

ESTUDO DA QUALIDADE DE SITIO PARA Pinus caribaea MORELET var hondurensis
BARRETT E GOLFARI NO CANTÃO DE TURRIALBA, COSTA RICA

Tese de Grau de Magister Scientiae

Floriano Barbosa Isolan



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DA OEA
Centro Tropical de Ensino e Pesquisa
Departamento de Ciências Florestais Tropicais
Turrialba, Costa Rica
Fevereiro, 1972

ESTUDO DA QUALIDADE DE SITIO PARA Pinus caribaea MORELET var hondurensis
BARRETT E GOLFARI NO CANTÃO DE TURRIALBA, COSTA RICA

Tese


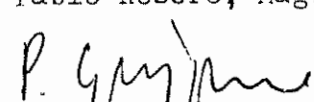
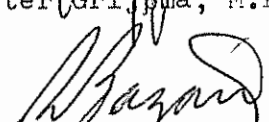

Apresentada ao Conselho da Escola para Graduados
como requisito parcial para optar ao grau de

Magister Scientiae

no

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas da OEA

AFROCVADA:

 ----- Pablo Rosero, Mag. Sc.	Conselheiro
 ----- Pieter Grijsma, M.F.	Comitê
 ----- Rufo Bazán, Ph.D.	Comitê
 ----- Thomas A. McKenzie, M.F.	Comitê

Fevereiro, 1972

Aos meus pais e irmãos

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes pessoas e entidades que, de uma maneira ou outra, lhe deram condições de efetuar este trabalho, bem como todo o curso de pós-graduação:

- Ao prof. Pablo Rosero, conselheiro principal, por sua orientação e apoio no encaminhamento e conclusão desta tese.
- Aos professores Pieter Grijpma, Rufo Bacán e Thomas McMenzie, membros do comitê conselheiro, pelo aporte de críticas e assessoramento.
- Ao Dr. Gilberto Páez, por sua assessoria na análise e interpretação estatística.
- A Zona Sul do IICA, pela outorgação da bolsa de estudos.
- Aos professores Marconi Barbosa e Flavio Goidanich, diretores da PLANTA-Experimentos Florestais, do Rio Grande do Sul (Brasil) pelo estímulo permanente que demonstram para a ampliação de conhecimentos científicos do autor no campo da Silvicultura, do qual são entusiastas.
- Aos demais professores, colegas e pessoal do CTEI-IICA que de uma ou outra forma contribuíram para a efetivação desta jornada.

BIOGRAFIA

O autor nasceu em São Luiz Gonzaga, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Realizou seus estudos universitários na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, concluindo o curso de Engenheiro Agrônomo em 1967.

No ano de 1967 ingressou na empresa FIANISUL-Planejamento e Projetos, em Fôrto Alegre, Rio Grande do Sul, tendo participado de diversos projetos e estudos econômicos e sociais nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nos anos de 1969 e 1970 realizou alguns trabalhos na área da Dasonomia, o que lhe despertou um maior interêsse nessa especialidade.

Em setembro de 1970 ingressou como estudante regular no Departamento de Ciencias Florestais Tropicais do Centro Tropical de Ensino e Pesquisa do IICA, em Turrialba, Costa Rica.

Depois de cumprir com todos os requisitos da Escola para Graduados, optou ao grau de Magister Scientiae, em fevereiro de 1972.

CONTEÚDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Importância do estudo	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Hipóteses formuladas	3
1.4. Alcance da pesquisa	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Problema taxonômico	4
2.2. Distribuição natural	4
2.3. O índice de sitio	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Localização do estudo	9
3.2. Informações gerais sobre a área do estudo	9
3.2.1. Geologia	9
3.2.2. Hidrografia e topografia	11
3.2.3. Clima	11
3.3. Seleção da amostra	13
3.4. Trabalho de campo	13
3.5. Trabalho de laboratório	14
3.5.1. Características físicas	14
3.5.1.1. Drenagem	14
3.5.1.2. Densidade aparente	15
3.5.1.3. Densidade dos sólidos	15
3.5.1.4. Porosidade total	15
3.5.1.5. Índice de textura	15
3.5.1.6. Espaço poroso capilar	16
3.5.1.7. Espaço poroso não capilar	16
3.5.1.8. Análise textural	16
3.5.1.9. Capacidade de campo	16
3.5.2. Características químicas	18
3.5.2.1. Reação do solo (pH)	18
3.5.2.2. Matéria orgânica	18
3.5.2.3. Nitrogênio total	18
3.5.2.4. Bases trocáveis	18
3.5.2.5. Fósforo disponível	18
3.6. Esquema de análise estatística	19
3.6.1. Primeira etapa - Correlações	19
3.6.2. Segunda etapa - Análise de caminhos	21
3.6.3. Curva de crescimento - função logística	24
3.6.4. Ponto de inflexão da curva de crescimento	24
3.7. Agrupamento das parcelas estudadas em classes de sitio	25

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS	26
4.1. Descrição dos perfis amostrados	26
4.2. Altura promédio das árvores dominantes e codomi- nantes	26
4.3. Interpretação dos resultados	30
4.3.1. Fatores limitantes	30
4.3.1.1. Características do lugar	30
4.3.1.2. Características físicas	31
4.3.1.3. Características químicas	33
4.3.1.4. Comentário	35
4.3.2. Análise de caminhos (path analysis)	35
4.3.2.1. Características do lugar	35
4.3.2.2. Características físicas	36
4.3.2.3. Características químicas	38
4.4. Diagramas de porosidade	39
5. DISCUSSÃO	41
5.1. Índice de sitio para as parcelas estudadas	41
5.2. Comparação de resultados com outros trabalhos	44
5.3. Comprovação das hipóteses	44
5.4. Ponto de inflexão da curva de crescimento para os sitios estudados	46
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	48
7. RESUMO	49
RESUMEN	50
SUMMARY	51
8. LITERATURA CITADA	52
9. APÊNDICE	56

LISTA DE QUADROS

<u>Quadro nº</u>		<u>Página</u>
1.	Formações geológicas que ocorrem na parte Este da Meseta Central de Costa Rica	10
2.	Resumo dos dados meteorológicos de Turrialba, Costa Rica	12
3.	Características dos perfís amostrados	27
4.	Valores utilizados para as análises estatísticas...	57
5.	Características físicas do perfil 1	64
6.	Características químicas do perfil 1	64
7.	Características físicas do perfil 2	65
8.	Características químicas do perfil 2	65
9.	Características físicas do perfil 3	66
10.	Características químicas do perfil 3	66
11.	Características físicas do perfil 4	67
12.	Características químicas do perfil 4	67
13.	Características físicas do perfil 5	68
14.	Características químicas do perfil 5	68
15.	Características físicas do perfil 6	69
16.	Características químicas do perfil 6	69
17.	Características físicas do perfil 7	70
18.	Características químicas do perfil 7	70
19.	Características físicas do perfil 8	71
20.	Características químicas do perfil 8	71
21.	Características físicas do perfil 9	72
22.	Características químicas do perfil 9	72
23.	Características físicas do perfil 10	73
24.	Características químicas do perfil 10	73
25.	Características físicas do perfil 11	74
26.	Características químicas do perfil 11	74
27.	Altura pro médio das árvores dominantes e codominantes (valores observados)	28
28.	Altura pro médio das árvores dominantes e codominantes (valores ajustados)	29
29.	Padrões "standards" de comparações, de Hardy	58

<u>Quadro nº</u>		<u>Página</u>
30.	Características do lugar. Matriz de correlação.....	31
31.	Características físicas. Matriz de correlação	32
32.	Matriz de correlação entre profundidade d. raízes, capa freática e drenagem do solo	32
33.	Características químicas. Matriz de correlação pre- liminar	33
34.	Características químicas. Matriz de correlação fi- nal	34
35.	Características do lugar. Cálculo dos efeitos atra- vés da análise de caminhos	59
36.	Características físicas. Cálculo dos efeitos atra- vés da análise de caminhos	60
37.	Características químicas. Cálculo dos efeitos atra- vés da análise de caminhos	61
38.	Valores calculados para Capacidade de campo e In- dice de textura	62

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura nº</u>		<u>Página</u>
1.	Ocorrência natural de <u>Pinus caribaea</u> Morelet	8
2.	Localização das Unidades de amostragem na área	17
3.	Diagramas de porosidade	83
4.	Representação gráfica dos sitios estudados	47

1. INTRODUÇÃO

Ultimamente com a crescente demanda de produtos florestais, têm havido grande exploração nos bosques naturais do mundo tropical. Nesse processo as melhores árvores de espécies comerciáveis vão sendo derrubadas, consistindo em um efeito negativo para sua regeneração, em vista de que somente ficam as árvores desprezíveis do ponto de vista comercial e que são aquelas que geralmente possuem maior capacidade natural de regeneração. Essa situação, em muitos casos, é aumentada pela constante demanda de novas áreas agrícolas, o que contribui para uma maior destruição dos bosques naturais, especialmente por queima e cultivos agrícolas seguintes em áreas sem vocação agrícola a longo prazo, ademais de não se utilizarem práticas conservacionistas. Devido a essa situação, começou-se a introdução em larga escala de diversas espécies de rápido crescimento, especialmente de coníferas. Porém, o plantio desordenado de espécies introduzidas, sem estudar os fatores ambientais para cada espécie pode causar sérias perdas para o reflorestamento.

Em vista dessa situação, o autor optou por um estudo de sitio para Pinus caribaea Morelet var hondurensis Barrott e Golfari que atualmente tem sido plantado em diversas partes do mundo (42, 49, 54, 55) e que demonstra ser de rápido crescimento e adaptabilidade.

1.1. Importância do estudo

Segundo o "Forest Soil Committee of the Douglas-fir Region" (17) a palavra "sitio" pode ser usada para designar as características ambientais ou referir-se à capacidade de uma área para produzir madeira. No presente estudo procurou-se associar os fatores do meio e o crescimento das árvores.

Diversos autores (14, 32, 52, 54, 55) afirmam que para propósito de manejo é importante conhecer os fatores do meio e esse conhecimento é possível pela determinação do índice de sitio. Davis (14) escrevendo sobre a importância da qualidade de sitio em manejo florestal declara que, como a produtividade das massas florestais varia tremendamente com a qualidade de sitio e na maioria das vezes não

se lhe dá uma adequada atenção ao comprar e vender terras florestais, bem como ao efetuar-se manejo florestal. Esse mesmo autor afirma que as indicações de qualidade de sítio são vitais para efeitos de regeneração e práticas silviculturais tais como limpezas, podas, raleios e cortes para melhoramento. Bons sítios justificam práticas intensivas de manejo e sítios pobres somente podem justificar práticas extensivas de manejo florestal.

Também a qualidade do sítio pode ser relacionada com a destinação de áreas para manejo de bacias hidrográficas, proteção florestal e preservação de vida silvestre, entre outras (14).

Van Goor, em trabalho feito no Brasil (22), afirma que o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal considera a classificação da terra para reflorestamento no sul do Brasil imprescindível à evolução de certos aspectos da política florestal e à criação de empresas florestais em bases sólidas.

Especificamente, para Turrialba, o presente estudo tem importância porque identificará alguns dos fatores de solo que limitam o crescimento da espécie estudada, informação útil para o Programa de Diversificação Agrícola, ora em execução naquela localidade, assim como para o próprio país. Para o Departamento de Ciências Florestais Tropicais do CTEI é de importância porque está em seu programa de introdução de espécies de rápido crescimento, o conhecimento do sítio para a espécie estudada, ademais de ser o primeiro estudo, no gênero, que se faz dentro do CTEI.

1.2. Objetivos

A presente pesquisa tem como objetivo básico desenvolver um método para detectar a qualidade de sítio em que estão plantadas as parcelas de Pinus caribaea var hondurensis na área de Turrialba, em base a identificar fatores edáficos mais importantes que influem no crescimento dessa espécie.

1.3. Hipóteses formuladas

Em base a um estudo bibliográfico do tema e como resultado de visitas à algumas plantações com testes preliminares, se formularam as seguintes hipóteses:

- As plantações de Pinus caribaea var hondurensis (em sua maioria feitas por particulares) na área de Turrialba estão localizadas dentro de um mesmo sitio, do ponto de vista de classificação de terras florestais.

- A drenagem (e seus efeitos correlacionados) é o principal fator limitante ao crescimento da espécie estudada.

- As características químicas do solo, não se apresentam como fatores limitantes ao crescimento dessa conífera.

1.4. Alcance da pesquisa

O estudo restringiu-se às parcelas do cantão de Turrialba pela pouca existência de plantações com dados contínuos de crescimento, razão pela qual, do ponto de vista de aplicação dos resultados, o alcance desta pesquisa é local, porém, como metodologia para avaliar-se condições de sitio, pode ser empregada em qualquer parte.

Por outro lado, registra-se o fato que trabalhou-se com parcelas de jovem idade, que variavam de 2 a 6 anos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Problema taxonômico

É muito importante esclarecer o problema taxonômico da espécie estudada, já que há pouco tempo, a confusão era grande sendo que o autor encontrou referências do Pinus caribaea, incluindo tôdas as variedades da espécie, citadas como uma só espécie (13).

Para esclarecer o problema da classificação sistemática da espécie em estudo, aproveitou-se a oportuna pesquisa de Barrett e Golfari (2). Como resultado dêsse trabalho, realizado na América Central e Antilhas, subdividiram a espécie "pino do Caribe" (Pinus caribaea Morelet) da seguinte maneira: Pinus caribaea Morelet var caribaea variedade típica, Pinus caribaea Morelet var hondurensis nova variedade e Pinus caribaea Morelet var bahamensis nova variedade.

Para o presente trabalho, se disporá da segunda variedade determinada (Pinus caribaea Morelet var hondurensis Barrett e Golfari).

O problema da confusão de nomenclatura dessa espécie dificultou a obtenção de maiores informações, já que, por segurança, somente se recoletou informações de crescimento nas ocasiões em que o artigo referia-se, especificamente, à nova variedade determinada por Barrett e Golfari (2). Segundo êsses mesmos autores o Pinus caribaea var hondurensis nova variedade é o mesmo citado como Pinus caribaea Seneclauze, Conif.126, 1867 e Pinus hondurensis Look. Também possui os nomes comuns de pitch pine (Honduras Britânica, Nicarágua e Honduras), white pine e yellow pine (Honduras Britânica), pino da costa (Honduras), ocote blanco (Guatemala) e pino caribaea de Honduras (América Latina).

2.2. Distribuição natural

Mirov (40) acredita que o Pinus caribaea aparentemente migrou até as ilhas do Caribe, proveniente da América Central.

Outrossim, êsse mesmo autor (40) reconhece como válida a subdivisão da espécie feita em 1962 (2).

A ocorrência natural do Pinus caribaea Morelet se indica na Figura 1., reproduzida do trabalho de Critchfield e Little (12). Segundo Barrett e Golfari (2), essa espécie habita em condições naturais na vertente atlântica de Honduras Britânica, Guatemala, Honduras e Nicarágua, desde o nível do mar até 850 metros de altitude, em clima subtropical a tropical (20-27 °C) de sub-úmido a per-úmido (950-3.500 milímetros/ano), período de sêca de 2 a 6 meses e solos ácidos (pH 4,0-6,5). Em plantações artificiais existe em diversas partes do mundo. Lamb (36) afirma que essa variedade é a de mais rápido crescimento e, ao mesmo tempo, declara que a ocorrência de "cola de rapôsa" (fox tail) está em função do sitio.

2.3. O índice de sitio

Existem diferentes conceitos de sitio e índice de sitio, porém o autor preferiu aquêle da Society of American Forestry (50) que diz: - "sitio" é a área considerada no tocante a seus fatores ecológicos com relação à capacidade de produzir bosques ou outra vegetação; a combinação das condições bióticas, climáticas e edáficas de uma área; - "índice de sitio" é a expressão da qualidade de sitio ou localidade florestal, baseada na altura da copa dominante a uma idade arbitrariamente escolhida.

Nos países temperados do Norte, convencionou-se fixar a idade de 50 anos para a determinação do sitio, porém para os trópicos o autor não vê razão para seguir essa determinação. De acôrdo com os trabalhos de Vincent (54), van Goor (23) e Voorhoeve e Schulz (55), pode-se efetuar estudos de sitio com plantações jovens (cêrca de 10 anos de idade). Justifica-se essa conclusão, porque em países tropicais, a taxa de crescimento de algumas espécies, principalmente certas coníferas, é elevadíssima. Em Turrialba, com dados do presente trabalho, observou-se que o Pinus caribaea var hondurensis cresce cêrca de 2,5 metros/ano (promédio dominantes e codominantes) aos 6 anos

de idade e espera-se que, mesmo diminuindo sua taxa de crescimento, pode-se considerar como uma alta produtividade. Por sua vez, em trabalho de Grijpma (24) há dados de "kadam" (Anthocephalus cadamba) que indicam um crescimento de 2-3 metros/ano, aos 6-8 anos de idade, para Indonésia. Esse mesmo autor, em revisão que efetuou para a espécie Eucalyptus deglupta (25), cita que essa mirtácea, em Java (Indonésia) apresenta-se com 30 metros de altura aos 10 anos de idade, ou seja um acréscimo de crescimento em altura de 3 metros/ano. Com crescimentos tão elevados como êstes não seria apropriado esperar 50 anos para efetuar estudo de sitio.

Carmean (10) afirma que a vantagem de efetuar estudo de sitio para bosques jovens é devido às seguintes razões: no curso de uma exploração florestal normal, as árvores maiores podem ser cortadas com menos idade, enquanto que nos sitios pobres pode ocorrer o contrário. Ou seja, quando as parcelas chegarem aos 50 anos (se chegarem) é possível que as árvores que ficaram dêem uma informação imparcial.

