

EFEITOS DA EXPLORAÇÃO DE UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA SOBRE O MICROAMBIENTE E SUA INFLUÊNCIA NA REGENERAÇÃO DE SÍTIOS PERTURBADOS¹

“EFFECTS OF THE UTILIZATION OF A HUMID TROPICAL RAIN FOREST ON THE MICROENVIRONMENT AND THEIR INFLUENCE IN THE REGENERATION OF DISTURBED SITES”

ELIAS M. DE MIRANDA*

CESAR SABOGAL**

BRYAN FINEGAN **

DONALD KASS**

RESUMO

Apresenta-se uma análise das perturbações do microambiente causadas pela exploração de uma floresta tropical manejada, na zona Atlântica de Costa Rica. O estudo foi realizado no período de dezembro de 1992 a julho de 1993, utilizando-se uma amostragem aleatória estratificada para coletar os dados de campo. Em cada estrato estabeleceram-se seis parcelas de 9m² onde os seguintes parâmetros foram avaliados:

- a) características físicas e químicas do solo;
- b) Radiação total sob dossel, obtida por meio de análise de fotografias hemisféricas;
- c) Características da vegetação, estimando a cobertura, densidade e frequência das espécies.

Os dados obtidos foram analisados usando provas não paramétricas e técnicas multivariadas de classificação e discriminação. Os resultados mostraram a formação de dois grupos distintos de amostras. No primeiro ficaram aquelas amostras tomadas nos estratos pátio de estocagem e trilha principal, e no segundo as tomadas na trilha secundária, clareiras de derruba e floresta não perturbada. A perturbação foi moderada no primeiro grupo, e menor ou ausente no segundo. Conclui-se que a perturbação causada pela exploração planejada foi mínima, não se constituindo num fator limitante à obtenção de regeneração de valor silvicultura na floresta remanescente.

Palavras chaves: Floresta perturbada, remoção do solo, erosão, compactação, mineralização de N, radiação sob dossel, fotografia hemisférica, sucessão secundária, diversidade, análise multivariada.

¹ Parte da tese de M.Sc. do primeiro autor. Escola de pósgraduação. CATIE

* M.Sc. EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal do estado do Acre - BRASIL

*** Ph.D. CATIE. 7170 - Turrialba - Costa Rica

SUMMARY

An analysis of the disturbance of the microenvironment caused by the utilization of a managed tropical rain forest in the Atlantic Region of Costa Rica is presented. The study was carried out between December 1992 and July 1993, using a stratified aleatory sampling to obtain field data. In each stratum, six m² plots were established where the following parameters were evaluated:

- a) The soil physical and chemical characteristics;
- b) Total radiation under canopy obtained through the analysis of hemispheric photographs;
- c) The characteristics of vegetation estimating cover, density and frequency of present species.

The data obtained was analyzed using non-parametric tests and multiple techniques for classification and discrimination. The results showed formation of two different groups of samples. In the first remained those samples taken in the landing patio and main trail, and in the second those taken in the secondary trail, canopy gaps and non-disturbed forest. The disturbance was moderate in the first group, and lower or absent in the second group. In conclusion, the disturbance caused by planned utilization was minimum, which does not constitute a limiting factor for obtaining regeneration of silvicultural value in the remnant forest.

Keywords: Disturbed forest, soil elimination, erosion, solidity, nitrogen mineralization, radiation under canopy, hemispheric photograph, secondary succession, diversity, multiple analyses.

INTRODUÇÃO

A floresta tropical úmida é um dos ecossistemas mais complexos da terra, caracterizando-se por um ciclo de nutrientes quase fechado, que envolve uma série complexa de mecanismos de retroalimentação diretos e indiretos entre solo e vegetação nos quais as perdas do sistema equivalem aproximadamente às entradas, quando se fala de florestas maduras não perturbadas (BRUIJNZEEL, 1990).

Devido a sua natureza, a exploração sempre produzirá algum dano ao ecossistema florestal e sua intensidade é influenciada pelo método utilizado. Portanto, devem tomar-se medidas para minimizar os efeitos negativos e reabilitar os sítios danificados, assegurando-se a colheita futura (SOERIANEGARA, 1978). Numa floresta explorada os principais fatores indicadores de perturbações são os seguintes: remoção e compactação do solo, erosão, interferência na ciclagem de nutrientes e na intensidade da radiação solar, determinada pelo grau de abertura do dossel. O somatório destes fatores é determinante na definição das espécies que se estabelecerão em cada sítio perturbado.

A exploração planejada, entendendo-se por isso o emprego de um conjunto de técnicas com o objetivo de reduzir-se os danos à floresta remanescente, é uma condição necessária para viabilizar a produção da floresta natural de forma ecológica e economicamente aceitável.

O presente estudo parte da hipótese de que a exploração planejada de uma floresta úmida não provoca perturbações nas condições microambientais, que venham impedir a obtenção de regeneração de valor silvicultural na floresta remanescente. Procura-se determinar o grau de perturbação do microambiente causado pelas operações de exploração e relacioná-las com a regeneração nos sítios perturbados.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estudo foi realizado na fazenda “Los Laureles de Corinto”, no distrito La Unión, em Guápiles, Costa Rica (figura 1). O sítio de estudo corresponde a uma área de 30ha de floresta primária recém explorada, onde foram aplicadas técnicas com o objetivo de promover o manejo sustentado. A seguir, faz-se um breve resumo das atividades realizadas durante a exploração, descritas por CARRERA (1992):

- a) **Inventário operacional:** O objetivo principal foi determinar a localização espacial das árvores a extrair, bem como subministrar informação sobre as características do terreno;
- b) **Traçado da rede de vias de arraste:** Com a informação fisiográfica e a distribuição espacial das árvores a extrair foi traçada, primeiro no mapa e logo no terreno, a rede de vias de arraste. O objetivo foi otimizar o uso de maquinaria com um mínimo de perturbação à floresta, abrindo-se os caminhos estritamente necessários;
- c) **Derruba dirigida:** O objetivo desta atividade foi facilitar a retirada das toras da área de derruba por meio de cabo de aço e reduzir os danos, tanto à árvore abatida como à regeneração estabelecida;
- d) **Arraste controlado:** Este realizou-se, na medida do possível, desde as vias de arraste, utilizando um trator de esteira Caterpillar D-4 dotado de guincho e cabo de 50m. esta forma de operar limitou a presença do trator na floresta, reduzindo desta forma seu impacto.

