



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL

Boletim Técnico do Instituto Florestal

v. 34 n.2
dez. 1980

COMISSÃO DE REDAÇÃO

Pesquisador Científico

Elisa Sidenêa Fosco Mucci

Pesquisador Científico

Gilberto de Souza Pinheiro

Pesquisador Científico

Hideyo Aoki

Seção de Museu e Exposições

Isabel Taeko Ohtake Malvesi

Bibliotecária

Ivani Kotait

Biologista

João Batista Baitello

Pesquisador Científico

Marco Antonio de Oliveira Garrido

Engenheiro Agrônomo

Nilse Kasue Shimura Yokomizo

Biologista

Onildo Barbosa

Pesquisador Científico

Ricardo Gaeta Montagna

ENDEREÇO/ADDRESS

Instituto Florestal - Caixa Postal 1 322 - 01000 - São Paulo
Brasil

Publicação periódica irregular
Preço por fascículo Cr\$ 100,00

SOLICITA-SE PERMUTA/EXCHANGE DESIRED



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DA PESQUISA DE RECURSOS NATURAIS
INSTITUTO FLORESTAL

BOLETIM TÉCNICO DO INSTITUTO FLORESTAL
volume 34, número 2, dezembro de 1980.

SUMÁRIO

Editorial	i
Seção A - Artigos Científicos	41-79
Ensaio fitoquímico em espécies da Serra da Cantareira, São Paulo (I). <i>Massako NAKAOKA & José Bonzani da SILVA</i>	43-49
Aproveitamento de resíduos florestais, com diâmetro entre 3 e 7 cm, provenientes de desbaste e corte raso, para produção de carvão. <i>Massako NAKAOKA & João Luiz de MORAES</i>	51-77
Determinação do número de árvores, lâminas e fibras requerida para medições de fibras de madeira de eucalipto. <i>Maria Aparecida Mourão BRASIL & Ricardo Antonio de ARRUDA VEIGA</i>	69-79
Seção B - Revisão Bibliográfica	80-127
Técnicas de sensoriamento remoto a nível orbital como subsídio ao estudo da vegetação de cerrado. <i>João Roberto dos SANTOS & Hideyo AOKI</i>	83-127
Índice de Assuntos	128-137

ISSN 01000 - 3151

Bol. Técn. IF	São Paulo	v. 34	n. 2	pág.41-137	dez. 1980
---------------	-----------	-------	------	------------	-----------



BOLETIM TÉCNICO DO INSTITUTO FLORESTAL
Volume 34, número 2, dezembro de 1980.

SUMÁRIO

1	Editorial
41-79	Seção A - Artigos Científicos
	Ensaio fitopatológico em espécies da Serra da Cantareira, São Paulo (I). Mônica Nakamura e José Bonas
43-49	et al. Silva
	Aproveitamento de resíduos florestais, com diâme-
	tro entre 3 e 7 cm, provenientes de desbaste e cor-
51-77	te raso, para produção de carvão. Mônica Nakamura
	e João Luís de Moraes
	Determinação do número de árvores, lâminas e fi-
	bras repousadas para medições de fibras de madeira
	de eucalipto. Mônica Nakamura e João Luís de Moraes
81-127	Seção B - Revisão Bibliográfica
	Técnicas de sensoramento remoto a partir de
	imagens de satélite. João Luís de Moraes e Mônica Nakamura
129-137	Índice de Assuntos

BOLETIM TÉCNICO DO INSTITUTO FLORESTAL, São
Paulo. 1972-
1972-1979, 1-33
1980, 34(1-2) (Publicação periódica irregu-
lar, a partir desta data)



Bolet. Téc. IF	São Paulo	v. 34	n. 2	pag. 41-137	dez. 1980
----------------	-----------	-------	------	-------------	-----------

EDITORIAL

A Comissão de Redação do Instituto Florestal, seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)-NB-62, comunica que o Boletim Técnico do I.F., a partir desta data, passará a ter periodicidade irregular. A numeração do primeiro volume, correspondente ao ano de 1980, será em sequência à última numeração dada ao Boletim Técnico I.F., embora esse número de volume não corresponda ao ano de existência da publicação. Assim, normalizando esta publicação, ela sempre reunirá mais de um artigo, em cada fascículo.

A Comissão

SEÇÃO A

ARTIGOS CIENTÍFICOS

ENSAIOS FITOQUÍMICOS EM ESPÉCIES DA SERRA DA CANTAREIRA,
SÃO PAULO (I) *

Massako NAKAOKA **

José Bonzani da SILVA ***

RESUMO

Efetuar^{am}-se ensaios fitoquímicos na casca de 16 espécies florestais da Reserva do Instituto Florestal (Local - Pinheirinho), Serra da Cantareira, São Paulo, Capital.