Na realidade, os critérios os quais são usados para classificação de sitio variam com o objetivo da classificação (39). Por exemplo, Davis (14) e Rowe (46) usam a mesma definição de sitio que dou a Society of American Forestry (50).

O estudo de sitio, na revisão que efetuou Jones (35) afirma que Huber, na Alemanha, utilizou o índice de sitio aproximadamente em 1824 e de aí seu uso estendeu-se à Escandinávia, 1914 e, no mesmo ano, aos Estados Unidos. Vincent (53) informa que Frontinghan e Russel, em 1918 forma os primeiros autores na América do Norte a usar a relação altura/idade como índice da qualidade de sitio. Russel (47) em 1917, dizia que até essa data, não havia método "standard" para classificação de sitios. Esse mesmo autor afirma que a altura das árvores dominantes é uma sensível medida do sitio, ademais de ser facilmente obtida.

Bruce e Schumacher (9) declaram que, dentro de certos limites bastante amplos é muito pouco, se é que existe alguma, a correlação dentre crescimento em altura e densidade, ou seja, o

crescimento em altura é quase o mesmo em plantio ou massas de diferentes densidades. Daí se infere que o crescimento em altura pode ser utilizado como bom indicador de sitio. Em diversos trabalhos (14, 32, 35, 54, 55), de tôdas as medidas indiretas que se têm estudado, a altura das árvores em relação à idade, se evidencia como a mais prática, consistente e indicadora geral usual para a qualidade de si tio florestal.

Carmean (10) alerta para o fato que as árvores medidas para sitio devem ter tido um crescimento imune de influências prejudiciais. Essa precaução é altamente importante para a confiabi-l lidade do estudo de sitio e visa eliminar os danos causados por incên-d dio, animais, atividades humanas e outras situações anormais.

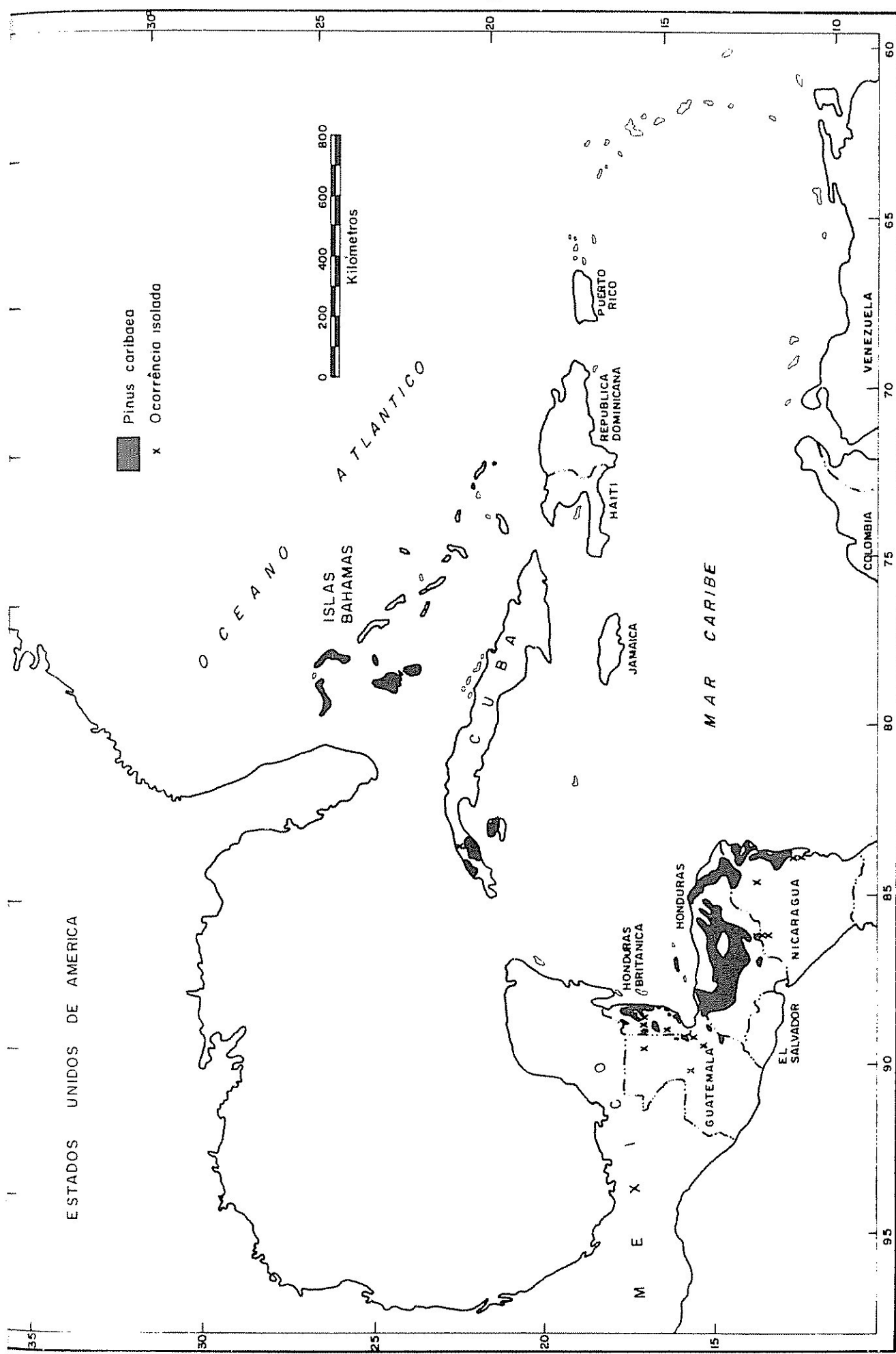


Fig.1 Ocorrência natural do *Pinus caribaea* Morelet (12)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização do estudo

O estudo foi realizado, tomando-se em conta as plantações existentes na área do cantão de Turrialba, Costa Rica. Utilizaram-se tanto as plantações do Centro Tropical de Ensino e Pesquisa, como as do Programa de Diversificação Agrícola de Turrialba.

Todas as plantações estão sob uma mesma classificação climática, que corresponde a uma formação ecológica, ou seja, a amostragem foi feita para aquelas parcelas que estavam enquadradas na formação ecológica "Bosque muito úmido-premontano" (P-mh) da classificação de zonas de vida de Holdridge (31), que reúne as seguintes características climatológicas: Temperatura 18-24 graus centígrados e precipitação 2.000-4.000 milímetros por ano, correspondendo a Turrialba a temperatura média de 22,2 graus centígrados e 2.600 milímetros de precipitação anual.

De uma maneira geral, as plantações estão todas situadas no vale de Turrialba, na Meseta Central de Costa Rica, aproximadamente entre os paralelos $9^{\circ}49'$ e $9^{\circ}55'$ de latitude Norte e os meridianos $83^{\circ}34'$ e $83^{\circ}42'$ de longitude Oeste, e a uma elevação do nível do mar que varia entre 600 e 1.000 metros, aproximadamente.

3.2. Informações gerais sobre a área em estudo

3.2.1. Geologia

A área onde se desenvolveu o presente estudo está situada na Meseta Central de Costa Rica, que inclui a região de Turrialba e, de acordo com Dondoli e Torres (16) e Hardy (30), a ordem de sucessão das principais formações geológicas que ocorrem na parte Este da Meseta Central são aquelas relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1. Formações geológicas que ocorrem na parte Este da Meseta Central, Costa Rica

Nome da formação	Período	Idade geológica -milhões de anos-
Quaternário		
1. Aluvial (fluvial e lacustre)	Recente/actual	0,0 - 0,025
2. Lava jovem	Pleistoceno	0,025 - 1,0
..... suspensão da sucessão
Terciário		
3. Aluvial velho	Plioceno médio	5,0 - 10,0
4. Aglomerados	Plioceno inferior	10,0 - 15,0
5. Lava velha (Andesítica)	Plioceno inferior	10,0 - 15,0
..... suspensão da sucessão
6. Conglomerados e areniscas	Mioceno inferior	15,0 - 22,0
7. Areniscas calcáreas	Mioceno médio	22,0 - 28,0
..... suspensão da sucessão	Mioceno inferior	28,0 - 35,0
..... suspensão da sucessão
8. Calças numulíticas	Oligoceno inferior	45,0 - 50,0
	Eoceno superior	50,0 - 55,0

FONTE: Dondoli e Torres (16) e Hardy (30).

De acôrdo com Aguirre (1), na região de Turrialba sòmente estão presentes as primeiras cinco formações citadas, as mesmas que constituem o material de portida para a formação dos solos dessa zona. De acôrdo com Hardy (30) o material rochoso parental é principalmente andesita, ocorrendo geralmente como lava vulcânica ou resíduos piroclásticos; algo de basalto também está presente.

3.2.2. Hidrografia e topografia

Dondoli e Torres (16) informam que o rio Reventazón é o mais importante da área e constitui a via por onde saem tôdas as águas da região para o Atlântico. Essa zona se caracteriza por sua abundância de correntes de água, o qual tem muita relação com a alta precipitação e a topografia quebrada de grande parte de sua área.

O relêvo da área em estudo é muito variável, por incluir vales e terrenos montanhosos com topografia descontínua que vai desde plano e quase plano nas margens dos rios até terras muito escarpadas de montanhas, onde a pendente chega a 80 por cento.

3.2.3. Clima

O estudo foi realizado em uma pequena faixa de terra, tôda ela sob uma mesma classificação climática e os dados meteorológicos podem ser verificados no Quadro 2 (34).

Segundo Dondoli e Torres (16) as neblinas e "chubivicos" são frequentes durante as horas do dia em terra de altitudes mais de 1.300 metros. Na região de Turrialba, entre 800 e 1.000 metros, aproximadamente, a neblina é mais frequente a partir das primeiras horas da noite. Os ventos predominantes são E-NE e de força 3, da escala de Beaufort.

Quadro 2. Resumo dos dados meteorológicos de Turrialba, Costa Rica

Mês	Temperatura - °C (1958--1970) ⁺		Precipitação - mm (1944 - 1970) ⁺		Brilho solar (64/70) ⁺	Umidade Relativa [‡] (44/70)	Evaporação-mm (1958-1970) ⁺				
	Máx. Prom.	Mín. Prom.	Máx. Mensal	Prom. Mensal				Média mensal diária	Soma Prom. mensal		
	Máx. Prom.	Mín. Prom.	Máx. 24 horas	Prom. dias Chuva 0.1 mm cont.	Soma horas c/sol Prom. mens.	Média mensal diária %	Soma Prom. mensal				
Janeiro	25.87	16.07	31.0	10.0	176.4	164.9	18.5	143.2	86.6	107.4	3.46
Fevereiro	26.26	16.06	30.0	10.4	147.8	247.5	15.1	147.8	85.7	117.1	4.14
Março	27.08	15.60	31.5	10.5	79.0	81.5	13.5	159.7	84.5	139.7	4.50
Abril	27.35	17.37	31.7	11.8	135.1	287.9	15.3	149.7	85.2	133.8	4.44
Maió	28.00	18.18	32.0	13.5	225.3	65.0	23.0	140.2	87.0	126.2	4.07
Junho	28.04	18.53	31.5	15.2	284.9	85.5	24.7	125.8	88.5	113.2	3.77
Julho	27.32	18.30	30.6	14.1	270.4	102.3	25.0	115.3	90.3	105.3	3.39
Agosto	27.60	18.17	30.0	14.9	234.0	99.1	24.3	31.8	88.9	118.9	3.83
Setembro	28.01	18.02	30.8	14.8	249.8	99.1	22.3	139.5	88.2	122.1	4.05
Outubro	27.79	18.00	30.8	14.5	249.1	109.2	24.0	146.7	88.8	123.0	3.96
Novembro	26.56	17.66	30.1	13.7	283.1	115.3	23.0	125.4	89.4	96.1	3.20
Dezembro	25.84	16.92	29.9	10.9	347.6	288.3	22.3	126.7	89.2	89.8	2.89
TOTAL					<u>2.682.5</u>		251.0	1.651.8		1.392.5	
PROMEDIO	27.14	16.99	22.29				20.9	137.6	87.7	116.0	3.81
++ Outubro-71	27.20	18.13	21.68		333.5	68.0		170.4	87.7	109.5	3.53

+ Período de observações

++ Período em que se tomaram as amostras do solo

FONTE: Observatório meteorológico do CTEI-IIICA, Turrialba (34).

3.3. Seleção da amostra

A informação disponível a respeito de plantações da espécie estudada, no cantão de Turrialba, foi facilitada pelos arquivos do Departamento de Ciências Florestais do CTEI, assim como pelo programa de Diversificação Agrícola de Turrialba. Assinalou-se todas essas plantações sobre um mapa de zonas de vida da área de Turrialba (33), sendo que as parcelas utilizadas estão assinaladas na Figura 2. Selecionou-se aquelas parcelas que possuíam dados de crescimento em diferentes estágios. Aos dados de crescimento em altura já existentes agregou-se uma medição da altura atual. As plantações amostradas possuem uma idade variável entre 2 a 6 anos.

Em total, somente se escolheu 11 parcelas, já que esse era o número de parcelas que possuíam informações a respeito de crescimento em altura a diferentes idades. Das 11 parcelas amostradas, seis pertencem ao Programa de Diversificação Agrícola e cinco ao CTEI. Em todas essas parcelas se procedeu efetuar medições em altura das árvores dominantes e codominantes, em trabalho de campo.

Outrossim, como as medições anteriores referiam-se à altura média, utilizou-se o recurso de efetuar relações entre a altura média e a altura das dominantes e codominantes. De aí, concluiu-se que, para a idade dessas parcelas (2-6 anos) a altura média mais 20 por cento fornecia uma estimativa válida para tomar-se como altura promédio das árvores dominantes e codominantes.

3.4. Trabalho de campo

O trabalho de campo foi dividido em duas fases. Primeiramente se recoletou os dados de altura das árvores dominantes e codominantes, operação efetuada durante os meses de agosto e setembro de 1971 e efetuada por meio de um altímetro "Blume-Leiss" e por uma mira graduada. Registre-se que as árvores amostradas que apresentavam o problema de "fox-tail" não foram consideradas, devido a

que seu crescimento exagerado é devido à anormalidades. No mês de outubro dêsse mesmo ano, se regressou às parcelas para abrir perfís e efetuar sua leitura, assim como anotar os dados do lugar e recoletar amostras do solo a diferentes profundidades para análises de laboratório. Durante o mês em que se recoletou amostras de solo, a pluviometria foi muito elevada (333,5 milímetros) enquanto que o pronédio para aquêlo mês é cêrca de 250 milímetros, de acôrdo com o Quadro 2. Devido a essa alta precipitação é possível que os dados recoletados possam ter alguma margem de êrro, fundamentalmente nas medições de drenagem e capa freática, ademais de influência nos resultados de análises químicas.

Abriu-se 11 perfís, correspondentes às 11 parcelas amostradas. Tôdas as amostras de solo foram acondicionadas e levadas ao laboratório, sendo tratadas de acôrdo com a técnica de Cline (11). As demais variáveis do lugar também se anotaram no próprio terreno, assim como as classes de pedregosidade do perfil e indicações do estado de drenagem do solo, ambas características alistadas posteriormente como condicionantes físicas.

3.5. Trabalho de laboratório

As amostras foram secadas por 24 horas em invernadeiro e posteriormente trituradas e tamizadas.

3.5.1. Características físicas

3.5.1.1. Drenagem

A determinação da classe de drenagem de cada unidade de amostragem foi calculada como a resultante da associação da observação do campo (umidade do solo e perfil, capa freática) mais as determinações de laboratório de outras características associadas,

principalmente pelos diagramas de porosidade do solo. Ocorre que ademais das observações de campo citadas, classificou-se a drenagem do solo através dos diagramas de porosidade que utilizou Garay Inala (20) os quais podem ser verificados na Figura 3. Em função do espaço poroso total e sua partição em espaço poroso capilar e não capilar se caracterizou as classes de drenagem de acordo com a escala da FAO (43).

3.5.1.2. Densidade aparente (D_a)

Seguiu-se a técnica descrita por Blake (5) e recomendada por Hardy (29) para o emprêgo de cilindros metálicos de volume conhecido (80 cm^3), a fim de colher amostras inalteradas do solo. O peso de solo seco, dividido pelo volume do cilindro dá a densidade aparente do solo não alterado.

3.5.1.3. Densidade dos sólidos ou de partículas (D_s)

Esta determinação se fez pelo método do picnômetro de ar, descrito por Forsythe (18). As leituras foram feitas usando-se um picnômetro de ar Beckman, modelo 930.

3.5.1.4. Porosidade total (EPT)

O cálculo da porosidade ou espaço poroso total, foi efetuado utilizando-se os valores da densidade aparente e densidade dos sólidos, através da seguinte relação:

$$\text{EPT (\%P)} = \frac{D_s - D_a}{D_s} \cdot 100$$

3.5.1.5. Índice de textura

O índice de textura, citado por Hardy (29) é a relação dos componentes de partículas do solo que dá indicações da classificação textural. Foi calculado por ser necessário à determi-

nação do espaço poroso capilar, que é componente do diagrama de porosidade. Para calcular êsse índice, empregou-se a fórmula referida por Basán (4): $I.T. = C.C. - 1/5 A$

onde:

I.T. = Índice de textura

C.C. = Capacidade de campo (valor aproximado ao ponto de aderência)

A = Porcentagem de areia da análise textura.