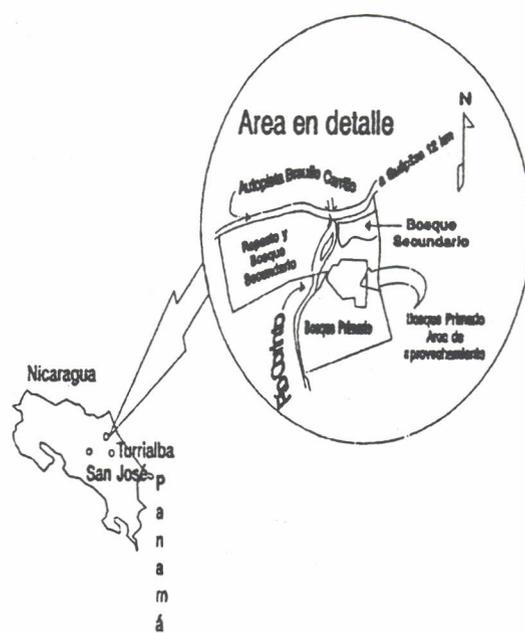


Figura 1 - Localização da área de estudo. Fazenda “Los Laureles de Corinto”, Guápiles - Costa Rica

O trabalho de campo começou logo depois de terminadas as operações de exploração, prolongando-se entre os meses de dezembro de 1992 a julho de 1993. Utilizou-se uma amostragem aleatória estratificada como metodologia para a coleta de dados de campo. Foi selecionada uma área representativa da floresta explorada, cobrindo os níveis de perturbação mais significativos provocados pelas operações de abertura de caminhos, derruba e extração da madeira. Foram escolhidos cinco estratos em ordem decrescente de perturbação: pátio de estocagem, trilha principal, trilha secundária, clareira de derruba e floresta não perturbada. Os sítios foram definidos como segue abaixo:

- 1) **Pátio de estocagem:** Sítio onde depositaram-se as toras na mata, antes de seu transporte para um segundo pátio dotado de um carregador, situado próximo a uma rodovia;
- 2) **Trilha principal:** Via de arraste de caráter temporário que compõe a malha principal da rede de arraste de caráter temporário de extração, caracterizando-se por uma maior intensidade de trânsito do trator durante a operação de extração;
- 3) **Trilha secundária:** Via de arraste de caráter temporário que compõe a malha secundária da rede de caminhos de extração, caracterizando-se por uma menor intensidade de trânsito do trator durante a operação de extração;
- 4) **Clareira de derruba:** Abertura do dossel provocada pelo abate de uma ou mais árvores;
- 5) **Floresta não perturbada:** Floresta intocada depois das operações de exploração e não perturbada recentemente por causas naturais (queda de árvores, etc.).

As observações foram realizadas em seis parcelas fixas distribuídas aleatoriamente em cada sítio de estudo. No caso do estrato floresta não perturbada, as parcelas foram aleatorizadas com a restrição de que contivessem somente a vegetação do sub-bosque. O tamanho da unidade amostral foi de 9m² (quadrado de 3 x 3), totalizando 54m² de área amostrada por estrato e 270m² de área total.

Avaliou-se o solo removido dentro de cada parcela, devido á exploração, usando um sistema de classificação de cinco níveis de perturbação proposto por MURPHY (1982), citado por KAMARUZAMAN e MAJID (1992). Utilizou-se o método das “hastes metálicas” descrito por LLERENA (1987) e LEÓN (1990), para medir a hidroerosão laminar nos sítios em estudo, onde também foi medida a inclinação do terreno. Foram tomadas amostras de solo para avaliar as características básicas indicativas do processo de compactação: densidade aparente, condutividade hidráulica, resistência à penetração e porosidade total. Analisaram-se ademais, o conteúdo de umidade e a granulometria. As amostras de solo tomaram-se a uma profundidade de 0 a 20cm, ao redor de cada parcela, com o objetivo de não perturbá-las durante o período de estudo. Avaliou-se o solo superficial de cada parcela com respeito ao pH, disponibilidade de nitrogênio (amônio e nitrato), fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez extraível e conteúdo de matéria orgânica. Determinou-se a radiação total sob dossel, através do Fator de Sítio Total (T.S.F.), obtido mediante a análise de fotografia hemisférica (RICH, 1989; CABRELLI, 1992).

A vegetação nos sítios perturbados foi avaliada dentro de cada unidade amostral (parcela de 9m²) estabelecidas nos sítios de estudo. As variáveis foram: cobertura, densidade e frequência de espécies na comunidade vegetal estabelecida nas parcelas. Foram identificadas e avaliadas todas as espécies presentes nas parcelas, porém na maioria das análises somente foram incluídas as espécies definidas como de maior interesse no presente estudo, ou seja, as espécies lenhosas. Os dados de cada variável foram tomados da seguinte forma: Cobertura, se tomou como a percentagem que cada espécie cobria a área da unidade amostral, esta foi medida de forma visual. A densidade se determinou contando o número de indivíduos de cada espécie dentro de cada unidade amostral. A frequência foi calculada como a porcentagem de ocorrência de cada espécie nas seis unidades amostrais, por estrato (GREIG-SMITH, 1983; MATTEUCCI e COLMA, 1982). Se realizaram três avaliações durante o período de estudo,

mas somente foram considerados nas análises os dados da última avaliação, na qual já observou-se um maior número de espécies lenhosas nos sítios com maior grau de perturbação. desta forma, o presente trabalho caracteriza-se por estudar diferentes amostras obtidas ao mesmo tempo, mas sob diferentes condições, com o objetivo de obter correlações das espécies com os fatores ambientais (LUDWIG e REYNOLDS, 1988; GREIG-SMITH, 1983).

Com valores absolutos de cobertura, densidade e frequência de ocorrência, calculou-se o valor relativo e o índice de importância para cada espécie, de acordo com a seguinte fórmula:

$$I_i = Cr + Dr + Fr$$

Onde:

I_i = Índice de importância

Cr = Cobertura relativa

Dr = Densidade relativa

Fr = Frequência relativa

Com base no índice de importância de cada espécie foram selecionadas aquelas que apresentaram um maior índice por estrato, obtendo um grupo de espécies mais reduzido que o inicial (Tabela 1). Com os dados de índice de importância das 42 espécies lenhosas selecionadas nos cinco estratos construiu-se a primeira Matriz Básica de Dados (MBD1) usada nas análises. Uma outra Matriz Básica de Dados (MBD2) foi construída com os dados obtidos da medição das 20 variáveis usadas como descritores físicos e químicos do microambiente dentro de cada unidade amostral.