A casca das espécies revelou a presença das seguintes classes de compostos: saponinas 16, taninos 10, mucilagem 2, alcalóides 16, cumarinas 1, flavonóides 6, antraderivados 7, triterpenóides 3 e óleos essenciais 15.

Palavras-chave: Essências Nativas; Ensaio Fitoquímico; Saponinas; Taninos; Mucilagem; Alcalóides; Cumarinas; Flavonóides; Antraderivados; Triterpenóides e Esteróis; Óleos Essenciais; Glicósidos Cianogênicos.

ABSTRACT

Phytochemical essays were made from the bark of 16 forests species of the Forest Institute Reserve (Place - Pinheirinho), Serra da Cantareira, São Paulo State.

The bark of species detected the presence of the following groups of compounds: saponins 16, tannins 10, mucilage 2, alkaloids 16, coumarins 1, flavonoids 6, antracompounds 7, triterpenoids 3 and essential oil 15.

Key words: Native Species; Phytochemical Essays; Saponins; Tannins; Mucilage; Alkaloid; Coumarins; Flavonoids; Antracompounds; Triterpenoids and Steroids; Essential Oils; Cyanogenetic Glycoside.

(*) Aceito para publicação em Setembro de 1980.

(**) Química - Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

(***) Prof. Livre Docente - Instituto de Biociências - U.S.P.

1 INTRODUÇÃO

O interesse em se fazer um levantamento fitoquímico, em espécies florestais da Serra da Cantareira, tem por finalidade o conhecimento de sua composição química, sob o ponto de vista acadêmico e, também visando a sua potencialidade econômica e farmacológica.

No sentido econômico, tem por meta, o estudo da viabilidade de aproveitamento dos produtos e subprodutos destas espécies, como possíveis fontes de matérias primas.

Este é o primeiro trabalho de uma série que se pretende realizar, com o objetivo de se pesquisar espécies da Serra da Cantareira (Local - Pinheirinho), potencialmente fornecedoras de saponinas, taninos, mucilagem, alcalóides, cumarinas, flavonóides, antraderivados, triterpenóides, glicósidos cianogênicos, óleos essenciais e oleoresinas. Tais trabalhos servirão como subsídio para estudos posteriores, mais detalhados, naquelas espécies que se mostrarem mais promissoras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As espécies das Reservas do Instituto Florestal têm sido estudadas principalmente sob o ponto de vista botânico, conforme os trabalhos de NOGUEIRA (1976), BARBOSA & BAITELLO (1978), BARBOSA et alii (1977/78).

Até o presente, não foi realizado um levantamento global da potencialidade das espécies destas Reservas como fonte de matérias primas de interesse econômico e medicinal.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Em outubro de 1979, foram coletadas amostras de casca do caule de 16 espécies, provenientes da Serra da Cantareira (Local - Pinheirinho), São Paulo, Capital.

As espécies utilizadas foram identificadas pelo Laboratório de Anatomia e Taxonomia do Instituto Florestal e especialistas nas respectivas famílias e cada uma das espécies trabalhadas estão depositadas no Herbário (SPSF) e Xiloteca (SPSF_w) do Instituto Florestal.

Na FIGURA 1 consta, além de outros dados, os respectivos números de herbário.

AMOSTRA Nº	NOME VULGAR	NOME CIENTÍFICO	FAMÍLIA	Nº DO HERBÁRIO	Nº DA ÁRVORE
1	Canela	<i>Cinnamomum sellovianum</i> (Meiss) Vattimo	Lauraceae	5541	L1-1
2	Canela	<i>Cinnamomum</i> sp	Lauraceae	5520	L2-15
3	Canela-preta	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez.	Lauraceae	5542	L2-10
4	Canela-imbuia	<i>Ocotea porosa</i> (Nees) Barroso	Lauraceae	5543	L3-3
5	Canela	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez.	Lauraceae	5544	L4-8
6	Canela	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez.	Lauraceae	5550	
7	Canela-burra	<i>Ocotea kuhlmannii</i> Vattimo	Lauraceae	5538	L4-7
8	Canela	<i>Ocotea martiana</i> (Meiss.) Mez.	Lauraceae	5545	AA-23
9	Canela-noz-moscada	<i>Cryptocarya moscata</i> Nees. et Mart. ex Nees.	Lauraceae	5546	AA-16
10	Pau-terra	<i>Qualea sellowii</i> Koehne	Vochysiaceae	5547	L2-9
11	Pau-terra	<i>Qualea</i> sp	Vochysiaceae	5523	AA-27
12	Jacarandá-morcego	<i>Andira anthelmia</i> (Vell) Macbride	Leg./Faboideae	5548	AA-5
13	Cuvantã	<i>Cupania oblongifolia</i> Camb.	Sapindaceae	5535	AA-22
14	Guassatonga	<i>Casearia inaequilatera</i> Camb.	Flacourtiaceae	5533	AA-9
15	Bicuiba	<i>Virola oleifera</i> (Schott.) Smith.	Myristicaceae	5549	L4-2
16	Dedaleiro	<i>Lafoensia replicata</i> Pohl.	Lythraceae	5534	AA-17