3.5.1.6. Espaço poroso capilar (EPC)

O espaço poroso capilar foi calculado, utilizando-se os dados do Índice de textura e Densidade aparente, pela fórmula:

$$EPC = IT \cdot D_a \quad (4)$$

3.5.1.7. Espaço poroso não capilar (EP não C)

Foi calculado por diferença, em função do valor da porosidade total e espaço poroso capilar:

$$EP \text{ não } C = EPT - EPC$$

3.5.1.8. Análise textural

A distribuição do tamanho das partículas foi realizada segundo a técnica original de Boyoucos (6) e descrita por Baver (3). As classes texturais foram determinadas com o auxílio do triângulo de textura (43).

3.5.1.9. Capacidade de campo

Para êsse cálculo se utilizou o método da panela de pressão com um prato poroso com amostras de solo saturadas de água e submetidas à pressão de 1/3 Bar.

3.5.2. Características químicas

3.5.2.1. Reação do solo (pH)

Seguiu-se a técnica de Peech (44), determinando-se o pH em água (solução 1:1) e em solução de CaCl_2 0,01 M (relação 1:2). As medições foram feitas em um potenciômetro Beckman de eletrodos de vidro, modelo 96.

3.5.2.2. Matéria orgânica

Para a determinação da porcentagem de matéria orgânica seguiu-se a técnica descrita por Saiz del Rio e Bornemisza (48).

3.5.2.3. Nitrogênio total

A determinação da porcentagem de N total se efetuou pelo método semi-micro de Kjeldahl, de Bremmer (8), adaptado por Diaz-Romeu⁺.

3.5.2.4. Bases trocáveis

As determinações de K, Ca e Mg foram efetuadas seguindo-se a técnica de Diaz-Romeu e Balerdi (15). As leituras foram efetuadas em um espectrofotômetro de absorção atômica, marca Perkin-Elmer, modelo 303.

3.5.2.5. Fósforo disponível

Para esta determinação utilizou-se o método de Bray (7), modificado por Saiz del Rio e Bornemisza (48).

+ Técnica empregada no laboratório de solos do CTEI-IIICA.

3.6. Esquema de análise estatística

Para estudo dos fatores que estão influenciando no crescimento das árvores, agrupou-se os dados em três características: lugar, físicas e químicas. Como características de lugar, foram identificadas e analisadas estatisticamente: pendente, pedregosidade superficial, profundidade das raízes e nível da capa freática. Como características físicas: Drenagem, areia, limo, argila, porosidade e pedregosidade do perfil. Por último, como características químicas: pH, N.O., N, P, K, Ca, Mg e as relações Ca/Mg, Mg/K e (Ca+Mg)/K.

Outrossim, como os dados de altura eram todos tomados a diferentes idades, ajustou-se um modelo para todos, para, com os parâmetros calculados, fazer predição de crescimento a idades semelhantes. Os resultados das predições e respectivos parâmetros estão no Quadro 28. Para efeito de maior confiabilidade dos dados não se fez projeções para resultados esperados no futuro, ou seja, trabalhou-se somente com valores observados e ajustados ao modelo. O coeficiente de ajuste (R^2) esteve sempre cêrca de .98.

A análise estatística dos resultados foi efetuada em duas etapas, sendo que na primeira efetuou-se correlações para grupo de características com as alturas das árvores a uma idade fixa. Essas matrizes de correlação estão representadas nos Quadros 30 a 34. Após essas correlações e sua devida interpretação, efetuou-se uma análise de caminhos (Path analysis) a fim de detalhar melhor a influência de cada variável medida.

As operações matemáticas e demais processamento de dados foram efetuados por uma computadora IBM 1130, do laboratório de estatística do CTEI.

3.6.1. Primeira etapa - correlações

Como estimativa de uma associação entre duas variáveis pode-se considerar o "coeficiente de correlação" (r_{ij}) cuja

fórmula geral se descreve à continuação: $\hat{R} = D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}} (X'X) D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}}$

onde:

\hat{R} = Matriz de correlação

$X'X$ = matriz da soma dos quadrados e soma dos produtos corrigidos

$D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}}$ = Matriz diagonal cujos elementos são os inversos da raiz quadrada da diagonal de $(X'X)$

A expressão matricial de cada fórmula, se interpreta assim:

$$D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{\sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{\sum (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{\sum (x_{3i} - \bar{x}_3)^2}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{\sum (x_{4i} - \bar{x}_4)^2}} \end{bmatrix}$$

$$X'X = \begin{bmatrix} \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 & \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2) & \dots & \sum (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{ni} - \bar{x}_n) \\ \sum (x_{2i} - \bar{x}_2)(x_{1i} - \bar{x}_1) & \sum (x_{2i} - \bar{x}_2)^2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \sum (x_{ni} - \bar{x}_n)^2 \end{bmatrix}$$

$$\hat{R} = D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}} (X'X) D_{S_{ii}}^{-\frac{1}{2}} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{12} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{13} & r_{23} & 1 & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1n} & r_{2n} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

A interpretação mais adequada de " r_{ij} " é feita pela porcentagem de associação⁺, dada pela fórmula: $\% \text{ Ass.} = (r_{ij})^2 \cdot 100$ e sua interpretação qualitativa poderia ser feita assim:

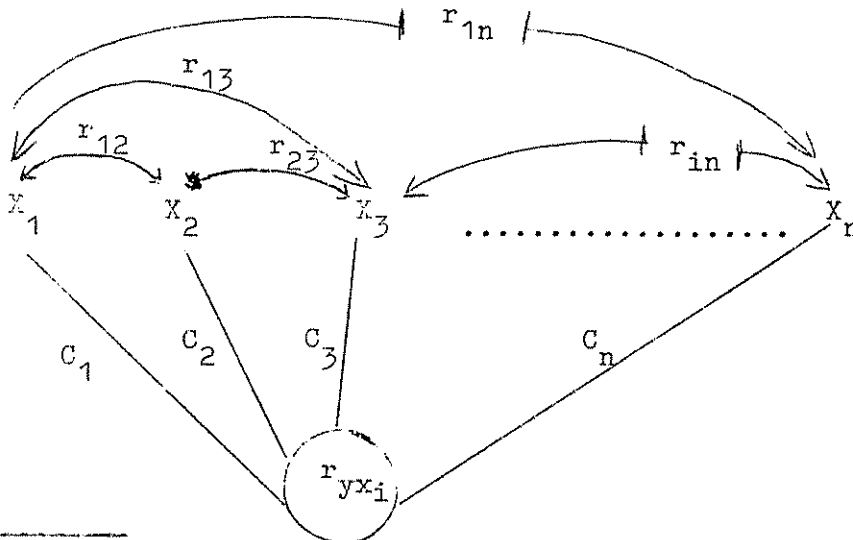
% Assoc. :	Menor 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
Interpret. :	Baixa	Média	Forte	Muito forte

3.6.2. Segunda etapa - análise de caminhos

Como, em uma correlação total, há fatores que atuam positivamente e outros negativamente, os resultados finais não são muito indicativos do relacionamento da variável e, portanto, nem sempre o coeficiente de correlação dá resultados satisfatórios, existindo mesmo situações de correlações ilógicas, porém que se podem produzir matematicamente.

A correlação é uma expressão da relação total entre variáveis, como tal se pode particionar em componentes que se apresentam como efeito direto " C_i " (caminho direto) e também efeito indireto ($r_{ij} \cdot C_j$) de uma variável através das demais.

A teoria da análise de caminhos é usado para análises estatísticas de causa e efeito de um sistema de variáveis correlacionadas (37). O método geral pode ser entendido através da seguinte figura:



+ Notas de aula curso de Introdução à estatística. CTEI. 1970

Onde:

X_1, X_2, \dots, X_n são variáveis causais

$r_{12}, r_{13}, \dots, r_{(n-1)n}$ são os coeficientes de correlação entre duas variáveis causais

C_1, C_2, \dots, C_n o efeito (caminho) direto de uma variável X_i sobre Y

Y é a variável de resposta.

Em geral pode-se estimar os componentes diretos e indiretos da seguinte forma: $C = R I_{\beta'}$

Onde:

C = Matriz de caminhos diretos e indiretos

R = Matriz de correlação entre variáveis independentes

$I_{\beta'}$ = Matriz diagonal cujos componentes são os coeficientes da regressão múltipla padronizada.

A propriedade da matriz C é $\sum C = r_{x_i y}$, ou seja, a soma dos elementos das fileiras de C é igual ao coeficiente de correlação total simples entre x_i e Y .

Os caminhos são calculados assim:

$$I_{\beta'} = \begin{bmatrix} \beta'_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \beta'_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \beta'_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \beta'_n \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} \beta'_1 & r_{12} \cdot \beta'_2 & r_{13} \cdot \beta'_3 & \dots & \dots \\ r_{12} \cdot \beta'_1 & \beta'_2 & r_{23} \cdot \beta'_3 & \dots & \dots \\ r_{13} \cdot \beta'_1 & \dots & \beta'_3 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \beta'_n \end{bmatrix}$$

As correlações simples entre X_i e Y é igual ao efeito ou caminho direto C_i mais os efeitos indiretos $r_{ij}.C_j$ de X_i através das outras variáveis. A soma do caminho direto mais os efeitos indiretos deverá ser igual ao coeficiente de correlação " $r_{x_i y}$ ".

A computadora fornece estimativa dos valores de B_i , coeficientes de regressão múltipla, assim como " s_{x_i} " e " s_y ", podendo-se calcular o valor " C_i " pela seguinte fórmula:

$$C_i = B_i \cdot \frac{s_{x_i}}{s_y}$$

sendo:

C_i = Caminho direto

B_i = Coeficiente do modelo de regressão, calculado pelo método de mínimos quadrados

s_{x_i} = Desviação standard da variável X_i estudada

s_y = Desviação standard do fator resposta Y .

Os coeficientes de regressão linear múltipla são obtidos do seguinte modelo: $Y_i = B_0 + \sum_{i=1} B_i \cdot X_i + \epsilon_i$

Onde:

Y_i = Altura promédio das árvores dominantes e codominantes

B_i = Coeficiente da correlação linear múltipla entre os elementos fatores de solo e Y

X_i = Variável independente, representada pelos fatores de solo

ϵ_i = Componente devido ao acaso.

Para se estimar β_i se emprega o método dos mínimos quadrados, através da fórmula standard: $Y = X \beta + \epsilon_i$

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X' \cdot \frac{Y}{i}$$

Por outro lado, nas correlações estudadas para as variáveis físicas e químicas utilizou-se o recurso estatístico de trabalhar com promédios dos valores das diferentes profundidades (com exceção dos valores de drenagem e pedregosidade do perfil), justificado pela estreita correlação que existe entre os valores das diferentes profundidades. Por sua vez, como os valores de Nitrogênio e

Matéria orgânica de maior significado estão no horizonte superficial, tomou-se os valores da primeira profundidade (vide Quadro 4, do "Apêndice").

Por último, os valores das relações Ca/Mg, Mg/K e (Ca + Mg)/K não foram incluídos na análise de caminhos, porque, além de não apresentarem porcentagem de associação importante, com o crescimento em altura, estão fortemente correlacionados com seus valores individuais reais, e ao efetuar-se a análise de caminhos, obrigatoriamente, seus efeitos conjuntos são estudados.

3.6.3. Curva de crescimento - função logística ou sigmoïdal

Como expressão teórica do crescimento das árvores dominantes e codominantes, selecionou-se a curva logística depois de serem testados outros modelos tais como: linear, geométrico e logarítmico. O modelo logístico
$$Y_i = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 \cdot e^{-\beta_2 \cdot X_i}}$$
 ajusta satisfatoriamente o crescimento das árvores.

No modelo:

Y = Variável dependente "altura" (promédio das árvores dominantes e codominantes, em metros)

X = Variável independente "idade" (em anos)

β_0 = O parâmetro de saturação, equivalente ao valor Y no nível de saturação de crescimento. No presente estudo êsse valor esteve baixo, devido tratar-se de uma amostra de árvores muito jovens.

β_1 = Taxa de decrescimento da curva (velocidade de aceleração)

β_2 = Taxa de decrescimento da curva (velocidade de desaceleração)

3.6.4. Ponto de inflexão da curva de crescimento

Como último indicador dos sítios estudados, recorreu-se à determinação do ponto de inflexão (\hat{x}) para as curvas de cres

cimento dos sítios estudados. Ou seja, em quantos anos (x) ocorreria o ponto de inflexão para os diferentes sítios. Para essa determinação, recorreu-se à segunda derivada do modelo de crescimento. De acordo com a derivação desse modelo matemático, demonstrado no "Apêndice" chegou-se à conclusão que se pode estimar o ponto de inflexão " \hat{x} " através da seguinte fórmula:

$$\hat{x} = \frac{1}{n} \frac{\beta_1}{\beta_2}$$

3.7. Agrupamento das parcelas estudadas em classes de sítio

Bruce e Schumacher (9) informam que devido a dificuldade de expressar numericamente os diferentes fatores que determinam um sítio é necessário resolver um problema de correlações múltiplas entre o crescimento e todas as variáveis independentes escolhidas. Esse trabalho implica pesquisa de longa duração que inclui atividades de campo e laboratório. Sendo depois desse trabalho seleciona-se um mínimo de todas as variáveis que não somente dêem correlações suficientemente altas, mas que também possam aplicar, rapidamente, na prática, à estimativa da qualidade de sítio.

Para o presente trabalho, procedeu-se a classificação de sítios das parcelas estudadas de acordo com o método usual, ou seja, situar cada curva de índice de sítio em uma porcentagem fixa, por cima e por baixo da curva aritmética ajustada. O primeiro passo é assinalar em um eixo de coordenadas os pontos correspondentes à altura e idade das árvores medidas. Feito isso, se fixou um intervalo de 20 por cento acima e abaixo da curva obtida. Assim, na curva de índice de sítio 10 metros, corresponde uma banda de 4 metros (2 metros acima e abaixo da curva ajustada). Esse intervalo de 4 metros foi empregado em estudos similares, para coníferas (27) e eucalipto (28).

Se houvessem maior número de parcelas e melhor distribuídas é possível que se encontrassem mais sítios na área de Turrialba. Para isso, também se teria de diminuir a porcentagem citada. O agrupamento em classes de sítio se pode verificar na Figura 4.

4. RESULTADOS

A amostra consistiu em 11 plantações da espécie em estudo e, em todas essas unidades de amostragem se abriram buracos no solo para toma de amostras e leitura do perfil. Ademais, se tomou a altura promédia das árvores dominantes e codominantes de cada unidade de amostragem. A descrição dos perfís foi feita de acôrdo com o guia da FAO (43). A cor dos solos se determinou em úmido e sêco ao ar, utilizando-se as tabelas de Munsell (41).

4.1. Descrição dos perfís amostrados

Os valores das características do lugar das 11 parcelas estudadas, assim como a determinação quantitativa de suas variáveis empregadas nas análises estatísticas estão relacionadas no Quadro 3.

Os resultados das análises físicas e químicas dos solos, a diferentes profundidades, estão relacionados nos Quadros 5 a 26, do "Apêndice". Aí está, também, as leituras dos perfís estudados.

Os valores empregados nas análises estatísticas, dos três grupos de características convencionados, estão no Quadro 4, do "Apêndice".

4.2. Altura promédia das árvores dominantes e codominantes

No Quadro 27 pode-se observar os dados de altura, em metros, das árvores dominantes e codominantes, assim como, no Quadro 28, êsses mesmos valores estão ajustados, a fim de ter dados de altura a uma mesma idade.

Por último, o número de árvores tomadas em cada parcela está assinalado no Quadro 27.

Quadro 3. Características do lugar dos perfis amostrados

Perfil nº	U.A. nº	Local	Altitude (m)	Pendente (%)	Drenagem (Classe)	Umidade	Capa freática (cm)	Prof. raízes (cm)	Pedregos. superficial (Classe)
1	01	Turrialba (S. Sanchez)	800	55 (Escarp.)	4 (Bem dren.)	Ligeir. úmido	100	100	0 (Sem pedras)
2	02	Puente Cajón (CETI-IICA)	590	0 (Plano)	1 (Escas.dren.)	Muito úmido	15	30	0 (Sem pedras)
3	04	Tres Aguas (D. Abaren)	640	50 (Escarp.)	4 (Bem dren.)	úmido	100	100	0 (Sem pedras)
4	05	Turrialba (A. Pelfemberger)	1.040	60 (Mui esc.)	5 (Algo exces. drenado)	Ligeir. úmido	100	100	0 (Sem pedras)
5	07	Atirro (Há. Atirro)	640	43 (Escarp.)	3 (Moder.bem drenado)	Ligeir. úmido	100	100	2 (Pedregoso)
6	12	La Rercha (Coop. Aragón)	770	70 (Mui escarpado)	3 (Moder.bem drenado)	Ligeir. úmido	100	75	0 (Sem pedras)
7	21	Azul (La Isabel)	820	80 (Mui escarpado)	3 (Moder.bem drenado)	Muito úmido	100	75	0 (Sem pedras)
8	41	Bajo Savenlezón (CETI-IICA)	550	5 (Suav.incl.)	3 (Moder.bem drenado)	Muito úmido	100	60	0 (Sem pedras)
9	42	Flor.Norte-Espac. (CETI-IICA)	670	17 (Mod.escarpado)	3 (Moder.bem drenado)	úmido	80	60	0 (Sem pedras)
10	43	Flor.Sul - Espac. (CETI-IICA)	650	30 (Moder.escarpado)	3 (Moder.bem drenado)	Muito úmido	60	50	1 (Moder.pedreg.)
11	45	Flor.Norte-Espac. (CETI-IICA)	700	10 (Inclin.)	4 (Bem dren.)	úmido	90	60	0 (Sem pedras)

Quadro 27. Alturas promédias das árvores dominantes e codominantes, em metros (valores observados)

U.A. 01		U.A. 04		U.A. 05		U.A. 07		U.A. 12	
Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura
0,42	0,60	0,75	1,40	0,25	0,50	0,50	0,71	1,20	1,80
0,58	0,90	1,17	2,10	0,50	1,20	1,50	2,60	1,66	2,20
1,00	1,80	1,50	2,70	0,75	1,80	2,18	5,00	2,25	4,20
1,25	2,90	2,25	5,13	1,50	3,50	3,66	9,20	3,75	9,10
1,58	3,20	3,66	8,30	2,25	5,80				
2,25	5,10			3,75	9,80				
4,00	9,66	(27) ⁺		(20) ⁺		(27) ⁺		(24) ⁺	
(25) ⁺									

U.A. 21		U.A. 41		U.A. 42		U.A. 43		U.A. 45	
Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura	Anos	Altura
0,58	0,67	2,33	3,90	2,08	6,00	2,08	4,80	0,58	1,00
1,17	1,60	3,33	7,30	3,33	9,00	3,33	8,40	1,00	2,50
2,08	4,00	4,33	9,90	4,00	9,56	4,00	9,40	2,33	6,84
3,58	8,16	6,17	14,30	(25) ⁺		(20) ⁺		3,00	8,74
(31) ⁺		(12) ⁺						(24) ⁺	

U.A. 02	
Anos	Altura
2,00	2,40
3,00	4,00
4,00	5,50
5,50	7,20
6,08	8,70
(20) ⁺	

U.A. = Unidade de amostragem

+ = Número de árvores dominantes e codominantes, por parcela.