Com o objetivo de classificar os dados das duas matrizes, o que permitiu estabelecer as diferenças entre os estratos, foram realizadas análises de agrupamento ("Cluster Analysis"), usando o procedimento CLUSTER method=average do programa estatístico SAS versão 6.03 (SAS Institute Inc., 1987), coeficiente de correlação de Spearman, usando o procedimento CORR Spearman de SAS, análise discriminante simples (SDA) e análise de diversidade das espécies, usando os programas de estatística ecológica SDA.BAS e SPDIVERS.BAS (LUDWIG e REYNOLDS, 1988).

Os dados em ambas as matrizes foram standardizados, justificando tal procedimento pelo fato de que as análises multivariadas são sensíveis às mudanças de escala entre variáveis, sendo recomendado expressar os dados numa mesma escala (PLA, 1986; CRISCI e LÓPEZ, 1983; LEGENDRE e LEGENDRE, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Determinou-se a composição florística nas 30 amostras tomadas através dos cinco estratos em estudo incluindo-se todas as espécies encontradas. Foram identificadas um total de 107 espécies agrupadas em 106 gêneros e 58 famílias. A tabela 2 mostra as espécies selecionadas para as análises com seus respectivos índices de importância por estrato.

– Análise da diversidade de espécies

Calculou-se a diversidade para toda a área de estudo e para cada estrato em particular, usando cinco índices: SIMPSON, SHANNON e os números de diversidade de HILL: N0, N1 e N2, onde N0 corresponde ao número total de espécies presentes na área, ou seja, sua riqueza florística, N1 corresponde ao número de espécies abundantes e N2 ao número de espécies muito abundantes (respectivamente (SIMPSON, 1949; SHANNON e WEAVER, 1949 e HILL, 1973; citados por LUDWIG e REYNOLDS, 1988).

Os índices de diversidade para toda a área em estudo, calculados com base nos dados obtidos na última avaliação, apresentaram os seguintes valores: Simpson = 0.20, Shannon = 2.56,

N0= 115 (incluindo-se oito espécies não identificadas), N1 = 12.96 e N2 = 5.11. Estes números evidenciam a alta diversidade de espécies na área de estudo. Observa-se a existência de 13 espécies abundantes (N1) e cinco espécies muito abundantes (N2). Os índices de diversidade para cada estrato aparecem na tabela 3, onde se observa maior diversidade na clareira de derruba, seguido pela trilha principal.

Tabela 1 - Lista das 42 Espécies Lenhosas Seleccionadas para as Análises. Floresta Natural Explorada. Fazenda "Los Laureles de Corinto". Guápiles - Costa Rica

ESPÉCIE	FAMÍLIA	CÓDIGO *
<i>Ampelocera hottlei</i>	ULMACEAE	AMPEHO
<i>Apeiba membranacea</i>	TILIACEAE	APEIME
<i>Ardisia palmata</i>	MYRCINACEAE	ARDIPA
<i>Brosimum sp.</i>	MORACEAE	BROSSP
<i>Carapa guianensis</i>	MELIACEAE	CARAGU
<i>Casearia silvestris</i>	FLACOURTIACEAE	CASESI
<i>Cecropia insignis</i>	CECROPIACEAE	CECRIN
<i>Colubrina ovalifolia</i>	RHAMNACEAE	COLUOV
<i>Coussarea impetiolaris</i>	RUBIACEAE	COUSIM
<i>Croton schiedeanus</i>	EUPHORBIACEAE	CROTSC
<i>Dendropanax arboreus</i>	ARALIACEAE	DENDAR
<i>Faramea occidentalis</i>	RUBIACEAE	FARAOC
<i>Goethalsia meiantha</i>	TILIACEAE	GOETME
<i>Guarea glabra</i>	MELIACEAE	GUARGL
<i>Guatteria sp.</i>	ANNONACEAE	GUATSP
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	TILIACEAE	HELIAP
<i>Hernandia didymantha</i>	HERNANDIACEAE	HERNDI
<i>Inga sp.</i>	MIMOSACEAE	INGASP
<i>Lacistema aggregatum</i>	LACISTEMACEAE	LACIAG
<i>Miconia sp.</i>	MELASTOMACEAE	MICOSP
<i>Micropholis crotonoides</i>	SAPOTACEAE	MICRCR
<i>Nectandra sp.</i>	LAURACEAE	NECTSP
<i>Neea psychotrioides</i>	NYCTAGINACEAE	NEEAPS
<i>Ochroma lagopus</i>	BOMBACACEAE	OCHRLA
<i>Ocotea mollifolia</i>	LAURACEAE	OCOTMO
<i>Palicourea guianensis</i>	RUBIACEAE	PALIGU
<i>Paullinia costarricensis</i>	SAPINDACEAE	PAULCO
<i>Pentaclethra macrolaba</i>	MIMOSACEAE	PENTMA
<i>Pentagonia sp.</i>	RUBIACEAE	PENTSP
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	FLACOUTIACEAE	PLEULI
<i>Pourouma aspera</i>	CECROPIACEAE	POURAS
<i>Protium sp.</i>	BURSERACEAE	PROTSP
<i>Psychotria sp.</i>	RUBIACEAE	PSYCSP
<i>Quararibea bracteolosa</i>	BOMBACACEAE	QUARBR
<i>Rollinia microsepala</i>	ANNONACEAE	ROLLMI
<i>Sorocea pubivena</i>	MORACEAE	SOROPU
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>	APOCYNACEAE	STEMDO
<i>Sterculia recordiana</i>	STERCULIACEAE	STERRE
<i>Trema micrantha</i>	ULMACEAE	TREMMI
<i>Vernonia patens</i>	VERBENACEAE	VERNPA
<i>Virola sebifera</i>	MYTISTICACEAE	VIROSE
<i>Vismia ferruginea</i>	CLUSIACEAE	VISMFE

* Códigos de acordo ao adotado pelo Grupo de Silvicultura de Florestas Nativas do CATIE