FIGURA 1 - Relação das espécies estudadas.

Para proceder-se a avaliação qualitativa de alguns dos componentes do metabolismo secundário, inicialmente as cascas foram secas ao sol e à sombra, em condições ambiente. Posteriormente, foram pulverizadas, com a ajuda de um moedor.

A partir do pó obtido, efetuaram-se testes para a verificação das seguintes classes de compostos: saponinas, taninos, mucilagem, alcalóides, cumarinas, flavonóides, antraderivados, triterpenóides, glicósidos cianogenéticos, óleos essenciais, conforme as técnicas de WATTIEZ & STERNON (1935), WASICKY (1963), SILVA (1968), SILVA et alii (1976) e DOMINGUEZ (1973)

4 RESULTADOS

A frequência de alguns dos metabolitos da casca do caule das espécies analisadas, encontra-se expressa na TABELA 1 e a porcentagem dessas classes na TABELA 2.

TABELA 2 - Número e porcentagem de espécies que revelaram a presença das classes de compostos pesquisados.

CLASSE DOS COMPOSTOS	ESPÉCIES	
	nº	%
Saponinas	16	100
Taninos	10	62,5
Mucilagem	2	12,5
Alcalóides	16	100
Cumarinas	1	6,35
Flavonóides	6	37,5
Antraderivados	7	43,75
Triterpenóides	3	18,75
Óleos Essenciais	15	93,75
Glicósidos cianogenéticos	0	0

TABELA 1 - Frequência de alguns metabolitos da casca das espécies estudadas.

ESPECIES Nº	CLASSES DE COMPOSTOS									
	Saponinas	Taninos	Mucilagem	Alcalóides	Cumarinas	Flavonóides	Antra- derivados	Triterpenóides	Glicósidos cianogênicos	Óleos essenciais
1	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+
2	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+
3	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+
4	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+
5	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+
6	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+
7	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+
8	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+
9	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+
10	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+
11	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+
12	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+
13	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+
14	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+
15	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+
16	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Nestes ensaios preliminares realizados nas amostras da casca de algumas espécies da Serra da Cantareira, (Local - Pinheirinho) verificou-se a frequência de: saponinas, taninos, mucilagem, alcalóides, cumarinas, flavonóides, antraderivados, triterpenóides e óleos essenciais.

Pelo exposto nas TABELAS 1 e 2 verificou-se que as saponinas e os alcalóides ocorrem em todas as espécies, seguidas em menor porcentagem pelas demais classes de compostos.

GIBBS (1974), menciona a presença de alcalóides na família Lauraceae nos gêneros *Cinnamomum*, *Cryptocarya* e *Ocotea*, porém, nada relata sobre a ocorrência de saponinas.

Relativamente aos taninos, o mesmo autor, assinala sua ocorrência na família Lauraceae, sob a forma de taninos condensados.

A negatividade de glicósidos cianogenéticos nas espécies estudadas e, em particular, na família Lauraceae já havia sido constatada por GIBBS. Nas espécies estudadas também não foi constatada a presença desses compostos.

Pretende-se posteriormente, analisar quantitativamente aquelas espécies que se mostrarem mais promissoras, quanto a produção de uma determinada classe de compostos.