Quadro 28. Altura promédio das árvores dominantes e codominantes, em metros (valores

estimados pelo modelo
$$Y = \frac{B_0}{1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot X_i}}$$

U.A.	Idade (anos)								Parâmetro	
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	B ₁	B ₂
01	1.81	4.47	7.50	9.25	9.85	-	-	10.11554	16.60549	1.20665
02	1.55	2.50	3.84	5.35	6.89	8.31	9.45	11.70787	10.50865	0.55016
04	1.72	4.29	7.13	8.68	-	-	-	9.43838	16.57827	1.71311
05	2.07	5.02	8.28	10.08	-	-	-	10.99045	15.65893	1.28965
07	1.40	4.30	7.85	9.58	-	-	-	10.21278	25.58723	1.51197
12	1.29	3.35	6.68	9.74	-	-	-	12.35733	27.04236	1.15307
41	1.70	5.35	5.93	9.09	11.98	14.00	15.15	16.26071	10.01434	0.79335
42	2.34	5.71	8.50	9.60	-	-	-	9.92355	14.25284	1.40159
43	1.81	4.53	7.64	9.39	-	-	-	10.27560	17.21284	1.41150
45	2.22	5.73	8.69	9.79	-	-	-	10.14264	16.49039	1.53220
21	1.25	3.74	6.95	8.67	-	-	-	9.38165	27.83775	1.45910

4.3. Interpretação dos resultados

Para a interpretação dos resultados utilizou-se recursos estatísticos já comentados no subcapítulo 3.6., assim como a través dos padrões de comparação de Hardy (30), citados no Quadro 29, do "Apêndice".

4.3.1. Fatores limitantes

Efetuuou-se correlações múltiplas entre as variáveis medidas (agrupadas em três associações de características) com a altura promédia das árvores a uma idade de quatro anos. Primeiramente se interpretaram os efeitos totais de cada variável sôbre o crescimento em altura (correlações) e, posteriormente, estudou-se como influe cada variável, diretamente e através das demais (análise de caminhos).

4.3.1.1. Características do lugar

A matriz de correlação geral entre as diferentes características do lugar com o crescimento em altura, descrita no Quadro 30, evidenciou forte influência do nível da capa freática sôbre a altura. Também a profundidade das raízes apresenta uma correlação relativamente forte com a altura, o que era de se esperar, em virtude da forte associação ($r = .88$) entre essas duas variáveis.

De aí se infere que, dentro das características do lugar, a variável profundidade da capa freática é o fator mais limi tante ao crescimento em altura. Como se esperava, segue-se-lhe em ordem de importância a profundidade alcançada pelas raízes, que já é uma decorrência da variável anterior. Por último, existe uma pequena correlação ($r = .47$) entre a pendente do terreno e a altura das árvores. Por sua vez, a pedregosidade superficial não apresenta qualquer associação com o crescimento das árvores. Provavelmente

êsse fato deve-se a que sòmente encontrou-se classes de pedregosidade inferiores (máximo até a classe 2).

Quadro 30. Características de lugar. Matriz de correlação entre pendente (X_1), Pedregosidade superficial (X_2), Profundidade das raízes (X_3), Capa freática (X_4) e Altura das árvores dominantes e codominantes (Y).

$$\hat{R} = \begin{array}{ccccc} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & \text{"Y"} & \\ \left[\begin{array}{c} 1 \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right. & 1 & 0.005 & 0.406 & 0.568 & 0.471 & X_1 \\ & & 1 & 0.068 & 0.013 & 0.074 & X_2 \\ & & & 1 & 0.882 & 0.526 & X_3 \\ & & & & 1 & 0.720 & X_4 \\ & & & & & 1 & \text{"Y"} \end{array}$$

Posteriormente, ao efetuar-se correlação unicamente para os dados do sítio I, não se encontrou associação importante entre os fatores de lugar e o crescimento. Ou seja, em sítios bons, as características do lugar não são limitantes. Porém, no sítio II os valores das variáveis capa freática e profundidade das raízes são importantes.

4.3.1.2. Características físicas

A matriz de correlação das variáveis agrupadas como características físicas, apresenta-se no Quadro 31, a seguir.

Quadro 31. Características físicas. Matriz de correlação entre Drenagem (X_1), Areia (X_2), Limo (X_3), Argila (X_4), Porosidade (X_5), Pedregosidade do perfil (X_6) e a Altura "Y".

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccccc} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & "Y" \\ 1 & 0.522 & -0.619 & -0.379 & 0.849 & 0.181 & 0.570 \\ & 1 & -0.449 & -0.967 & 0.674 & -0.133 & 0.020 \\ & & 1 & 0.245 & -0.721 & -0.126 & -0.174 \\ & & & 1 & -0.551 & 0.251 & 0.039 \\ & & & & 1 & 0.118 & 0.260 \\ & & & & & 1 & 0.183 \\ & & & & & & 1 \end{array} \right] \begin{array}{l} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ "Y" \end{array} \end{array}$$

Dessa matriz se infere que o único fator físico que está condicionando o crescimento das árvores é a drenagem ($r = .57$). Evidentemente, a drenagem está altamente correlacionada com a porosidade ($r = .85$), assim como existe correlação negativa ($r = -.72$) entre o conteúdo de limo e a porosidade total do solo.

Por outro lado, correlacionou-se a drenagem com os fatores limitantes do lugar (capa freática e profundidade das raízes) e encontrou-se forte associação entre essas variáveis, o que torna os resultados mais convincentes. Essas correlações entre as condicionantes de lugar e a condicionante física estão indicadas no Quadro 32.

Quadro 32. Matriz de correlação entre Profundidade de raízes (X_1), Capa freática (X_2) e Drenagem (X_3)

$$\hat{R} = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{ccc} X_1 & X_2 & X_3 \\ 1 & .882 & .829 \\ & 1 & .750 \\ & & 1 \end{array} \right] \begin{array}{l} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{array} \end{array}$$

Na correlação para o grupo de dados do sítio I, evidenciou um efeito apenas moderado da drenagem, reforçando os dados anteriores que, para o sítio bom, essa característica não é importante. Também se pode observar que a pedregosidade do perfil possui uma correlação negativa ($r = -.37$) indicando que à medida que aumenta a classe de pedregosidade do perfil, tende a diminuir a altura das árvores. Para o sítio mau, a drenagem é o principal fator limitante e, em razão do seu alto peso na primeira correlação geral (Quadro 31) apresenta-se com forte associação com a altura.

4.3.1.3. Características químicas

Como haviam dez variáveis para correlacionar com a altura "Y" e somente 11 séries de dados, procedeu-se efetuar duas correlações, a fim de, na segunda vez, correlacionar apenas nove variáveis com a altura.

Quadro 33. Características químicas. Matriz de correlação entre Ca (X_1), Mg (X_2), Ca/Mg (X_3), Mg/K (X_4), (Ca + Mg)/K (X_5) e a Altura "Y".

$$\hat{R} = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & \text{"Y"} \\ 1 & 0.846 & 0.072 & 0.187 & 0.470 & -0.137 \\ & 1 & -0.274 & 0.623 & 0.683 & -0.235 \\ & & 1 & -0.578 & -0.196 & 0.126 \\ & & & 1 & 0.797 & -0.027 \\ & & & & 1 & 0.233 \\ & & & & & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ \text{"Y"} \end{matrix}$$

Básicamente não há maior influência total desses elementos e/ou relações entre eles com a altura. Assim, para efeito de

análise final, escolheu-se somente os elementos Cálcio e Magnésio para uma matriz geral de correlação das características químicas, mesmo porque existe associação entre os elementos Ca e Mg e suas relações Ca/Mg, Mg/K e (Ca+Mg)/K, não sendo, portanto, necessário analisar estas últimas. A matriz de correlação das características químicas, definitiva, pode-se ver no Quadro 34, a seguir.

Quadro 34. Características químicas. Matriz de correlação geral entre: pH (X_1), L.O. (X_2), N (X_3), P (X_4), K (X_5), Ca (X_6), Mg (X_7) e a altura das árvores dom. e codominantes "Y".

$$\hat{R} = \begin{array}{cccccccc|c} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & "Y" & \\ \hline 1 & 0.123 & -0.411 & -0.541 & 0.627 & 0.772 & 0.738 & 0.003 & X_1 \\ & 1 & 0.841 & 0.094 & -0.238 & -0.538 & -0.667 & 0.320 & X_2 \\ & & 1 & 0.519 & -0.325 & -0.530 & -0.800 & 0.462 & X_3 \\ & & & 1 & -0.291 & -0.173 & -0.420 & 0.293 & X_4 \\ & & & & 1 & 0.576 & 0.459 & -0.081 & X_5 \\ & & & & & 1 & 0.846 & -0.120 & X_6 \\ & & & & & & 1 & -0.235 & X_7 \\ & & & & & & & 1 & "Y" \end{array}$$

Básicamente não há fator limitante de ordem química para o crescimento da conífera estudada em Turrialba, ainda que o nível de matéria orgânica e Nitrogênio apresentem uma associação média ($r = .32$ e $.46$, respectivamente). Evidentemente MO e N estão altamente correlacionadas entre si ($r = .84$).

No efetuar-se, separadamente, a correlação das características químicas para o sítio I, encontrou-se que a porcentagem de associação entre os valores de MO e N com a altura das árvores passaram a ter maior importância ($r = .61$ e $.68$, respectivamente). Esse

resultado dá indicações mais seguras que, no sitio I (bom) os conteúdos de NO e N são importantes. Para o sitio II, ainda que existam valores de NO e N relativamente mais baixos que o sitio I, não se apresentam como limitantes principais. No sitio mau, a drenagem é a principal limitação, fto que é explicado pela "lei do mínimo".

4.3.1.4. Comentário

Na realidade, tôdas essas correlações apresentam um efeito ou resultado total sôbre o crescimento das árvores, ou seja, uma resposta que é a soma dos efeitos de uma variável através de tantas outras. Assim, para complementar êste estudo, tratou-se de efetuar a análise de caminhos, buscando identificar como atua cada variável (caminho direto) e também como atua através das demais variáveis (efeito conjunto).

4.3.2. Análise de caminhos (Path analysis)

A seguir, efetuam-se as análises e interpretações para cada grupo de características estudadas.

4.3.2.1. Características do lugar

No estudo das características do lugar, contou-se com quatro variáveis X_1 e uma resposta Y, conforme está definido no subcapítulo 4.3.1.1. Agora tratou-se de, primeiramente, calcular os efeitos diretos (C_1) de cada variável, assim:

$$C_1 = 0.001193 \cdot \frac{27.2076}{1.6399} = 0.01979 \quad (\text{Efeito direto de } X_1 \text{ sôbre } Y)$$

$$C_2 = 0.237529 \cdot \frac{0.6466}{1.6399} = 0.09365 \quad (\text{Efeito direto de } X_2 \text{ sôbre } Y)$$

$$C_3 = -0.036644 \cdot \frac{22.6936}{1.6399} = -0.50709 \quad (\text{Efeito direto de } X_3 \text{ sobre } Y)$$

$$C_4 = 0.070906 \cdot \frac{26.7224}{1.6399} = 1.15542 \quad (\text{Efeito direto de } X_4 \text{ sobre } Y)$$

Imediatamente, deduz-se que os efeitos diretos de X_1 (Pendente) e X_2 (Pedregosidade superficial) são insignificantes, seguindo-se, em ordem de importância o efeito direto de X_3 (Profundidade das raízes) e X_4 (Capa freática), sendo que este último tem efeito direto bastante significativo em relação aos demais. Estes resultados confirmam a hipótese que a capa freática é o principal fator limitante do lugar para o crescimento das árvores, no vale de Turrialba. Outra inferência importante é que o efeito direto da variável X_1 é insignificante, enquanto que o seu efeito total é moderado, conforme a matriz de correlação do Quadro 30. Na realidade, o efeito total da pendente está associado com a capa freática, ou seja, age conjuntamente sobre o crescimento das árvores, ainda que o maior efeito pertence à profundidade da capa freática. A pedregosidade superficial não apresenta maior importância sobre o resultado Y . O efeito da profundidade das raízes sobre a altura é devido, principalmente, ao efeito conjunto com a capa freática, já que este efeito conjunto é duas vezes superior ao efeito direto da profundidade das raízes. Por último, o efeito total da capa freática sobre a altura das árvores é devido, em sua maior parte, ao seu próprio efeito direto. Os cálculos dos efeitos conjuntos das características do lugar, assim como sua partição em efeitos diretos podem ser observados no Quadro 35.

4.3.2.2. Características físicas

No estudo das características físicas, contou-se com seis variáveis X_i e uma resposta Y , conforme está definido no subcapítulo 4.3.1.2.

Os valores dos efeitos diretos (C_i) de cada variável foram:

$$c_1 = 2.364707 \cdot \frac{1.0090}{1.6399} = 1.45496 \quad (\text{Efeito direto de } X_1 \text{ sobre } Y)$$

$$c_2 = -0.257311 \cdot \frac{16.3050}{1.6399} = -2.55836 \quad (\text{Efeito direto de } X_2 \text{ sobre } Y)$$

$$c_3 = -0.143966 \cdot \frac{5.3359}{1.6399} = -0.46843 \quad (\text{Efeito direto de } X_3 \text{ sobre } Y)$$

$$c_4 = -0.290529 \cdot \frac{13.0237}{1.6399} = -2.30731 \quad (\text{Efeito direto de } X_4 \text{ sobre } Y)$$

$$c_5 = -0.230908 \cdot \frac{6.2783}{1.6399} = -0.88364 \quad (\text{Efeito direto de } X_5 \text{ sobre } Y)$$

$$c_6 = 0.518076 \cdot \frac{0.6466}{1.6399} = 0.20427 \quad (\text{Efeito direto de } X_6 \text{ sobre } Y)$$

Os efeitos diretos das variáveis X_2 (Areia) e X_4 (Argila) são relativamente mais altos que o efeito direto de X_1 (Drenagem) e, ambos, significativamente maior que os efeitos diretos de X_3 (Limo), X_5 (Porosidade) e X_6 (Pedregosidade do perfil). Todavia os efeitos diretos de X_2 e X_4 ainda que sejam altos, seus efeitos totais são insignificantes, devido aos efeitos conjuntos com as demais variáveis. Por sua vez, o efeito direto de X_1 é um pouco menor do que os efeitos de X_2 e X_4 , contudo agindo através das demais variáveis é o mais importante. O conteúdo de areia, agindo conjuntamente com o conteúdo de argila, possuem valor alto, o que é explicado pela estreita correlação que existe entre essas duas variáveis. Como o valor total e o efeito direto da drenagem (X_1) sobre o crescimento em altura são significativos, assim como todos os efeitos indiretos das demais variáveis através dessa condicionante física são razoavelmente importantes conclui-se que a drenagem do solo é o fator físico mais importante para o crescimento da conífera estudada, nos sítios considerados de classe II (pobres), em Turrialba. Por último, a textura do solo, particionada em seus componentes areia, limo e argila são fatores de muita importância para o crescimento, se consideradas isoladamente. Porém, seu efeito total através das demais variáveis é baixo. Ou seja, a textura passa a ter maior importância quando considerada por seus efeitos conjuntos com outras variáveis do terreno. Os efeitos diretos e conjuntos das variáveis físicas estão calculados no Quadro 36.

4.3.2.3. Características químicas

Ao estudar-se as características químicas, para fins de análise de caminhos, contou-se com sete variáveis X_i e uma resposta Y , conforme está explicado no subcapítulo 4.3.1.3.