Tabela 2 - Índice de Importância (%) para as 42 Espécies Lenhosas Seleccionadas nos Cinco Estratos em Estudo. Floresta natural Explorada. Fazenda "Los laureles de Corinto". Guápiles - Costa Rica

CÓDIGO / ESPÉCIE	ESTRATO*				
	1	2	3	4	5
AMPEHO	0.0	0.0	4.6	5.7	4.2
APEIME	13.4	26.1	25.2	8.0	0.0
ARDIPA	0.0	0.0	4.1	0.0	1.8
BROSSP	0.0	3.6	4.1	4.6	9.3
CARAGU	0.0	0.0	24.9	10.6	4.9
CASESI	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
CECRIN	14.4	17.0	0.0	37.5	0.0
COLUOV	0.0	5.8	0.0	30.6	92.1
COUSIM	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
CROTSC	0.0	4.3	6.7	8.8	0.0
DENDAR	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
FARAOC	0.0	0.0	0.0	2.1	3.0
GOETME	104.2	51.1	10.3	6.4	0.0
GUARGL	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
GUATSP	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
HELIAP	0.0	3.6	0.0	3.9	0.0
HERNDI	0.0	0.0	0.0	10.1	3.1
INGASP	0.0	0.0	4.1	1.7	2.0
LACIAG	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0
MICRCR	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
MICOSP	155.6	101.6	8.2	41.9	28.1
NECTSP	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0
NEEAPS	0.0	0.0	0.0	2.3	2.6
OCHRLA	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0
OCOTMO	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
PALIGU	0.0	3.6	5.7	2.4	7.9
PAULCO	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0
PENTMA	0.0	67.1	99.1	19.6	22.0
PENTSP	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0
PLEULI	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
POURAS	0.0	0.0	27.7	8.4	22.8
PROTSP	0.0	0.0	9.8	0.0	3.6
PSYCSP	0.0	12.3	29.3	39.2	40.5
QUARBR	0.0	0.0	4.6	0.0	1.8
ROLLMI	0.0	0.0	4.1	2.1	0.0
SOROPU	0.0	0.0	0.0	2.6	3.6
STEMDO	0.0	0.0	4.1	0.0	2.8
STERRE	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8
TREMMI	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0
VERNPA	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0
VIROSE	0.0	0.0	13.3	6.4	0.0
VISMFE	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0

* 1 = Pátio de estocagem

3 = Trilha secundária

5 = Floresta não perturbada

2 = Trilha principal

4 = Clareira de derruba

1/ Ver Tabela 1 para nome completo

Tabela 3 - Índice de Diversidade de Espécies Calculados para cada Estrato em Estudo.
Floresta Natural Explorada. Fazenda "Los laureles de Corinto".
Guápiles - Costa Rica

ESTRATO	SIMPSON	SHANNON	N0	N1	N2
PÁTIO	0.68	0.90	32	2.45	1.48
TRILHA PRINCIPAL	0.16	2.21	29	9.13	6.35
TRILHA SECUNDÁRIA	0.27	1.94	44	6.93	3.68
CLAREIRA	0.01	3.37	74	29.10	17.88
FLORESTA	0.37	1.85	46	6.38	2.67

- Correlação da vegetação com os fatores microambientais

Na tabela 4 e figura 2 pode-se observar a abundância de espécies total, lenhosas e pioneiras em cada estrato, destacando-se a clareira de derruba, onde das 74 espécies total 39 são lenhosas (53%) e entre as lenhosas oito são tipicamente pioneiras (20%). Na floresta não perturbada, das 46 espécies determinadas, 28 são lenhosas (61%), encontrando-se somente a presença de uma espécie pioneira. No presente estudo não foram consideradas as epífitas entre as espécies amostradas. A distribuição das espécies lenhosas pelos estratos parece ser lógica, de acordo com os conceitos ecológicos, variando em ordem crescente do sítio mais perturbado para o menos perturbado, observando-se uma clara relação inversa entre a presença de espécies lenhosas e perturbação.

Entre as espécies lenhosas amostradas, dez foram apontadas como tipicamente pioneiras, dividindo-se em três grupos:

- **Arbusto:** *Veronia patens*;
- **Árvore de vida curta:** *Vismia ferruginea*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Trema micrantha*, *Cecropia insignis*, *Ochroma lagopus*;
- **Árvore de vida longa:** *Hernandia didymantha*, *Apeiba membranaceae*, *Rollinia microsepala*, e *Goethalsia meiantha*

Tabela 4 - Valores de Abundância das Espécies Lenhosas e Pioneiras em relação ao Número Total de Espécies e ao Fator de Sítio Total (T.S.F.) por Estrato

ESTRATO	TOTAL	NEL	VRL (%)	NEP	VRP (%)	T.S.F. (%)
PÁTIO	32	5	16	4	80	30
TRILHA PRINCIPAL	29	12	41	5	42	18
TRILHA SECUNDÁRIA	44	20	45	3	15	11
CLAREIRA	74	39	53	8	20	13
FLORESTA	46	28	61	1	4	6

Nota:

- Total. = Número total de espécies
 NEL = Número de espécies lenhosas
 VRL = Valor relativo das espécies lenhosas em relação ao total de espécies
 NEP = Número de espécies pioneiras
 VRL = Valor relativo das espécies pioneiras em relação às de espécies lenhosas

