basidiocarps in western Washington. Canadian Journal of Botany, v.58, p.694-698, 1980.
- 51 VOGT, K.A.; GRIER, C.C.; MEIER, C.E. & EDMONDS R.L. Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* in Western Washington. Ecology, v.63, p.370-380, 1982.
- 52 WISNIEWSKI KOEHLER, C. Variação estacional da deposição da serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa-PR. Curitiba, 1989. 148 p. Tese (Doutoramento em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, 1989.
- 53 WHITTAKER, R.H. Communities and ecosystems. New York: Macmillan Publishing, 1975. 385 p.
- 54 WILLIAMS, S.T. & GRAY, T.R.G. Decomposition of litter on the soil surface In: DICKINSON, C.H. & PUGH, G.J.F. Biology of plant litter decomposition. London: Academic Press, 1974. v.2, p.105-128.
- 55 WOOLDRIDGE, D.D. Chemical and physical properties of forest litter layers in Central Washington. In: YOUNGBERG, C.T. & DAVEY C.B. ed. Tree growth and forest soils, Corvallis: Oregon State University Press, 1968. p. 327-337.