O cálculo dos efeitos diretos (C_i) das variáveis químicas apresentam-se a seguir:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 8.415048 \cdot \frac{0.3904}{1.6399} = 2.0033 \quad (\text{Efeito direto de } X_1 \text{ sobre } Y) \\
 C_2 &= -0.959725 \cdot \frac{3.4463}{1.6399} = -2.01689 \quad (\text{Efeito direto de } X_2 \text{ sobre } Y) \\
 C_3 &= 32.815620 \cdot \frac{0.1050}{1.6399} = 2.10112 \quad (\text{Efeito direto de } X_3 \text{ sobre } Y) \\
 C_4 &= 0.930307 \cdot \frac{0.4224}{1.6399} = 0.23962 \quad (\text{Efeito direto de } X_4 \text{ sobre } Y) \\
 C_5 &= -1.511574 \cdot \frac{0.2074}{1.6399} = -0.19117 \quad (\text{Efeito direto de } X_5 \text{ sobre } Y) \\
 C_6 &= -0.596346 \cdot \frac{4.8078}{1.6399} = -1.74835 \quad (\text{Efeito direto de } X_6 \text{ sobre } Y) \\
 C_7 &= 0.368624 \cdot \frac{1.2877}{1.6399} = 0.28945 \quad (\text{Efeito direto de } X_7 \text{ sobre } Y)
 \end{aligned}$$

Como se pode observar, os valores de maiores efeitos diretos são: pH, MO, N e Ca. O pH do solo ainda que possua alto efeito direto, resulta com um efeito total desprezível, principalmente por seu efeito conjunto negativo alto com o elemento Calcio, aliás estão altamente correlacionados entre si ($r = .772$). Assim é que o pH não chega a ter um efeito total importante para o crescimento das árvores, para as parcelas estudadas. Tal como aconteceu para o pH, o Ca possui um relativo efeito direto, mas por possuir valores associados relativamente altos, ora negativos, ora positivos com MO, N e PH, seu efeito total torna-se insignificante. Pelo alto valor direto que possuem P e N, assim como seus razoáveis efeitos totais sobre a altura das árvores pode-se afirmar que são as características químicas de maior importância.

Como o valor de MO está altamente correlacionado com o valor de N, pode-se dizer que o Nitrogênio é a característica química de maior importância, ainda que, em nenhum caso, chega a alcançar um nível que apresentaram os valores das variáveis Capa freática e Drenagem em seus efeitos totais. Os valores numéricos de comparação de efeitos diretos e conjuntos das variáveis químicas sobre a altura das árvores estão relacionados no Quadro 37.

De uma maneira geral, se poderia dizer que na área em estudo o sitio bom é aquele que possui alto teor de Matéria orgânica e Nitrogênio, assim como boa drenagem (Unidades de amostragem nºs: 01, 04, 05, 07, 12, 21, 41, 42, 43 e 45). Por sua vez o sitio mau é aquele de drenagem impedida, capa freática e profundidade de raízes superficiais (Unidade de amostragem nº 02).

4.4. Diagramas de porosidade

No presente trabalho se utilizou o recurso de ilustrar o estado de drenagem do solo através dos "diagramas de porosidade" que estão na Figura 3, do "Apêndice". Na realidade, pode-se empregar esse método diagramático já que, neste estudo, o espaço poroso está fortemente associado com a drenagem do solo ($r = .85$). Assim, os diagramas dos perfis dos solos citados, mostram em forma clara as condições de drenagem existentes no campo. Tais diagramas representam a porosidade total dos solos, ao mesmo tempo ela está dividida em porosidade capilar e não capilar; a primeira é responsável pela capacidade de retenção de umidade do solo, sendo maior em solos argilosos que nos arenosos. A porosidade não capilar representa não somente o espaço radical disponível em cada horizonte do perfil como também o grau de aeração do solo, ao mesmo tempo que é responsável por sua capacidade de drenagem.

Nos diagramas mencionados pode notar-se as diferenças existentes entre os perfis dos solos pertencentes ao Sitio I e aquele correspondente ao Sitio II (U.A. 02). Nos primeiros, a porosida

de não capilar é ampla na maioria dos casos, indicando que tais solos possuem boa drenagem, ou que sua capacidade de percolação é adequada ainda quando a precipitação seja excessiva. Pelo contrário, o diagrama do perfil UA 02 mostra uma porosidade não capilar estreita e é nula à profundidade de 40 centímetros, indicando a presença de um solo com drenagem deficiente, muito susceptível ao alagamento, de uma baixa capacidade de percolação, razões suficientes para que os solos representados por êsse perfil, apresentem um crescimento de árvores seriamente afectado pela mal drenagem.

5. DISCUSSÃO

5.1. Índice de sitio para as parcelas estudadas

Ao observar-se a representação gráfica dos sitios em contralhos (Figura 4) denota-se que existe uma diferença, ou intervalo de 5 metros entre a classe de sitio I e a classe de sitio II. Na verdade, entre êsse intervalo de valores das curvas devem existir teoricamente (ou potencialmente) dois ou mais sitios, mas por uma razão lógica que se discutirá logo a seguir, quase todas as plantações estudadas estão situadas no sitio de categoria I, com exceção de uma única parcela em terreno não particular.

Existe um problema de ordem estrutural que condiciona o agricultor das regiões subdesenvolvidas, onde predomina o modelo primário exportador, a subsistir pela produção de um ou dois produtos tradicionais, no caso de Turrialba o café e a cana de açúcar. Esta condição, histórica talvez, cria uma situação em que toda a terra apta para êsses cultivos tradicionais seja disputadíssima. Seria muito despreparado politicamente, o que técnico que esperasse, mantidas as condições atuais, que o agricultor do vale de Turrialba fôsse destinar a área apta para café ou cana de açúcar para plantações florestais, que ademais de ser uma inovação na área, não apresenta, a curto prazo, indicações de mercado industrial assegurado. Nestas condições, as plantações, tôdas pequenas deve-se aclarar, de particulares, são sempre localizadas em terrenos marginais para aquêles produtos tradicionais já mencionados, representados pelos terrenos de pendente forte e com alguma pedregosidade, quando não solos esgotados por uma ou outra cultura citada. Assim, o intervalo entre o índice de sitio 5,0 metros (aos 4 anos) deve ser a área onde estão plantados café e cana de açúcar. Por mera casualidade houve uma plantação que se caracterizou como classe de sitio II (poderia ser, tecnicamente, sitio II, III ou IV), facilmente explicado por estar dentro de um terreno de ensino e pesquisa oficial, que têm interêsse em experi

mentar espécies florestais nos mais diferentes sítios e, naturalmente, está isento de pressões para plantações comerciais. De qualquer maneira, as demais plantações do CTEI estão localizadas em sítios categorizados como classe I.

Outrossim, êsse terreno onde estão plantadas a maioria das parcelas estudadas parece ser um bom sítio (por isso classe I) para o crescimento de Finus caribaea var hondurensis que apresenta um crescimento em altura excelente (2,5 metros/ano, de árvores dominantes e codominantes). Essa situação poderá, no futuro, dar um impulso ao Programa de Diversificação Agrícola de Turrialba, já que não necessariamente se recomendará substituir plantações de café ou cana de açúcar pela espécie estudada, porém poderá continuar-se o plantio em terras marginais para êsses dois produtos.

Os sítios de altas pendentes, lógicamente possuem drenagem de moderada a boa e, ainda que não possuam uma excelente condição de profundidade de raízes é compensado pela condição de capa freática profunda (mais de 1,0 metro) o que de acôrdo com o presente estudo é condição recomendada para o crescimento das árvores. Em relação a êsse fato, no trabalho sôbre drenagem de solos florestais que efetuou Pinchuk (45) ficou determinado que a produtividade florestal é influida marcadamente depois de efetuados trabalhos de drenagem do solo úmido. Essa afirmação reforça a conclusão dêste trabalho que, apesar de contar com uma só parcela em solo mal drenado, classificou-o como sítio II.

Como a capa freática e profundidade de raízes estão estreitamente correlacionadas com a drenagem, deixa-se de tecer comentários sôbre essas duas primeiras características.

Quanto às características químicas, para o presente trabalho os conteúdos de matéria orgânica e nitrogênio apresentam alguma correlação com o crescimento em altura, porém não chega a ser significativo. Não se recomenda aplicação de Nitrogênio porque sua necessidade maior é em plantas jovens, segundo Raman, citado por Lutz e Chandler (39), e como o crescimento de árvores jovens da espécie estudada é muito bom, não se justificariam gastos em fertilização.

Os demais nutrientes químicos não são limitantes ao crescimento da espécie estudada, em Turrialba. A respeito, cita-se que ao comparar-se os resultados das análises químicas encontrados com os padrões propostos por Hardy (30) evidenciou-se que os solos a apresentavam valores de médios a altos em sua composição química, o que dá maior segurança aos resultados estatísticos calculados. Os valores de Fósforo disponível estão muito baixos, comparados com os padrões de Bray (7), porém, de qualquer maneira não se apresentam co mo fator limitante. Não há dúvida que o Fósforo disponível encontra-se em valores muito baixos na área de Turrialba, porém seus resultados de análise de laboratório são muito variáveis, em função das condições do momento de tomar as amostras do solo.

Van Goor (23) em estudos feitos no Brasil, afirma que o Pinus caribaea var hondurensis pode crescer em solos de fertilidade baixa à média, portanto reforça a hipótese de que as condições químicas não são limitantes ao crescimento dessa espécie, em Turrialba. Na realidade, a única parcela que apresenta resultados baixos é aquela classificada como sitio II. Nessa parcela, ademais de uma capa freática e profundidade de raízes muito superficiais, possui drenagem quase impedida, médios a baixos conteúdos de MO e N, assim como de Calcio. Todos êsses indicadores, em conjunto, categorizam essa parcela como classe de sitio II.

Por outro lado, as demais parcelas, pela similitude de suas características de lugar, físicas e químicas, foram agrupadas na classe de sitio I. Poderia-se resumir as características do sitio de classe I, em Turrialba, como: capa freática e profundidade de raízes de média a profunda, drenagem de moderada a boa e regular conteúdo de Matéria orgânica e Nitrogênio; ou, mais resumidamente, se poderia dizer que o melhor sitio é aquele bem drenado, já que as demais características estão pouco correlacionadas ou possuem menor importância.

Em trabalho realizado nos Estados Unidos, por Gaiser (19) se determinou que a variação do nível de nutrientes do solo não evidenciou afectar o crescimento de Loblolly pine (Pinus taeda), mas

sim as propriedades físicas do solo. Também concluiu que a drenagem do solo é um elemento indicador da qualidade de sítio, chegando mesmo a considerar três curvas de crescimento em função da drenagem "pobre", "imperfeita" e "boa".

5.2. Comparação de resultados com outros trabalhos

No estudo de sítio para Pinus caribaea var hondurensis que realizou Vincent (54) em Surinam, a classe de sítio I, denota um crescimento de cerca de 10 metros aos 4 anos, justamente aquele encontrado pelo autor no presente trabalho, para Turrialba. Todavia os resultados dos demais sítios, em Surinam, são todos superiores ao encontrado no presente trabalho, o que leva a supôr que, em nenhum momento, as parcelas daquele país se encontravam em condições de drenagem superficial, tal como se encontrou em Turrialba, na parcela categorizada como classe de sítio II.

Dados da FAO (42) para crescimento da espécie estudada, coincidem com o crescimento alcançado em Turrialba, no sítio I (Trinidad 11 metros aos 6 anos, Honduras Britânica 13 metros aos 5 anos e Jamaica 11 metros aos 5 anos; ambos promédio geral de altura e em condições de drenagem livre). Porém, em condições de drenagem impedida, em Honduras Britânica, ocorre um crescimento promédio de 1,0 metro ao ano (até os 10 anos), dados que estão bastante semelhantes àqueles encontrados para o sítio II (mal drenado) em Turrialba.

Golfari e Barrett (21) fornecem dados de crescimento (7,5 metros em 5 anos) de como se comporta essa espécie em zonas mais frias.

5.3. Comprovação das hipóteses

Em função dos resultados obtidos se pode afirmar que:

- Devido às condições sócio-político-econômicas da área, descritas no subcapítulo 5.1., a totalidade das plantações de Pinus caribaea var hondurensis feitas por particulares, estão localizadas dentro de uma mesma categoria de sitio florestal.

- A drenagem e seus efeitos correlacionados (Nível da capa freática e Profundidade das raízes) é o principal fator limitante de ordem física para o crescimento da espécie Pinus caribaea var hondurensis, em Turrialba. Como refôrco a essa hipótese se podem verificar os trabalhos de van Goor (23) e Stoeckeler e Limstron (51). Também o "Forest Soil Committee Soils of the Douglas-fir Region" (17) afirma que a maioria dos investigadores consideram as propriedades físicas do solo como as mais importantes e, entre estas, a permeabilidade, profundidade, textura e material de origem como os fatores mais significativos. Diebold, citado por Lutz e Chandler (39) reconhece que a condição de drenagem é particularmente importante ao avaliar-se solos, desde o ponto de vista de reflorestamento. Em trabalho de Hannah (26) observa-se que entre os fatores edáficos mais importantes estão citados os conteúdos de areia, argila, assim como pendente, entre outros. Como essas características estão correlacionadas com a drenagem do terreno, se pode deduzir que também reforçam a segunda hipótese da presente tese.

- Por último, desde um ponto de vista de fertilidade, se pode afirmar que não há limitação de ordem química ao crescimento da massa florestal das plantações amostradas. Ainda que, no sitio de classe I, existe correlação entre os conteúdos de Matéria orgânica e Nitrogênio com o crescimento da espécie estudada. Esses resultados estão de acôrdo com o trabalho de Loaiza (38) que afirma que não houve resposta significativa à fertilização intensiva que efetuou sôbre a espécie em estudo.

Para finalizar, registre-se o fato que algumas características químicas, como pH e conteúdos de MO, N e Calcio, aparentemente possuem algum efeito direto sôbre o crescimento das árvores em Turrialba, mas seus efeitos totais não chegam a ser importantes.

5.4. Ponto de inflexão da curva de crescimento para os sitios estudados

O valor do ponto de inflexão (\hat{x}) para o sitio I, foi encontrado aos 2,9 anos, enquanto que para o sitio II, aos 4,33 anos, conforme está assinalado na Figura 4.

Se poderia teorizar que o ponto de inflexão da curva seria, também, um indicador de sitio. Ou seja, nos sitios maus, " \hat{x} " teria um valor grande, fazendo com que a curva "S" de crescimento tendesse a ser uma reta, porém com uma taxa de crescimento muito pequena. Por sua vez, para os sitios bons, o valor de " \hat{x} " seria menor.

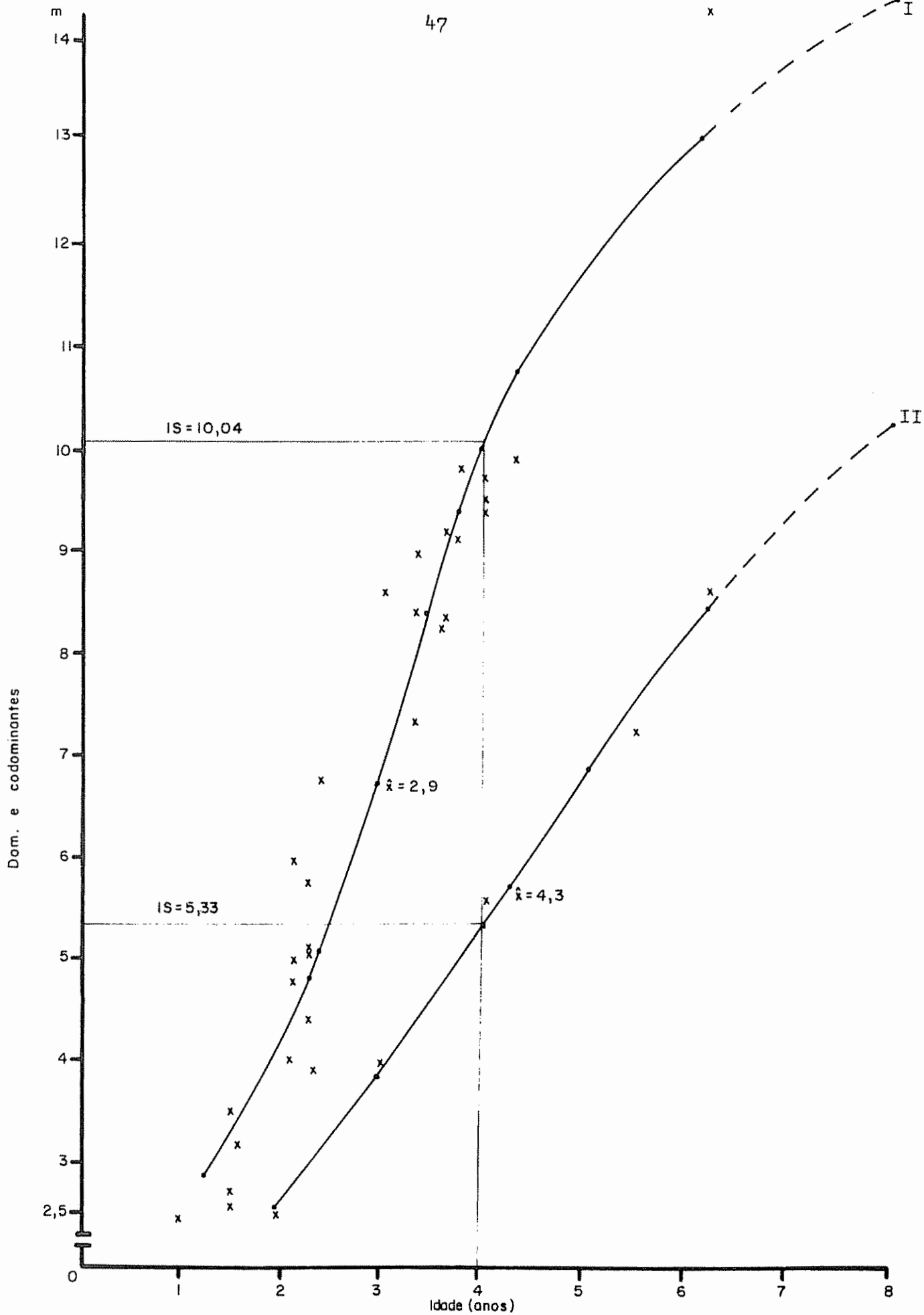


Fig 4 Representação gráfica dos sítios estudados

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. As plantações de Pinus caribaea var hondurensis, em Turrialba, Costa Rica, apresentam um excelente crescimento (2,5 metros/ano, para as árvores dominantes e codominantes, de 2 a 6 anos).
2. Essa espécie está sendo plantada por particulares em terras marginais para café e cana de açúcar, ou seja, em terrenos de altas pedregosidades e nula ou escassa produtividade, fato que, nas condições ambientais de Turrialba, parece ser bom sítio para a espécie citada.
3. As condições de drenagem e seus fatores correlacionados, capa freática e profundidade das raízes, são as principais limitações ao crescimento da espécie estudada, em Turrialba.
4. Praticamente, não há fatores limitantes de fertilidade do solo para o crescimento dessa conífera, em base da amostra estudada.
5. Parece não haver maiores impedimentos para efetuar-se estudos de sítio para espécies de rápido crescimento, à idade jovem, em países tropicais com condições ecológicas semelhantes àsquelas da área do presente estudo.
6. Ainda que a metodologia empregada para detectar fatores de solo limitantes ao crescimento das árvores resultou satisfatório para o presente trabalho, devido à pouca disponibilidade de dados, não se pode comprovar sua maior eficácia.
7. Como, na maioria dos casos, as plantações dessa conífera estão situadas em uma mesma categoria de terreno, seria aconselhável começar-se estudos de técnicas de manejo econômico, já que as árvores, por seu rápido desenvolvimento atingem valores de área basal e volume consideráveis, à idade jovem.
8. Seria recomendável, também, continuar-se tomando medidas anuais das alturas dominantes e codominantes das parcelas estudadas para observação do comportamento futuro dessa espécie.
9. Em caso de que se pudesse contar com plantações em uma maior diversidade de condições de lugares, se poderia tentar classificar o sítio em função unicamente de suas condições de drenagem.