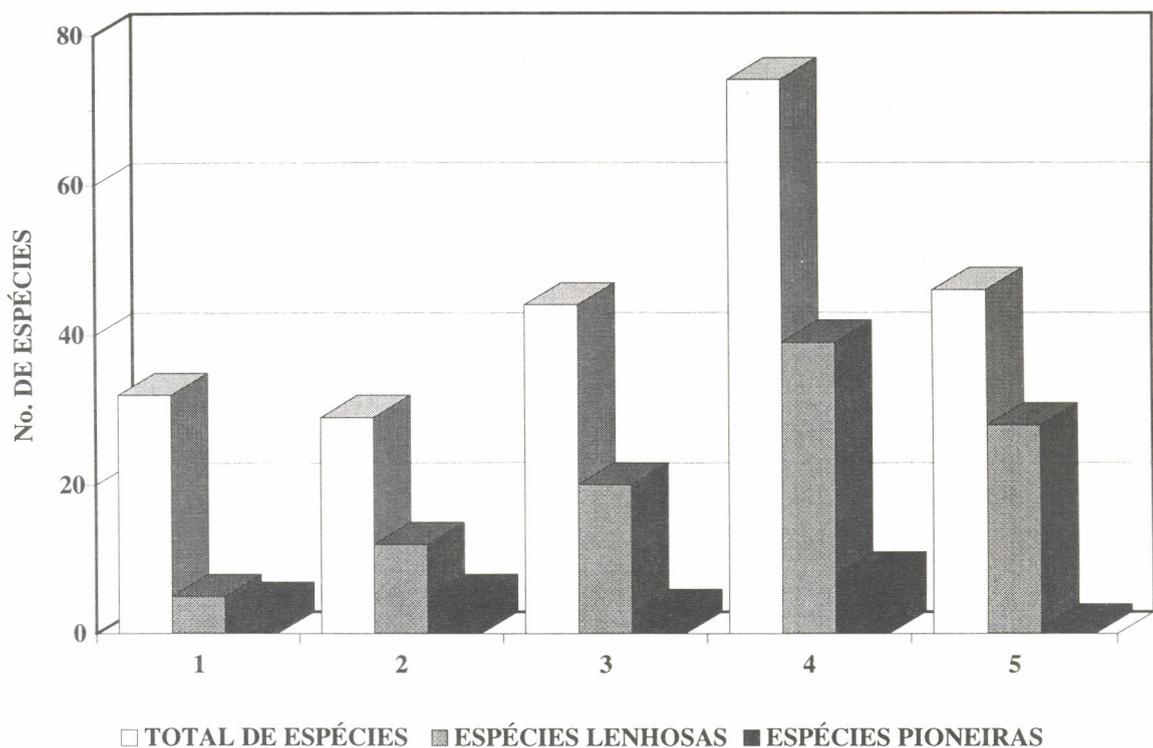


Figura 2 - Número Total de Espécies Determinado Por Estrato, Comparado ao Número de Espécies Lenhosas e Pioneiras

O número de espécies pioneiras por estrato mostra a tendência lógica de uma maior concentração nos estratos com maior T.S.F. (considerando também a intensidade de perturbação ao solo), sobressaindo-se a clareira de derruba. Ao analisar a abundância relativa destas espécies a tendência observada fica mais clara, pois a proporção de espécies pioneiras decresce proporcionalmente à redução dos valores do T.S.F. calculados para cada estrato. (tabela 4).

Para determinar o grau de associação entre os fatores microambientais e a vegetação, realizou-se uma análise de correlação usando o coeficiente r de Spearman. Para a análise utilizaram-se os dados da MBD2, composta por 20 fatores microambientais, que foram correlacionados com o número total de espécies (NO), o número de espécies lenhosas (NEL) e com o número de espécies pioneiras (NEP), determinados em cada parcela. Os resultados das variáveis que apresentaram correlação significativa são mostrados na tabela 5.

Das correlações observadas na tabela em referência, sem dúvida, as mais importantes são aquelas verificadas entre o Fator de Sítio Total (T.S.F) e as espécies lenhosas e pioneiras. Estas correlações tem maior potencial ecológico para explicar as diferenças entre a vegetação presente em cada estrato.

Tabela 5 - Coeficientes de Correlação $r=(\text{Spearman})$ entre o Número Total de Espécies, o Número de Espécies Lenhosas e o Número de Espécies Pioneiras por Parcela, com os Fatores Microambientais

VARIÁVEL	N0	NEL	NEP
Declividade		0.57**	
Solo removido	-0.48**	-0.53**	0.43*
Umidade do solo	0.52**		
Resistência à penetração	-0.50**	-0.71**	
Densidade aparente	-0.46*	-0.46*	
Porosidade total	0.48**		-0.41*
Conteúdo de areia			0.42*
Conteúdo de argila			0.43*
pH		-0.50**	
Fósforo	0.37*	0.38*	
Cálcio	0.47**		
Potássio	0.53**	0.47**	
Matéria orgânica			-0.39*
Fator de Sítio Total (T.S.F.)		-0.59**	0.55**

* Significativo ao nível de 0.05 de probabilidade

** Significativo ao nível de 0.01 de probabilidade

Da correlação negativa ($r= -0.59$) entre o T.S.F. e o número de espécies lenhosas, pode-se explicar pelo fato de que nas áreas com maior cobertura do dossel (pátio de estocagem e trilha principal), o solo foi removido, não encontrando-se regeneração remanescente da floresta virgem, como ocorre no caso da clareira de derruba e na trilha secundária. Deve-se considerar ainda que o microambiente neste sítios não é o mais adequado à germinação de sementes de espécies da floresta primária, por não suportarem a competição das pioneiras nesta etapa da sucessão.

No caso das espécies pioneiras, a correlação positiva verificada ($r= 0.55$) com T.S.F. corrobora a importância da radiação solar sob dossel como fator determinante na regeneração da floresta perturbada.

O conhecimento e entendimento da reação das espécies aos gradientes ambientais ligados ao fator luz é de suma importância para o manejo das florestas tropicais, proporcionando informações que permitem compreender o processo de regeneração natural da floresta perturbada, possibilitando ao silvicultor intervir neste processo, direcionando-o à obtenção da máxima produtividade.

Não verificou-se correlação significativa entre o T.S.F. e o número total de espécies por parcela (riqueza florística), já que a maioria dos gradientes ambientais analisados no presente estudo são relativamente curtos e os ambientes não são tão distintos. Portanto, neste caso, o número de espécies que ocorre em cada sítio mostrou-se independente das características microambientais.

– Análise de Agrupamento (“Cluster analysis”)

Com os dados da MBD1, usando a técnica Q, obteve-se a relação entre os estratos (figura 3). A maior semelhança verificou-se entre os estratos pátio e trilha primária. Depois, a uma maior distância associa-se ao grupo anterior o estrato clareira de derruba. Em seguida vêm os estratos trilha secundária e floresta não perturbada a uma distância de semelhança maior. Verifica-se que o grau de semelhança ou associação entre os estratos ocorre na ordem de

perturbação, estando mais próximos os dois estratos com maior perturbação, distanciando-se dos demais na medida em que diminui a intensidade da perturbação.