7. RESUMO

Devido à crescente demanda de produtos florestais e esgotamento das reservas naturais de madeiras, grandes plantações de espécies de rápido crescimento tem sido feitas em diferentes países. De aí a necessidade de melhor conhecer as terras onde se efetuariam florestamento ou reflorestamento.

No presente trabalho, estudou-se características de lugar (pendente, pedregosidade superficial, profundidade das raízes e capa freática); características físicas (drenagem, textura, porosidade e pedregosidade do perfil), e características químicas (pH, NO, N, P, K, Ca, Mg, Ca/Mg, Mg/K e (Ca+Mg)/K). Estudou-se a influência total de cada uma de estas características e em grupos, sobre o crescimento da espécie Pinus caribaea Morelet var hondurensis Barrett e Golfari, na região de Turrialba, Costa Rica. Todas as parcelas estavam sob uma mesma condição climática (Premontano-muito úmido, da classificação de zonas de vida e formações vegetais, de Holdridge).

Após a coleta de dados de campo e análises de laboratório efetuou-se uma análise estatística e interpretação dos resultados, de onde se concluiu que:

- Todas as plantações de Pinus caribaea var hondurensis, e efetuadas por particulares, estão situadas dentro de uma mesma categoria de sítio florestal, o qual corresponde às terras marginais para as culturas de café e cana de açúcar. Essa situação não impede que a espécie apresente excelente crescimento (2,5 metros/ano para as árvores dominantes e codominantes, em um intervalo de idade entre 2 e 6 anos).

Comparando o crescimento dos dois sítios, o maior impedimento ao crescimento dessa espécie na zona parece ser a drenagem do solo e seus efeitos correlacionados capa freática e profundidade das raízes.

- Praticamente não existem fatores limitantes ao crescimento dessa conífera, desde o ponto de vista de fertilidade, nas condições de Turrialba.

- Também se concluiu que se devem começar estudos de manejo econômico dessa espécie, devido seu rápido crescimento e problemas de competição, que aparecem muito cedo.

RESUMEN

Debido a la creciente demanda de productos forestales y al agotamiento de las reservas naturales de las maderas, grandes plantaciones de especies de rápido crecimiento se han hecho en diferentes países. De ahí la necesidad de un mejor conocimiento de las tierras en donde se efectuarían forestación y reforestación.

En el presente trabajo se estudiaron las características de lugar (pendiente, pedregosidad superficial, profundidad de las raíces y la capa freática); características físicas (drenaje, textura, porosidad y pedregosidad del perfil), y las características químicas (pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, Ca/Mg, Mg/K e (Ca+Mg)/K). Se estudió la influencia total de cada una de estas variables y en grupo de características, sobre el crecimiento de la especie Pinus caribaea Morelet var hondurensis Barrett e Golfari, en la región de Turrialba, Costa Rica. Todas las parcelas estaban bajo una misma condición climática (Premontano-muy húmedo, de la clasificación de zonas de vida y formaciones vegetales, de Holdridge).

Después de la recolección de los datos de campo y análisis de laboratorio, se efectuó un análisis estadístico e interpretación de los resultados, de onde se concluyó que:

• - Todas las plantaciones de la especie estudiada, efectuadas por particulares, están situadas dentro de una misma categoría de sitio forestal, el cual corresponde a las tierras marginales para los cultivos de café y caña de azúcar. Esta situación no impide que la especie tenga un excelente crecimiento (2,5 metros/año para las árboles dominantes y codominantes, en un rango de edad entre 2 y 6 años).

Comparando el crecimiento de los dos sitios, el mayor impedimento al crecimiento de la especie en la zona parece ser el drenaje del suelo y sus efectos correlacionados capa freática y profundidad de las raíces.

- Practicamente no existen factores limitantes al crecimiento de esa conífera, desde el punto de vista de fertilidad, en las condiciones de Turrialba.

También se concluyó que se deben comenzar estudios de manejo económico de esta especie, ya que debido su rápido crecimiento, los problemas de competencia comienzan muy temprano.

SUMMARY

At present, large plantations of rapid growing species are being started in different countries in order to cope with the growing demand of forest products and to improve the forest resources due to the exhausting of natural wood reserves. Thus it need for a better knowledge of the land where forestation or reforestation should be made, is essential.

The present study deals with two sites and the physical and chemical characteristics of soil, their influence on the growth of Pinus caribaea Morelet var hondurensis Barrett and Golfari, in the Turrialba area, Costa Rica. Characteristics thus studied were: slope, rockiness and stoniness, root depth, water table, drainage, texture, porosity, pH, OM, N, P, K, Ca, Mg, Ca/Mg, Mg/K and (Ca+Mg)/K.

All experiment plots were located within the same climatic conditions (Premontane-perhumid, of the Holdridge clasification).

Statistical analysis and its interpretation were carried out on field and laboratory data, and the following conclusions were reached:

- Most of the plantations of Pinus caribaea var hondurensis are located within the same site category which correspond to marginal land not used for coffee and sugar cane plantations.

- When comparing the two sites, the main limiting factor found for tree growth appeared to be soil drainage and its effects correlated to water table and rooth depth.

- Under Turrialba conditions the growth of this conifer is practically not limited by soil fertility.

- Since most of the plantations are under the same environmental conditions, it was concluded that it would be advisable to carry out studies for the economic management of that species, since because of its rapid growth, competition problems start very early.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. A. Estudio de los suelos del area del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación IICA-Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1971. 139 p.
2. BARRETT, W. H. G. e GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades del "pino del Caribe" (*Pinus caribaea* Forcet). Caribbean Forester 23(2):59-71. 1962.
3. BAVER, L. D. Soil physics. 3a ed. New York, Wiley, 1956. 489 p.
4. BAZAN, R. Soil survey of La Lola cacao farm. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963. 127 p.
5. BLAKE, G. R. Bulk density. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 374-390.
6. BOYOUNCOS, G. J. The hydrometer method for making a very detailed mechanical analysis of soils. Soil Science 26:233-238. 1928.
7. BRAY, R. H. e KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59(1):39-45. 1945.
8. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. et al. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1171-1175.
9. BRUCE, D. e SCHUMACHER, F. X. Forest mensuration. 3a ed. New York, McGraw-Hill, 1950. 483 p.
10. CARMEAN, W. H. Tree height-growth patterns in relation to soil and site. In Youmberg, C. T. e Davey, C. B., eds. Tree growth and forest soils. Corvallis, Oregon State University Press, 1970. pp. 499-512.
11. CLINE, M. G. Methods of collecting and preparing soil samples. Soil Science 59(1):3-5. 1945.
12. CRITCHFIELD, W. B. e LITTLE, E. L., Jr. Geographic distribution of the pines of the world. US Forest Service. Miscellaneous publication nº 991. 1966. 97 p.
13. DALLINGRE, W. E. e JACKSON, A. B. A handbook of Coniferac. 3a ed. London, Edward Arnold, 1948. 686 p.
14. DAVIS, K. F. American forest management. New York, McGraw-Hill, 1954. 482 p.
15. DIAZ-ROMEU, R. e BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 3 p. (Fimeografiado).

16. DONDOLI, C. e TORRES, J. A. Estudio geoaigrónomico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
17. FOREST SOIL COMMITTEE OF THE DOUGLAS-FIR REGION. An introduction to the forest soils of the Douglas-fir region on the Pacific Northwest. Seattle, Washington, University of Washington, 1957. s.p.
18. FORSYTHE, W. Densidade de partículas del suelo, método com água y querosene. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 10 p. (Micrografado).
19. GAISER, R. N. Relation between soil characteristics and site index of Loblolly pine in the Coastal Plain region of Virginia and the Carolinas. Journal of Forestry 48(4):271-275. 1950.
20. GARAY IRALI, A. F. Aireación del suelo en un campo de café. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. 95 p.
21. GOLFARI, L. e BARRETT, W. H. Comportamiento de las coníferas cultivadas en Puerto Piray, Misiones. IDIA (Argentina) Sumplemento Forestal nº 4:31-52. 1967.
22. GOOR, C. P. van Classificação da terra para reforestamento no sul do Brasil. Rio de Janeiro, Brasil, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1969. 16 p.
23. _____. Relatório sôbre pesquisa adicional em Araucaria angustifolia e em Pinus spp. Rio de Janeiro, Brasil, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1969. 13 p.
24. GRIJPMA, P. Anthocephalus cadamba, a versatile fast growing industrial tree species for the tropics. Turrialba 17(3):321-329. 1967.
25. _____. Eucalyptus deglupta Bl. Una especie forestal prometedor para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba 19(2):267-283. 1969.
26. HANNAH, P. R. Estimating site index for white and black oaks in Indiana from soil and topographical factors. Journal of Forestry 65(7):412-417. 1968.
27. HEINSDIJK, D. e SOARES, R. O. Plantações de coníferas no Brasil estudo preliminar sôbre volumes e rendimentos de Araucaria angustifolia, Cryptomeria japonica, Cunninghamia lanceolata e Pinus elliottii. Brasil. Setor de Inventários Florestais. Boletim nº 5. 1962. 75 p.
28. _____ et al. Plantações de eucaliptos no Brasil, estudo preliminar de volumes e capacidade de produção. Brasil. Setor de Inventários Florestais. Boletim nº 10. 1965. 69 p.

29. HARDY, F. Edafología tropical. México, D.F., Herrero, 1970. 416 p.
30. _____. The soils of the I.A.I.A.S. area. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 76 p.
31. HOLDRIDGE, L. R. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1966. 1 p.
32. HUSH, B. Forest mensuration and statistics. New York, Ronald Press, 1963. 474 p.
33. IBARRA, A. E. et al. Inventario de recursos, cantón de Turrialba. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Pùblicitación miscelánea n^o 62. 1970. 115 p.
34. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Resumen de los datos meteorológicos, desde la iniciación de observaciones hasta Diciembre, 31, 1970. Turrialba, Costa Rica, 1971. 1 p. (Mimeografiado).
35. JONES, J. R. Review and comparision of site evaluation methods. US Forest Service. Research paper RM-51. 1969. 27 p.
36. LAMB, A. F. A. Impression of tropical pines and hardwoods in some eastern countries. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1966. 93 p.
37. LI, C. C. Population genetics. Chicago, University of Chigaco Press, 1965. 366 p.
38. LOAIZA, V. H. G. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento de Pinus caribaea Morelet var hondurensis (Sénéclauze) Barrett e Golfari y Eucalyntus saligna Smith en plantación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 104 p.
39. LUTZ, H. J. e CHANDLER. R. C., Jr. Forest soils. New York, Wiley, 1949. 514 p.
40. MIROV, W. T. The genus Pinus. New York, Ronald Press, 1967. 602 p.
41. MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell soil charts. Baltimore, Maryland, 1954. 20 p.
42. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales y Centro y Sur América. Rio Piedras, Puerto Rico, Centro Tropical de Investigaciones Forestales, 1960. s.p.
43. _____. Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma, FAC, 1968. 60 p.
44. PEECH, M. Hydrogen-ion activity. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 914-926.

45. FINCHUCK, H. G. Draining of forests in the U.S.S.R. In Akademiya Nauk SSRR. The increase of productivity of swamped soils. Washington, D.C., Israel Program for Scientific Translations, 1963. pp. 3-6.
46. ROWE, J. S. Forest sites-a discussion. Forestry Chronicle 29(3):278-289. 1953.
47. RUSSEL, W. Site determination, classification and application. Journal of Forestry 15(5):552-563. 1917.
48. SAIZ D. J. RIC, J. F. e BORNEMISZA, E. Análisis químicos de suelos; métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidade. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 107 p.
49. SANDRASEGERAN, K. A general volume table for Pinus caribaea For. The Malayan Forester 28(1):20-27. 1968.
50. SOCIETY OF AMERICAN FORESTRY. Terminología forestal. Trad. por la Dirección Forestal. Caracas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1950. s.p.
51. STORCKEHLER, J. H. e LIMSTROM, G. A. A site classification for reforestation on the National Forests of Wisconsin. Journal of Forestry 40(4):308-315. 1942.
52. TAYLOR, C. J. Introdução à silvicultura tropical. Trad. por H. de Amaral Mello. São Paulo, Brasil, Edgard-Blücher, 1969. 200 p.
53. VINCENT, A. B. Is hight/age a reliable index of site ? Forestry Chronicle 37(2):144-150. 1961.
54. VINCENT, L. W. Plantaciones de Pinus caribaea var hondurensis en Surinam. Merida, Venezuela, Universidad de Los Andes, 1970. 28 p.
55. VOORHOEVE, A. C. e SCHUIZ, J. P. La necesidad de parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Boletín Forestal (Mérida, Venezuela) nº 27-28:3-17. 1968.

9. APÊNDICE

Quadro 29. Padrões "standards" de comparação, utilizados por Hardy (30).

00 - 30 cm

pH	M.O.	N-total	P-disp.	+ Bases trocáveis			Relações			
				K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K (Ca+Mg)/K		
				----- % ----- --ppm---						
				----- meq/100g solo---						
Alto	7.5	5.2	0.26	+ 20.0	0.41	12.0	4.5	-	-	
Médio	6.5	2.6	0.15	7 - 20	0.26	9.0	2.3	4.0	6.0	40.0
Baixo	5.0	0.6	0.04	- 7.0	0.15	3.0	0.8	-	-	58

+ Bray (7)

Quadro 35. Cálculo dos efeitos diretos e indiretos das características do lugar sobre a altura das árvores dominantes e codominantes. Pendente (X_1), Pedregosidade superficial (X_2), Profundidade das raízes (X_3), Capa freática (X_4) e Altura (Y).

-Método da análise de caminhos-

$$\begin{aligned}
 X_1 \longrightarrow Y &= C_1 + R_{12} \cdot C_2 + R_{13} \cdot C_3 + R_{14} \cdot C_4 \\
 &= 0.0197 + 0.0004 - 0.2058 + 0.6562 = .470 \quad (r) \\
 X_2 \longrightarrow Y &= C_2 + R_{12} \cdot C_1 + R_{23} \cdot C_3 + R_{24} \cdot C_4 \\
 &= 0.0936 + 0.0001 - 0.0344 + 0.0150 = .074 \quad (r) \\
 X_3 \longrightarrow Y &= C_3 + R_{13} \cdot C_1 + R_{23} \cdot C_2 + R_{34} \cdot C_4 \\
 &= -0.5079 + 0.0080 + 0.0063 + 1.019 = .526 \quad (r) \\
 X_4 \longrightarrow Y &= C_4 + R_{14} \cdot C_1 + R_{24} \cdot C_2 + R_{34} \cdot C_3 \\
 &= 1.1554 + 0.0112 + 0.0012 - 0.4472 = .720 \quad (r)
 \end{aligned}$$

Quadro 36. Cálculo dos efeitos diretos e indiretos das características físicas sôbre a altura das árvores dominantes e codominantes. Drenagem (X_1), Areia (X_2), Limo (X_3), Argila (X_4), Ferrugem total (X_5), Pedregosidade do perfil (X_6) e Altura (Y).