Aqui verifica-se uma inversão na ordem de perturbação delineada no início do estudo, já que a clareira de derruba encontra-se associada ao pátio e à trilha principal a uma menor distância que a trilha secundária, estando esta mais próxima da floresta não perturbada. Tal situação explica-se pelo fato de que as perturbações na trilha secundária foram mínimas ficando o solo pouco alterado. Apesar de ter sofrido alguma remoção, observou-se um efeito favorável ao estabelecimento das plantas.

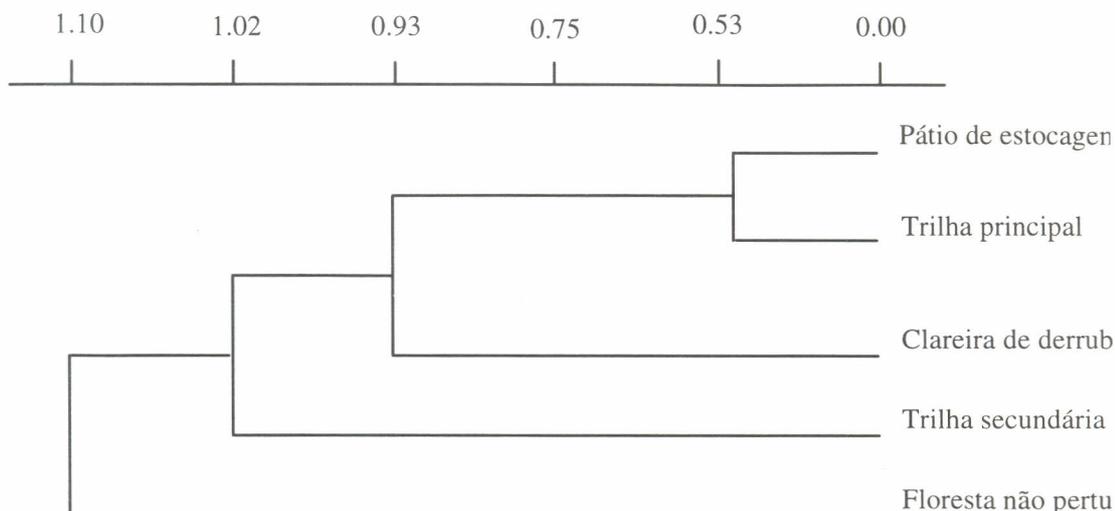
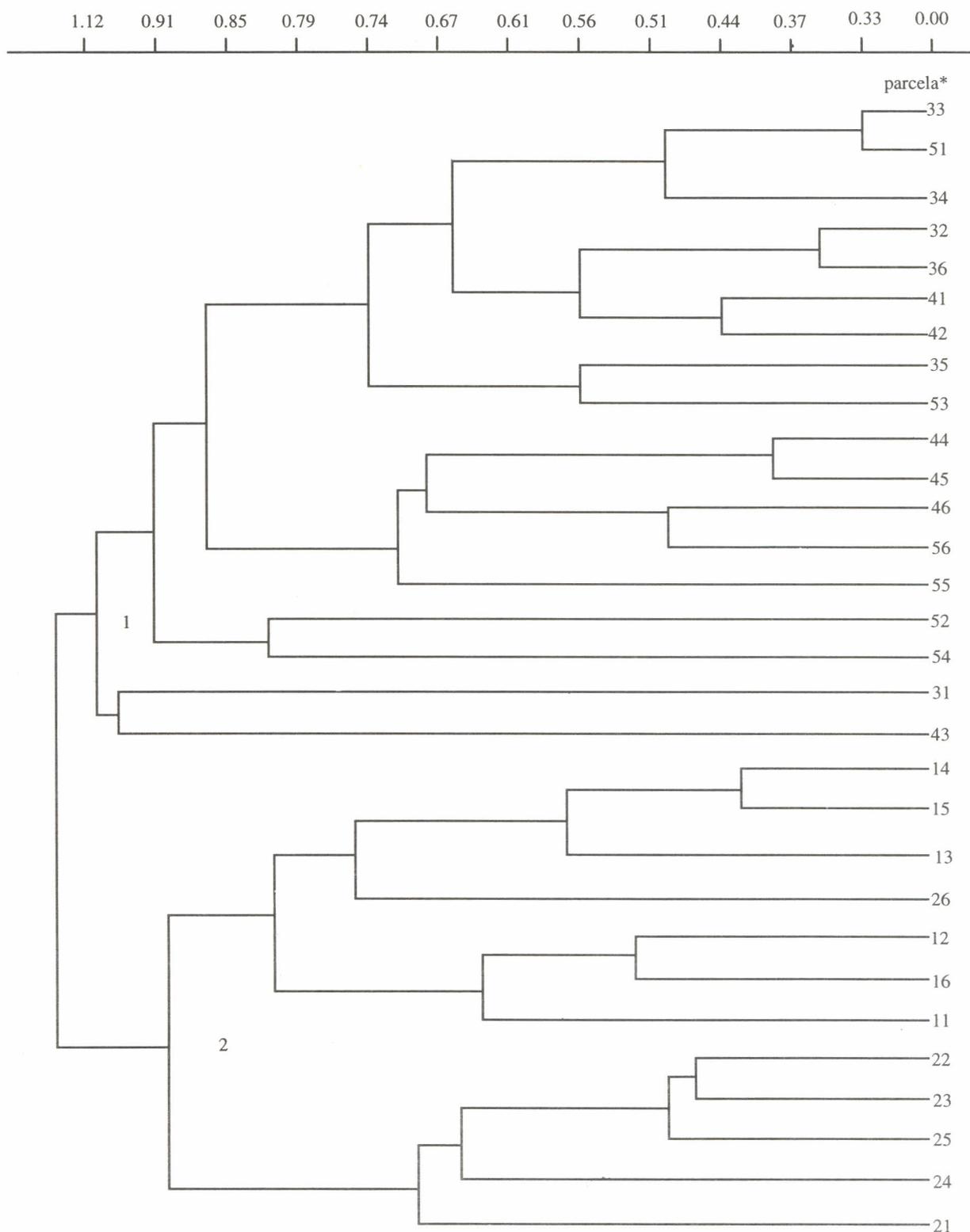


Figura 3 - Dendrograma do Agrupamento dos Estratos, Obtido da Análise de Agrupamento Usando a Técnica do Ligamento Médio, Utilizando os Dados de Abundância de 42 Espécies Lenhosas Seleccionadas nos Estratos. Os Números na Linha Situada no Extremo Superior Expressam a Semelhança entre os Grupos. (Sem escala)

Utilizando a análise de agrupamento para a MBD2, através da técnica Q, determinou-se as relações entre as unidades amostrais (parcelas). Na figura 4, as parcelas estão representadas pelos números dispostos verticalmente ao lado direito na figura. O primeiro algarismo corresponde ao estrato e o segundo ao número da parcela dentro de cada estrato. Pode-se verificar uma clara divisão entre as parcelas, formando dois grupos distintos. O primeiro grupo está composto por amostras pertencentes aos estratos trilha secundária, clareira de derruba e floresta não perturbada, e o segundo grupo pelas amostras dos estratos restantes (pátio de estocagem e trilha principal). Estes resultados são consistentes com os obtidos da análise da primeira matriz de dados.