- Método da análise de caminhos -

$X_1 \rightarrow Y =$	C_1	+	$R_{12} \cdot C_2$	+	$R_{13} \cdot C_3$	+	$R_{14} \cdot C_4$	+	$R_{15} \cdot C_5$	+	$R_{16} \cdot C_6$	=	.570 (r)
=	1.4549	-	1.3354	+	0.2899	+	0.8744	-	0.7502	+	0.0369	=	.570 (r)
$X_2 \rightarrow Y =$	C_2	+	$R_{12} \cdot C_1$	+	$R_{23} \cdot C_3$	+	$R_{24} \cdot C_4$	+	$R_{25} \cdot C_5$	+	$R_{26} \cdot C_6$	=	.020 (r)
=	-2.5583	+	0.7594	+	0.2103	+	2.3111	-	0.5955	-	0.0271	=	.020 (r)
$X_3 \rightarrow Y =$	C_3	+	$R_{13} \cdot C_1$	+	$R_{34} \cdot C_2$	+	$R_{34} \cdot C_4$	+	$R_{35} \cdot C_5$	+	$R_{36} \cdot C_6$	=	.174 (r)
=	-0.4684	-	0.9006	+	1.1487	-	0.5652	+	0.5371	-	0.0257	=	.174 (r)
$X_4 \rightarrow Y =$	C_4	+	$R_{14} \cdot C_1$	+	$R_{24} \cdot C_2$	+	$R_{34} \cdot C_3$	+	$R_{45} \cdot C_5$	+	$R_{46} \cdot C_6$	=	.038 (r)
=	-2.5073	-	0.5514	+	2.4739	-	0.1147	+	0.4868	+	0.0512	=	.038 (r)
$X_5 \rightarrow Y =$	C_5	+	$R_{15} \cdot C_1$	+	$R_{25} \cdot C_2$	+	$R_{35} \cdot C_3$	+	$R_{45} \cdot C_4$	+	$R_{56} \cdot C_6$	=	.260 (r)
=	-0.8836	+	1.2352	-	1.7243	+	0.3377	+	1.2713	+	0.0241	=	.260 (r)
$X_6 \rightarrow Y =$	C_6	+	$R_{16} \cdot C_1$	+	$R_{26} \cdot C_2$	+	$R_{36} \cdot C_3$	+	$R_{46} \cdot C_4$	+	$R_{56} \cdot C_5$	=	.183 (r)
=	0.2042	+	0.2633	+	0.3402	+	0.0590	-	0.5791	-	0.1042	=	.183 (r)

Quadro 37. Cálculo dos efeitos diretos e indiretos das características químicas sobre a altura das árvores dominantes e codominantes. pH (X_1), MO (X_2), N (X_3), P (X_4), K (X_5), Ca (X_6), Mg (X_7) e Altura (Y).
 - Método da análise de caminhos -

$X_1 \rightarrow Y =$	$C_1 + R_{12} \cdot C_2 + R_{13} \cdot C_3 + R_{14} \cdot C_4 + R_{15} \cdot C_5 + R_{16} \cdot C_6 + R_{17} \cdot C_7$	$= 2.0053 + 0.2480 - 0.8635 - 0.1296 - 0.1198 - 1.3497 + 0.2136 = .002 (r)$
$X_2 \rightarrow Y =$	$C_2 + R_{12} \cdot C_1 + R_{23} \cdot C_3 + R_{24} \cdot C_4 + R_{25} \cdot C_5 + R_{26} \cdot C_6 + R_{27} \cdot C_7$	$= -2.0168 - 0.2464 + 1.7670 + 0.2257 + 0.0454 + 0.9406 - 9.1930 = .319 (r)$
$X_3 \rightarrow Y =$	$C_3 + R_{13} \cdot C_1 + R_{23} \cdot C_2 + R_{34} \cdot C_4 + R_{35} \cdot C_5 + R_{36} \cdot C_6 + R_{37} \cdot C_7$	$= 2.1011 - 0.8233 - 1.6962 + 0.1243 + 0.0621 + 0.9266 - 0.2315 = .463 (r)$
$X_4 \rightarrow Y =$	$C_4 + R_{14} \cdot C_1 + R_{24} \cdot C_2 + R_{34} \cdot C_3 + R_{45} \cdot C_5 + R_{46} \cdot C_6 + R_{47} \cdot C_7$	$= 0.2396 - 1.0837 - 0.1895 + 1.0904 + 0.0556 + 0.3024 - 0.1215 = .293 (r)$
$X_5 \rightarrow Y =$	$C_5 + R_{15} \cdot C_1 + R_{25} \cdot C_2 + R_{35} \cdot C_3 + R_{45} \cdot C_4 + R_{56} \cdot C_6 + R_{57} \cdot C_7$	$= -0.1911 + 1.2560 + 0.4800 - 0.6828 - 0.0697 - 1.0070 + 0.1328 = .081 (r)$
$X_6 \rightarrow Y =$	$C_6 + R_{16} \cdot C_1 + R_{26} \cdot C_2 + R_{36} \cdot C_3 + R_{46} \cdot C_4 + R_{56} \cdot C_5 + R_{67} \cdot C_7$	$= -1.7483 + 1.5465 + 1.0850 - 1.1135 - 0.0414 - 0.1101 + 0.2535 = .128 (r)$
$X_7 \rightarrow Y =$	$C_7 + R_{17} \cdot C_1 + R_{27} \cdot C_2 + R_{37} \cdot C_3 + R_{47} \cdot C_4 + R_{57} \cdot C_5 + R_{67} \cdot C_6$	$= 0.2894 + 1.4784 + 1.3452 - 1.6809 - 0.1006 - 0.0877 - 1.4790 = .235 (r)$

Quadro 38. Capacidade de campo e Índice de textura

U.A. nº	Profun- didade -cm-	Capaci- dade Campo-%	Índice Textura	U.A. nº	Profun- didade -cm-	Capaci- dade Campo-%	Índice Textura
01	00 - 15	41,0	31,0	21	00 - 20	43,0	34,2
	15 - 40	36,0	27,6		20 - 55	42,0	32,4
	40 - 100	35,0	28,8		55 - 100	42,0	34,0
	+ 100	40,0	33,8	41	00 - 15	39,0	32,0
02	00 - 15	41,0	36,2		15 - 30	37,0	30,6
	+ 15	44,0	35,4		30 - 100	35,0	23,8
04	00 - 25	42,0	36,0	42	00 - 25	42,0	34,4
	25 - 45	41,0	32,8		25 - 50	37,0	33,0
	45 - 100	43,0	37,8		50 - 85	38,0	30,8
05	00 - 15	49,0	36,8		85 - 100	38,0	32,6
	15 - 40	42,0	27,2	43	00 - 15	37,0	31,8
	40 - 100	36,0	19,6		15 - 40	38,0	35,6
07	00 - 15	43,0	40,0		40 - 100	44,0	42,8
	15 - 35	43,0	40,4	45	00 - 20	39,0	28,0
	35 - 60	38,0	33,2		20 - 50	38,0	31,8
	60 - 100	46,0	43,0		50 - 100	38,0	33,4
12	00 - 12	38,0	31,4				
	12 - 27	37,0	31,4				
	26 - 45	36,0	31,4				
	45 - 100	37,0	31,8				

- Derivação do modelo de crescimento $Y = \frac{B_0}{1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}}$

$$Y = \frac{B_0}{1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}} \rightarrow \left(\frac{v}{u}\right) \quad \frac{d}{du} \left(\frac{v}{u}\right) = \frac{u \, dv - v \, du}{u^2}$$

$$\frac{d'y}{d x'} = \frac{(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}) \cdot 0 + B_0 \cdot B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x} \cdot B_2}{(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x})^2} \rightarrow (1a. derivada)$$

$$\frac{d''y}{d x''} = \frac{v}{(u)^2} - \frac{d}{d x} \left(\frac{v}{(u)^2}\right) = \frac{u \, dv - v \, d(u)^2}{u^2 \, du}$$

$$= \frac{-(1+B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x})^2 - B_0 B_1 B_2^2 \cdot e^{-B_2 \cdot x} + B_0 B_1 B_2 \cdot e^{-B_2 \cdot x} \cdot 2(1+B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}) \cdot B_1 B_2 \cdot e^{-B_2 \cdot x}}{(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x})^4}$$

$$Y'' = \frac{-(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}) + 2 B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}}{(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x})^4} \rightarrow (2a. derivada)$$

De aí, para se calcular o ponto de inflexão " \hat{x} ", procede-se assim:

$$Y'' = 0 \quad 0 \cdot \frac{-(1+B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}) + 2 B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}}{(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x})^4}$$

$$0 = -(1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}) + 2 B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}$$

$$1 + B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x} = 2 B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x} \quad ; \cdot 1 = B_1 \cdot e^{-B_2 \cdot x}$$

$$\therefore \frac{1}{B_1} = e^{-B_2 \cdot x} \quad \therefore B_1^{-1} = e^{-B_2 \cdot x} \quad \text{e, aplicando logaritmo:}$$

$$\rightarrow \ln B_1 = -B_2 \cdot x \cdot \frac{1}{e} \quad \therefore \ln B_1 = B_2 \cdot x$$

e, finalmente:

$$\hat{x} = \frac{\ln B_1}{B_2}$$

onde " \hat{x} " é o ponto estimado de inflexão da curva de crescimento.

Quadro 5. Características físicas do perfil 1 (U.A. nº 01)

Profundidade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Total	Distrib. partículas		Classe textural
			Capilar	Não cap.		Areia	Limo Argila	
-- cm --	-- g/cc --	-- % --	-- % --	-- % --	-- % --	-- % --	-- % --	
00 - 15	0.75	2.68	23.0	49.0	72.0	50.0	28.0	22.0 Franco arg.arenoso
15 - 40	0.99	2.65	27.0	36.0	63.0	42.0	27.0	31.0 Franco argiloso
40 - 100	0.88	2.75	25.0	43.0	68.0	31.0	27.0	42.0 Argiloso
+ 100	1.00	2.93	39.0	27.0	66.0	31.0	27.0	42.0 Argiloso

Quadro 6. Características químicas do perfil 1 (U.A. nº 01)

Profundidade	pH	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
--cm--		-- % --	-- % --	-- ppm--	-- meq/100 g S --						
00 - 15	5.50	4.90	8.44	.45	.56	1.02	4.20	2.54	1.65	2.49	6.60
15 - 40	5.50	4.53	4.59	.24	-	0.75	1.36	0.54	2.51	0.72	2.53
40 - 100	5.00	5.12	2.46	.12	-	0.18	4.70	0.42	11.19	2.33	28.44
+ 100	6.00	5.32	1.76	-	-	0.10	3.30	0.25	13.20	2.50	35.50

Quadro 7. Características físicas do perfil 2 (U.A. nº 02)

Profundidade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas			Classe textural	
			Capilar	Não cap. Total	Areia	Limo	Argila		
00 - 15	1.05	2.27	38.0	16.0	54.0	24.0	41.0	35.0	Franco argiloso
+ 15	1.16	2.60	41.0	14.0	55.0	43.0	30.0	27.0	Franco

Quadro 8. Características químicas do perfil 2 (U.A. nº 02)

Profundidade	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações		
						K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
00 - 15	5.70	4.90	4.31	.24	-	.39	12.20	5.01	2.43	12.84	44.12
+ 15	5.50	4.30	0.60	-	-	.06	0.93	1.50	0.62	25.00	40.50

Quadro 9. Características físicas do perfil 3 (U.A. nº 04)

Profundidade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. de partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap. Tot.	Areia	Limo Argila			
--cm--	g/cc								
00 - 25	.83	2.51	30.0	37.0	67.0	30.0	28.0	42.0	Argiloso
25 - 45	.83	2.35	27.0	37.0	64.0	41.0	22.0	37.0	Francos argiloso
45 - 100	.78	3.15	29.0	46.0	75.0	26.0	30.0	44.0	Argiloso

Quadro 10. Características químicas do perfil 3 (U.A. nº 04)

Profundidade	pH	CaCl ₂	MO	N-total	F-disp.	Bases trocáveis			Relações		
						K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K (Ca+Mg)/K	
-- cm --			%	ppm	meq/100g do solo						
00 - 25	4.80	4.14	6.53	.34	.14	.08	1.14	3.96	0.28	49.50	63.75
25 - 45	5.25	4.12	2.31	.15	-	.04	0.50	0.37	1.35	9.25	21.75
45 - 100	5.35	4.35	2.06	.13	-	.03	1.30	0.45	2.88	15.00	58.33

Quadro 11. Características físicas do perfil 4 (U.A. nº 05)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap.	Areia	Limo Argila			
00 - 15	.55	2.38	20.0	57.0	77.0	61.0	32.0	7.0	Franco arenoso
15 - 40	.57	2.33	16.0	59.0	75.0	74.0	23.0	3.0	Areia franca
40 - 100	.56	2.54	11.0	67.0	78.0	82.0	16.0	2.0	Areia franca

--CM--

Quadro 12. Características químicas do perfil 4 (U.A. nº 05)

Profun- didade	pH H ₂ O	M.O. CaCl ₂	N-total	P-disp.	Bases trocáveis		Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
-- cm --			----- %	--- ppm--	--- meq/100g de solc					
00 - 15	5.40	4.43	15.25	.70	.07	.06	0.10	0.60	1.43	2.28
15 - 40	5.45	4.50	12.97	.48	.06	.08	0.10	0.80	1.66	3.00
40 - 100	5.75	4.70	6.12	.24	.03	.05	0.04	1.25	1.33	3.00

Quadro 13. Características físicas do perfil 5 (U.A. nº 07)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distr. partículas		Classe textural	
			Capilar	Não cap. Total	Areia	Limo Argila		
--cm--	g/cc		%					
00 - 15	0.95	2.28	38.0	20.0	58.0	15.0	43.0	Argilo limoso
15 - 35	1.02	1.90	41.0	5.0	46.0	13.0	56.0	Argiloso
35 - 60	0.93	2.23	31.0	27.0	58.0	24.0	41.0	Argiloso
60 - 100	0.83	2.49	36.0	30.0	66.0	15.0	63.0	Argiloso

Quadro 14. Características químicas do perfil 5 (U.A. nº 07)

Profun- didade	pH	M.O.	N-total	F-disp.	Bases trocáveis			Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
--cm--		%	ppm	meq/100 g solo							
00 - 15	6.15	5.65	5.73	.29	.42	2.39	11.0	4.17	2.63	1.77	6.45
15 - 35	5.85	5.40	2.33	.31	.14	0.23	10.4	2.95	3.52	12.82	58.00
35 - 60	5.55	4.82	3.32	.13	.10	0.05	5.5	2.25	2.44	45.00	155.00
60 - 100	5.75	5.10	1.64	-	-	0.06	5.8	1.34	4.32	22.33	119.0

Quadro 15. Características físicas do perfil 6 (U.A. nº 12)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap. Total	Areia	Limo Argila			
--cm--	g/cc	g/cc	%						
00 - 12	0.92	2.48	29.0	34.0	63.0	33.0	39.0	23.0	Franco argiloso
12 - 27	0.98	2.16	31.0	23.0	54.0	28.0	38.0	34.0	Franco argiloso
27 - 45	1.10	2.49	34.0	21.0	55.0	23.0	30.0	47.0	Argiloso
45 - 100	1.07	2.66	34.0	25.0	59.0	26.0	27.0	47.0	Argiloso

Quadro 16. Características químicas do perfil 6 (U.A. nº 12)

Profun- didade	pH	H ₂ O	CaCl ₂	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações	
							K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K
--cm--				g	%	ppm	meq/100g solo				
00 - 12	5.80	5.00	6.43	.36	.56	.36	5.7	4.17	1.35	11.58	27.41
12 - 27	5.60	4.90	4.39	.26	.42	.17	4.3	2.59	1.66	15.23	40.53
27 - 45	5.50	5.05	1.59	-	.14	.05	4.1	1.58	2.59	31.60	113.60
45 - 100	5.80	5.07	1.31	-	.14	.04	4.3	2.09	2.05	52.25	159.75

Quadro 17. Características físicas do perfil 7 (U.A. nº 21)

Profundidade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap. Total	Areia	Limo Argila			
---cm---	---g/cc---	---	---	---	---	---	---		
00 - 20	0.87	2.60	30.0	36.0	66.0	44.0	32.0	24.0	Franco
20 - 55	0.97	2.53	31.0	30.0	61.0	48.0	29.0	23.0	Franco
55 - 100	1.01	2.62	34.0	27.0	61.0	40.0	27.0	33.0	Franco argiloso

Quadro 18. Características químicas do perfil 7 (U.A. nº 21)

Profundidade	pH	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/10g	Mg/K (Ca+Mg)/K		
---cm---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
00 - 20	5.50	4.75	4.29	.27	.28	.32	4.1	2.42	1.69	7.56	20.37
20 - 55	5.20	4.70	2.68	.11	.42	.09	3.5	1.77	1.97	19.66	58.55
55 - 100	5.50	4.50	1.74	-	.56	.24	1.9	0.83	2.28	3.45	11.37

Quadro 19. Características físicas de perfil 8 (U.A. nº 41)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap.	Total	Areia		Limo	Argila
--cm--	g/cc		%						
00 - 15	0.91	2.50	29.0	34.0	63.0	35.0	31.0	34.0	France argiloso
15 - 30	1.01	2.66	31.0	31.0	62.0	32.0	32.0	36.0	France argiloso
30 - 100	0.96	2.68	23.0	41.0	64.0	56.0	35.0	9.0	France arenoso

Quadro 20. Características químicas do perfil 8 (U.A. nº 41)

Profun- didade	pH	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K (Ca+Mg)/K		
--cm--	%		--ppm--		--- meq/100 g solo---						
00 - 15	6.20	5.97	3.75	.30	.42	.68	18.8	5.01	3.75	7.36	35.01
15 - 30	6.20	5.80	1.00	.10	.28	.47	17.7	3.76	4.70	8.00	45.65
30 - 100	6.15	5.87	0.27	-	.42	.22	16.0	3.56	4.49	16.18	88.90

Quadro 21. Características físicas do perfil 9 (U.A. nº 42)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade		Distrib. partículas		Classe textural	
			Capilar	Não cap.	Areia	Limo Argila		
--cm--	g/cc		%					
00 - 25	0.74	2.42	25.0	44.0	69.0	38.0	31.0	Franco argiloso
25 - 50	0.85	2.59	28.0	39.0	67.0	20.0	36.0	Argiloso
50 - 85	0.94	2.61	29.0	35.0	64.0	36.0	32.0	Franco argiloso
85 - 100	1.00	2.62	35.0	29.0	62.0	27.0	36.0	Franco argiloso

Quadro 22. Características químicas do perfil 9 (U.A. nº 42)