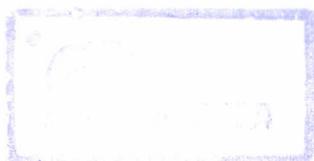
A relação entre as unidades amostrais, tomando-se em conta os descritores do microambiente, mostra claramente a separação entre as amostras tomadas nos sítios com maior grau de perturbação das tomadas em sítios com menor perturbação e não perturbado.

Destas análises pode-se concluir que tanto a vegetação como os fatores ambientais usados para descrever o microambiente foram válidos na discriminação entre os estratos e que há diferenças entre os dois grupos de estratos definidos nas análises.



* 1º algarismo = estrato, 2º algarismo = parcela

Figura 4 - Dendrograma de Agrupamento de Amostras (Parcelas) Obtido da Análise de Agrupamento, Usando a Técnica do Ligamento Médio. Foram utilizados os Dados Obtidos da Avaliação de 20 Fatores Ambientais como Descritores do Microambiente. Os Números na Linha Situada no Extremo Superior Expressam a Semelhança entre os Grupos (Sem escala)



- Análise discriminante

As variáveis utilizadas nesta análise foram selecionadas pelo procedimento STEPDISC method=stepwise de SAS, que selecionou as variáveis significativas ao nível de 0.15 de probabilidade.

Foram incluídas outras variáveis (pH, matéria orgânica, disponibilidade de fósforo e densidade aparente), não significativas a este nível, porém, de importância ecológica nas condições dos sítios em estudo.

A análise discriminante entre os dois grupos de amostras obtidos na análise de agrupamento determinou que a distância multivariada total (MAHALANOBIS, 1936; citado por LUDWIG e REYNOLDS, 1988) entre eles foi de $D^2 = 79.43$. A análise de variância multivariada mostra diferença altamente significativa ($F = 525.14$) entre os dois grupos (tabela 6), indicando que há uma probabilidade menor que 0.01 de obter um D^2 de 79.43, somente devido ao acaso.

Tabela 6 - Análise de Variância Multivariada para a determinação entre os Dois Grupos de Amostras Obtidos na Análise de Agrupamento

FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	VALOR F
ENTRE grupos	13	57.95	4.46	25.14**
DENTRO de grupos	16	2.84	0.18	
TOTAL	28	60.78		

** Significativo ao nível de 0.01 de probabilidade

A porcentagem de contribuição relativa de cada fator ambiental e os coeficientes da função discriminante são mostradas na tabela 7. Nota-se que dos 13 fatores ambientais utilizados na análise, seis contribuem positivamente para a distância multivariada total entre os dois grupos, sendo muito importantes na discriminação entre eles, destacando-se a alta contribuição do T.S.F. Com 43,1% os outros sete fatores ambientais são menos importantes, por contribuírem negativamente. Portanto, estes fatores tiveram baixo poder de discriminação entre os dois grupos.

A porcentagem de variação entre os dois grupos explicado pela análise discriminante foi de 95,33%.

Na figura 5 mostra-se a posição de cada unidade amostral no espaço definido pelas coordenadas da função discriminante.

Os resultados da análise discriminante mostram que os dois grupos obtidos do processo de classificação em estudo. As 13 variáveis utilizadas mostraram-se significativamente diferentes entre os dois grupos e podem ser usadas na distinção entre eles, sendo a variável T.S.F. a mais importante entre todas.



Tabela 7 - Porcentagem de Contribuição de Cada Fator Ambiental à Distância Multivariada Total (Importância Relativa) e os Coeficientes da Função Discriminante Entre os Dois Grupos de Amostras Obtidas na Análise de Agrupamento

FATOR AMBIENTAL	% DE CONTRIBUIÇÃO	COEFICIENTE
Fator de Sítio Total (T.S.F.)	43.1	233.84
Umidade do solo	25.8	-1.06
Potássio disponível	24.6	-201.12
Solo removido	21.5	9.17
pH	11.4	50.36
Nitrogênio (Nitrato + Amônio)	6.8	-0.32
Magnésio disponível	-0.8	7.95
Cálcio disponível	-2.4	-18.24
Fósforo disponível	-3.5	8.68
Matéria orgânica	-3.7	1.12
Resistência à penetração	-5.6	-4.53
Conteúdo de argila	-6.3	-1.12
Densidade aparente	-10.9	-25.76

EIXO DISCRIMINANTE

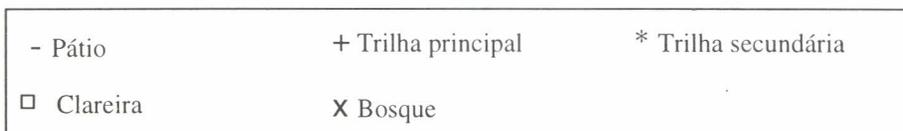
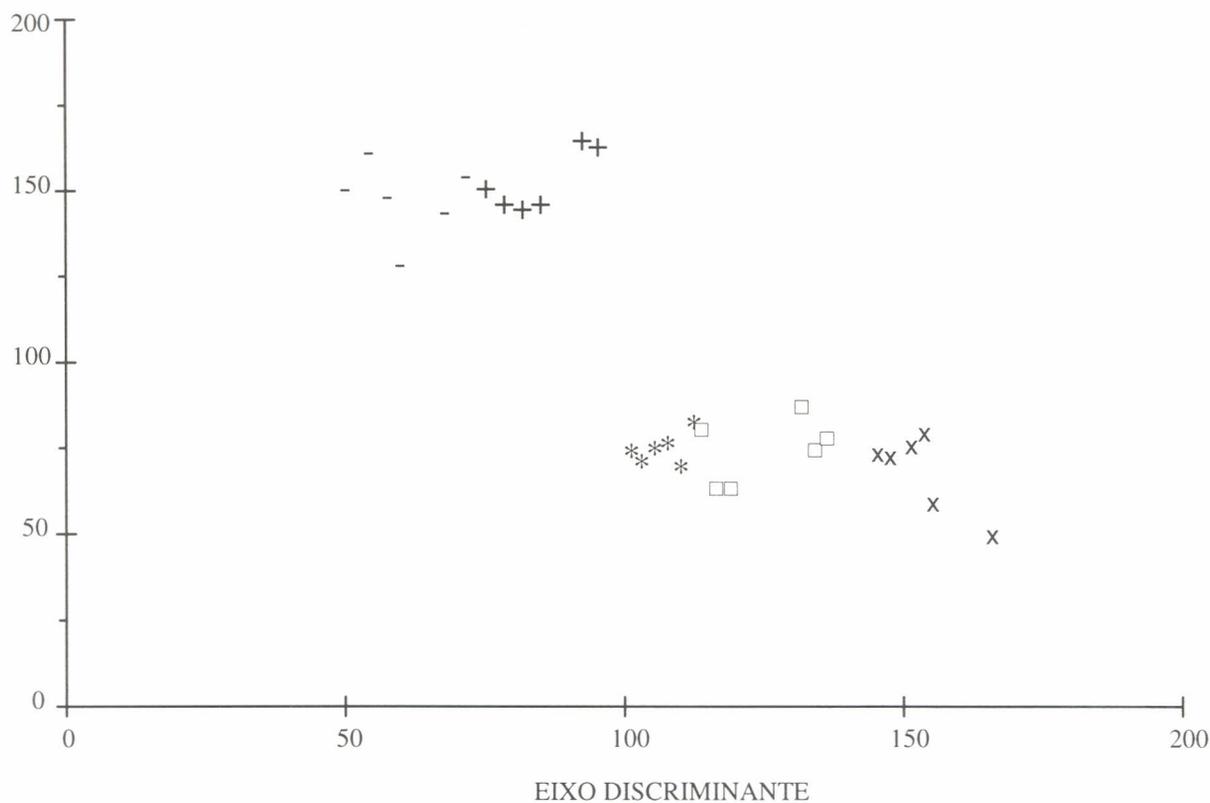


Figura 5 - Análise Discriminante Simples para Dois Grupos de Amostras Determinados pela Análise de Agrupamento, Representando as Coordenadas das 30 Amostras obtidas em Cinco Estrados Distribuídas ao Longo do Eixo da Função Discriminante

CONCLUSÃO

A análise estatística multivariada agrupou as 30 amostras tomadas em dois grupos distintos. No primeiro grupo estão as amostras tomadas nos estratos pátio de estocagem e trilha principal, e no segundo as amostras da trilha secundária, clareira de derruba e floresta não perturbada. Este agrupamento reflete uma maior semelhança entre as amostras dentro de cada grupo e maior diferença entre os grupos. As variáveis utilizadas como indicadores de perturbação, apresentaram valores moderados no primeiro grupo e mais baixos no segundo grupo. A radiação sob dossel, medida pelo Fator de Sítio Total (T.S.F.), destacou-se como a mais importante na diferenciação entre os dois grupos determinados, com uma contribuição relativa de 43% a distância entre os grupos.

Considerando que a área da floresta explorada onde constatou-se maiores perturbações (pátio de estocagem e trilhas de arraste) não chega a 5% da área total (CARRERA, 1992) e que não observou-se tendências de separação entre as amostras tomadas na trilha secundária, clareira de derruba e floresta não perturbada, quando analisa-se o conjunto de fatores microambientais estudados, conclui-se que a exploração planejada da floresta em estudo reuniu critérios favoráveis à sustentabilidade ecológica, mantendo pouco alteradas as condições microambientais, observando-se um alto potencial de regeneração nos sítios perturbados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUIJNZEEL, L.A. - Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. UNESCO/Netherlands IHP Committee/ITC/IAHS/VUA. Amsterdam, The Netherlands, 1990. 224p.
- CABRELLI, D.A. - Efecto de la radiación solar bajo dosel sobre el crecimiento de la regeneración de especies heliófitas durables en el bosque húmedo tropical y su respuesta a la intervención silvicultural. Tesis M.Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 1992. 132p.
- CARRERA, F. - Rendimientos y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1992. 89p.
- CRISCI, J.V.; LOPEZ, M.F. - Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía O.E.A. Serie Biológica nº 26. 1983, 132p.
- GREIG-SMITH, P. - Quantitative Plant Ecology. University of California Press. Series: Studies in Ecology. v.9. 1983. 35p.
- KAMARUZAMAN, J.; MAJID, N. M. - An analysis of soil disturbance from logging operation in a hill forest of Peninsular Malaysia. For. Ecol. and Manegement, 47:323-333. 1992.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. - Numerical Ecology. Elsevier, New York. 1983. 419p.
- LEON, R. - Determinación de la erosión laminar utilizando varillas metálicas asociadas a parcelas de escorrentia. La suiza, cuenca del rio Tuis, Costa Rica. tesis M.Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 1990. 174p.
- LLERENA, C.A. - Uso de varillas de erosión para medir erosión hidrica. In Congresso internacional de suelos. Abril, 1987, Lima-Peru. Universidad agraria de molina. 1987. np.
- LUDWIG J.A.; REYNOLDS J.F. - Statistical ecology: A primer on methods and computing. Willey & Sons New York, NY. USA. 1982. 339p.
- MATTEUCCI, S.D.; COLMA A. - Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía O.E.A. Serie Biológica nº 23. 1982. 163p.

- PLA, L.E. - Análisis Multivariado: Método de componentes principales. Monografía O.E.A. Serie de matemáticas nº 27. 1986. 94p.
- RICH, P.M. - A manual for analysis of hemispherical canopy photography. Department of Biological Sciences, Stanford University. LA-11733-M Manual. 1989
- SOERIANEGARA, I. - Assessment of logging effects with special reference to the tropical rain forests in Indonesia. BIOTROP Special Publication Nº 3:61-64. Bogor, Indonesia. 1978.