Profun- didade	pH	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis		Relações				
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
--cm--	%		ppm--		meq/100g solo ----						
00 - 25	4.85	4.35	8.00	.48	1.68	.41	2.7	.80	3.37	1.95	8.53
25 - 50	4.75	4.20	2.41	.16	0.70	.28	1.0	.10	10.00	.35	7.14
50 - 85	5.00	4.37	1.44	-	1.40	.09	2.0	.19	10.52	2.11	24.33
85 - 100	5.40	4.50	0.37	-	0.70	.05	1.2	.21	5.71	4.20	28.20

Quadro 23. Características físicas do perfil 10 (U.A. nº 43)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Porosidade	Distrib. partículas	Classe textural				
00 - 15	.88	2.49	28.0	36.0	26.0	38.0	36.0	Franco argiloso	
15 - 40	.98	2.56	35.0	27.0	62.0	12.0	29.0	Argiloso	
40 - 100	.98	2.78	42.0	23.0	65.0	6.0	33.0	61.0	Argiloso

Quadro 24. Características químicas do perfil 10 (U.A. nº 44)

Profundi- dade	pH	M.O.	N-total	T-disp.	Bases trocáveis			Relações			
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	Ca/K	(Ca+Mg)/K	
---cm---											
----- % ----- --ppm-- ----meq/100g solo---											
00 - 15	4.90	4.50	2.68	.34	1.12	.19	4.5	2.25	2.00	11.84	35.52
15 - 40	5.30	5.07	2.54	.19	0.42	.09	6.7	1.34	5.00	14.88	89.30
40 - 100	4.90	4.77	-	-	0.14	.04	1.9	.75	2.53	18.75	66.25

Quadro 25. Características físicas do perfil 11 (U.A. nº 45)

Profun- didade	Densidade aparente	Densidade partículas	Forosidade		Distrib. partículas		Classe textural		
			Capilar	Não cap.	Total	Areia limo Argila			
			----- g/cc -----		----- % -----				
00 - 20	0.80	2.39	22.0	44.0	66.0	55.0	34.0	11.0	Franco arenoso
20 - 50	0.86	2.50	27.0	38.0	65.0	31.0	33.0	36.0	Franco argiloso
50 - 100	1.10	2.56	27.0	30.0	57.0	23.0	37.0	40.0	Límite de franco arg. & argiloso

Quadro 26. Características químicas do perfil 11. (U.A. nº 45)

Profun- didade	pH	M.O.	N-total	P-disp.	Bases trocáveis			Relações		
					K	Ca	Mg	Ca/Mg	HS/K	(Ca+Mg)/K
					----- ppm -----			----- meq/100g solo -----		
					----- % -----					
00 - 20	5.20	4.90	8.58	.51	1.40	3.5	2.34	1.49	10.17	25.39
20 - 50	5.00	4.45	4.09	0.30	1.26	3.0	0.36	8.33	4.00	42.00
50 - 100	4.80	4.40	3.42	.16	1.26	1.7	0.28	6.07	4.66	33.00

LEITURA DOS PERFÍS

Perfil 1 : Unidade de amostragem nº 01

Profundidades (cm)

- 00 - 15 Pardo (10YR 5/3) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em sêco; franco argilo arenoso; estrutura mediana, moderada; ligeiramente aderente, plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas gravas; poucas raízes finas; limite nêto, plano; pH 5.50 (H₂O) e 4.90 (CaCl₂).
- 15 - 40 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e pardo amarelento escuro (10 YR 4/4) em sêco; franco argiloso; estrutura mediana, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes finas e médias; limite difuso, irregular; pH 5.50 (H₂O) e 4.53 (Ca Cl₂).
- 40 - 100 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e sêco; argiloso; estrutura mediana, moderada; ligeiramente aderente, plástico, friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes finas e médias; limite nêto, plano; pH 6.0 (H₂O) e 5.12 (Ca Cl₂).
- + 100 Pardo amarelento escuro (10YR 4/4) em úmido e pardo amarelento em sêco; argiloso; estrutura fina, moderada; ligeiramente aderente, plástico, friável em úmido, suave em sêco; raras raízes, finas; pH 6.00 (H₂O) e 5.32 (Ca Cl₂).

Observação: Em nenhuma oportunidade se verificou sinais de erosão, motivo pelo qual não se incluiu êsse fator no presente trabalho.

Perfil 2 : Unidade de amostragem nº 02

Profundidade (cm)

- 00 - 15 Pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo (10YR 5/3) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, forte;

ligeiramente aderente, plástico; muito firme em úmido, muito duro em sêco; poucas raízes, finas e médias; limite gradual, plano; pH (5.70 (H₂O) e 4.90 (Ca Cl₂)).

- + 15 Pardo amarelento (10YR 5/8) em úmido e pardo muito pálido (10YR 7/4) em sêco; franco; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes, finas e médias; pH 5.70 (H₂O) e 4.30 (Ca Cl₂).

Nota: Devido êste perfil estar com uma capa freática em cêrcos de 15 centímetros de profundidade, no momento da tomada de dados, não se pode obter outras informações a maiores profundidades.

Perfil 3 : Unidade de amostragem nº 04

Profundidades (cm)

- 00 - 25 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e sêco; argiloso; estrutura fina, moderada; aderente, plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; raízes comuns, médias e grossas; limite gradual, plano; pH 4.80 (H₂O) e 4.14 (CaCl₂).
- 25 - 45 Pardo amarelento (10YR 4/3) em úmido e sêco; argiloso; estrutura fina, moderada; aderente, ligeiramente plástico, firme em úmido, muito duro em sêco; poucas gravas, finas; poucas raízes, finas e médias; limite gradual, plano; pH 5.25 (H₂O) e 4.12 (Ca Cl₂).
- 45 - 100 Pardo amarelento (10YR 5/6) em úmido e pardo a pardo escuro (7,5YR 4/4) em sêco; argiloso; estrutura fina, média; aderente, plástico, firme em úmido, muito duro em sêco; poucas gravas, pequenas; poucas raízes, finas e médias; pH 5.35 (H₂O) e 4.35 (Ca Cl₂).

Perfil 4 : Unidade de amostragem nº 05

Profundidades (cm)

- 00 - 15 Pardo escuro (10YR 3/3) em úmido e sêco; franco arenoso; estrutura mediana, débil; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, sôlto em sêco; abundantes raízes, finas e médias; limite gradual, plano; pH 5.40 (H₂O) e 4.43 (Ca Cl₂).
- 15 - 40 Pardo muito escuro (10YR 2/2) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em sêco; areia franca; estrutura média, débil; ligeiramente aderente, plástico, muito friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes, médias e grossas; limite neto, plano; pH 5.45 (H₂O) e 4.50 (Ca Cl₂).
- 40 - 100 Pardo amarelento (10YR 5/4) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 4/4) em sêco; areia franca; estrutura média, débil; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes, finas e médias; pH 5.75 (H₂O) e 4.70 (Ca Cl₂).

Perfil 5 : Unidade de amostragem nº 07

Profundidades (cm)

- 00 - 15 Griz avermelhado escuro (5YR 4/2) em úmido e pardo a pardo escuro (7,5YR 4/4) em sêco; argilo limoso; estrutura fina, forte; ligeiramente aderente, plástico, friável em úmido, muito duro em sêco; raízes abundantes, finas; limite neto, plano; pH 6.15 (H₂O) e 5.65 (Ca Cl₂).
- 15 - 35 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e pardo escuro (7,5YR 3/2) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, firme em úmido, muito duro em sêco; poucas raízes, finas; limite neto, plano; pH 5.85 (H₂O) e 5.40 (Ca Cl₂).

- 35 - 60 Pardo amarelento (10YR 5/4) em úmido e amarelento escuro (10YR 3/4) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, firme em úmido, muito duro em sêco; poucas raízes, finas; limite neto, plano; pH 5.55 (H₂O) e 4.82 (Ca Cl₂).
- 60 - 100 Pardo a pardo escuro (7,5YR 4/4) em úmido e pardo (7,5YR 5/4) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; aderente, plástico, friável em úmido, extremamente duro em sêco; muito poucas raízes, finas; pH 5.75 (H₂O) e 5.10 (Ca Cl₂).

Perfil 6 : Unidade de amostragem nº 12

Profundidades (cm)

- 00 - 12 Pardo escuro (7,5YR 3/2) em úmido e pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, débil; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, suave em sêco; muito poucas raízes, médias e grossas; algumas pedras, pequenas; limite difuso, irregular; pH 5.80 (H₂O) e 5,00 (Ca Cl₂).
- 12 - 27 Pardo escuro (7,5YR 3/2) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 4/4) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, débil, aderente, plástico, friável em úmido, suave em sêco; raízes comuns, finas e médias; regular quantidade de pedras, pequenas; limite neto, ondulado; pH 5,60 (H₂O) e 4,90 (CaCl₂).
- 27 - 45 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 4/4) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; aderente, plástico, firme em úmido, ligeiramente duro em sêco; presença de gravas; limite neto, irregular; pH 5,50 (H₂O) e 5,05 (Ca Cl₂).

45 - 100 Pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo amarelento (10YR 5/4) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, plástico; friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes finas e grossas; presença de gravas; pH 5.80 (H₂O) e 5.07 (Ca Cl₂).

Perfil 7 : Unidade de amostragem nº 21

Profundidades (cm)

00 - 20 Pardo a pardo escuro (7,5YR 4/2) em úmido e griz pardo claro (10YR 6/2) em sêco; franco; estrutura fina, moderada; aderente a muito aderente, plástico, friável em úmido, muito duro em sêco; raízes comuns, finas e médias; limite neto, plano; pH 5.50 (H₂O) e 4.75 (Ca Cl₂).

20 - 55 Pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo (10YR 5/3) em sêco; franco; estrutura média, moderada; aderente, plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes, finas e grossas; limite neto, plano; pH 5.20 (H₂O) e 4.70 (Ca Cl₂).

55 - 100 Pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em úmido e pardo pálido (10YR 6/3) em sêco; franco argiloso; estrutura média, moderada; aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes, finas e médias; pH 5.50 (H₂O) e 4.50 (Ca Cl₂).

Perfil 8 : Unidade de amostragem nº 41

Profundidades (cm)

00 - 15 Pardo escuro (10YR 3/3) em úmido e pardo (7,5YR 5/2) em sêco; franco argiloso; estrutura média, débil a moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, suave em sêco; raízes comuns, finas e médias;

- limite gradual, ondulado; pH 6.20 (H₂O) e 5.97 (Ca Cl₂).
- 15 - 30 Pardo escuro (7,5YR 3/2) em úmido e griz pardo claro (10YR 6/2) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, débil; aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, suave em sêco; raízes comuns, médias; limite brusco, ondulado; pH 6.20 (H₂O) e 5.80 (Ca Cl₂).
- 30 - 100 Pardo amarelado escuro (10YR 4/4) em úmido e pardo válido (10YR 6/3) em sêco; franco arenoso; estrutura média, débil; não aderente, não plástico a ligeiramente plástico, friável em úmido, sôlto em sêco; poucas raízes, finas e médias; presença de muitas gravas pequenas e médias; pH 6.15 (H₂O) e 5.87 (Ca Cl₂).

Perfil 9 : Unidade de amostragem nº 42

Profundidades (cm)

- 00 - 25 Pardo a pardo escuro (7,5YR 4/4) em úmido e igual (10YR 4/3) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, moderada; aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes, finas; limite gradual, ondulado; pH 4.85 (H₂O) e 4.35 (Ca Cl₂).
- 25 - 50 Pardo amarelado escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo amarelento (10YR 5/4) em sêco; argiloso; estrutura fina, débil a moderada; aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, suave em sêco; raízes comuns, médias; limite neto, irregular; pH 4.75 (H₂O) e 4.20 (Ca Cl₂).
- 50 - 85 Pardo a pardo escuro (7,5YR 4/4) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 4/4) em sêco; franco argiloso; estrutura fina, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes, finas e médias; limite gradual, irregular; pH 5.00 (H₂O) e 4.37 (Ca Cl₂).

85 - 100 Pardo forte (7,5YR 5/6) em úmido e pardo amarelento (10YR 5/6) em sêco; franco argiloso; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes, finas; pH 5.40 (H₂O) e 4.50 (Ca Cl₂).

Perfil 10 : Unidade de amostragem nº 43

Profundidades (cm)

00 - 15 Pardo escuro (7,5YR 3/2) em úmido e pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em sêco; franco argiloso; estrutura média, débil; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; raízes finas e médias, comuns; limite neto, plano; pH 4.90 (H₂O) e 4.50 (Ca Cl₂).

15 - 40 Pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo escuro (10YR 3/3) em sêco; argiloso; estrutura média, moderada; ligeiramente aderente, plástico, firme em úmido, muito duro em sêco; raízes comuns, finas e médias; limite brusco, ondulado; pH 5.30 (H₂O) e 5.07 (Ca Cl₂).

40 - 100 Pardo amarelento (10YR 5/6) em úmido e sêco; argiloso, estrutura média, débil; ligeiramente aderente, ligeiramente plástico, muito friável em úmido, muito duro em sêco; muito poucas raízes, finas; pH 4.90 (H₂O) e 4.77 (Ca Cl₂).

Perfil 11 : Unidade de amostragem nº 45

Profundidades (cm)

00 - 20 Pardo escuro (7,5YR 3/2) em úmido e igual (10YR 3/3) em sêco; franco arenoso; estrutura média, de moderada a forte; aderente, plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; poucas raízes finas; limite gradual, ondulado; pH 5.20 (H₂O) e 4.90 (Ca Cl₂).

- 20 - 50 Fardo a pardo escuro (7,5YR 4/2) em úmido e pardo a pardo amarelento escuro (10YR 3/4) em sêco; franco argiloso; estrutura média, débil; aderente, plástico, friável em úmido, ligeiramente duro em sêco; raízes comuns, médias e grandes; limite gradual, ondulado; pH 5.00 (H₂O) e 4.45 (Ca Cl₂).
- 50 - 100 Fardo amarelento escuro (10YR 3/4) em úmido e pardo a pardo escuro (10YR 4/3) em sêco; limite de franco argiloso a argiloso; estrutura fina, média; aderente, ligeiramente plástico, friável em úmido, suave em sêco; poucas raízes, finas; pH 4.80 (H₂O) e 4.40 (Ca Cl₂).

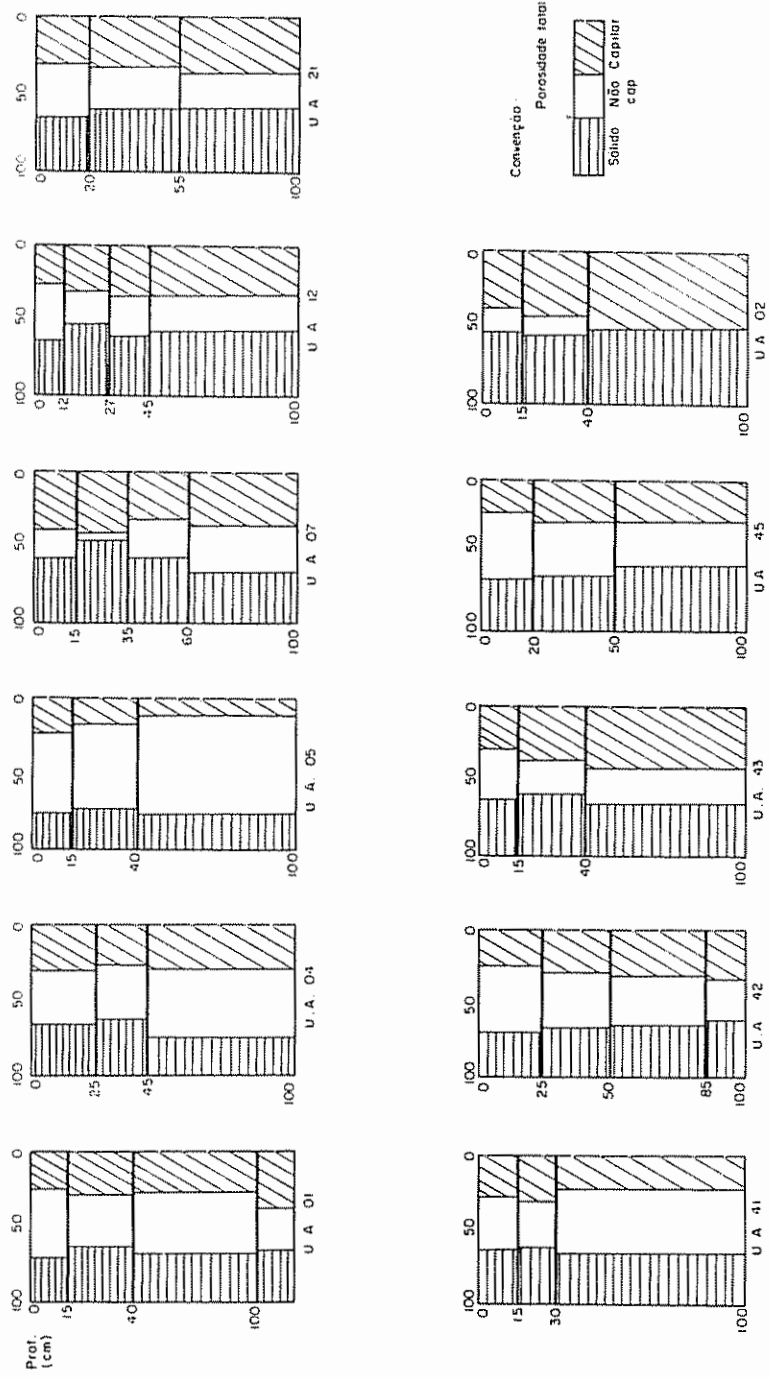


Fig. 3 Diagramas de parosidade