AGRADECIMENTOS

Aos Drs. BEULACH COE TEIXEIRA, JOÃO RODRIGUES DE MATOS, do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo e IDA DE VATTIMO, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro e aos Biologistas JOÃO BATISTA BAITELLO e ONILDO BARBOSA, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, pelo auxílio prestado na identificação das espécies aqui estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, O. & BAITELLO, J.B. 1978. Plantas brasileiras. *Public. IF - São Paulo*. 19: 1-27.
- BARBOSA, O. et alii. 1977/78. Identificação e fenologia de espécies arbóreas da Serra da Cantareira (São Paulo). *Silvic. em S. Paulo*, IF - São Paulo (11/12): 1-86. (no prelo).
- DOMINGUEZ, X.A. 1973. *Métodos de investigación fitoquímica*. Editorial Limusa México, 281p.
- GIBBS, R.D. 1974. *Chemotaxonomy of flowering plants*. Montreal and London. MacGill-Queen's - University Press. Vol. II.
- NOGUEIRA, J.C.B. 1976. A flora do município de Bauru. *Silvic. em S. Paulo - IF - São Paulo*, 10: 45-54.
- SILVA, J.B. 1968. *Contribuição ao estudo farmacognóstico da raiz de Byrsonima intermedia Ad. Jussieu forma Latifolia Griseb.* Tese de doutoramento. Faculdade de Farmácia e Bioquímica da U.S.P. 49p, mimeografado.
- SILVA, J.B. et alii. 1976. Ensaio fitoquímico preliminares em espécies do cerrado. *Bol. Botânica Universidade S.P.* 4: 129-132.
- WASICKY, R. 1963. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais. *Rev. Fac. Far. Bioquím. Univ. S. Paulo*, 1 (1): 77-81.
- WATTIEZ, N. STERNON, F. 1935. *Eléments de Chimie Végétale*. Masson e Cia. Editeurs Paris, 729p.

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS, COM DIÂMETRO ENTRE 3 E 7 CM, PROVENIENTES DE DESBASTE E CORTE RASO, PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO *

Massako NAKAOKA **

João Luiz de MORAES***

RESUMO

Utilizou-se material residual de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii*; *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari; *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari; *Eucalyptus citriodora* Hook; *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus tereticornis* Smith com diâmetros de 3 a 7 cm, 7 a 15 cm e acima de 15 cm, proveniente de desbaste e corte raso, para a produção de carvão.

Pela análise do carvão, observou-se que não houve variação quanto ao teor de carbono fixo dentro da classe diametral estudada, tanto para *Pinus* como para *Eucalyptus*, indicando que qualquer que seja o diâmetro da madeira, ela pode ser usada como carvão. Somente quanto à resistência mecânica, o carvão de *Eucalyptus* foi superior ao de *Pinus*, sendo, por isso, mais indicado como carvão destinado ao uso na siderurgia.

Palavras-chave: *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii*; *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari; *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari; *Eucalyptus citriodora* Hook; *Eucalyptus saligna* Smith; *Eucalyptus tereticornis* Smith; resíduos de desbaste; corte raso; carvão.

ABSTRACT

Residual material of thinned and fine cut trees of *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii*; *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari; *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari; *Eucalyptus citriodora* Hook; *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus tereticornis* Smith were studied with diameters of 3 to 7 cm, 7 to 15 cm and above 15 cm.

Through the *Pinus* and *Eucalyptus* charcoal essay it was detected no variation in the fixed carbon content in considering the diameters classes studied.

So, any diameter can be used to the productions of charcoal. Only one difference observed was that the mechanical resistance of the *Eucalyptus* charcoal was higher than the one of the *Pinus*, pointing out that the first genera is better for the production of siderurgical charcoal.

Key-words: *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii*; *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari; *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari; *Eucalyptus citriodora* Hook; *Eucalyptus saligna* Smith; *Eucalyptus tereticornis* Smith; thinning residual; fine cut; charcoal.

1 INTRODUÇÃO

O grande volume de materiais de pequenas dimensões, provenientes de resíduos florestais, que permanecem na mata sem um aproveitamento racional, é um problema que existe há muito

* - Aceito para publicação em outubro de 1980.

** - Química do Instituto Florestal.

*** - Pesquisador Científico do Instituto Florestal.

tempo e vem preocupando, nos últimos anos, os estudiosos de tecnologia florestal.

Com o uso crescente dos derivados de petróleo, houve uma queda na demanda da lenha para combustível e, por outro lado, a expansão das áreas reflorestadas que sofrem desbastes regulares e corte raso, tem provocado um aumento no volume desses materiais. Daí, a necessidade de se encontrar um meio de colocação e aproveitamento desses resíduos com fins econômicos.

Em qualquer tipo de exploração, seja em povoamento de *Eucalyptus*, geralmente no sistema de corte raso, seja em povoamento de *Pinus*, mediante desbastes, observa-se que uma certa proporção do material lenhoso permanece no campo sem utilização. Trata-se em geral de material de reduzido diâmetro (inferior a 7 cm), proveniente de ponteiros e galhos. Em determinadas regiões, esse material é aproveitado como combustível (lenha), mas, na maioria das vezes é abandonado e constitui-se muitas vezes em obstáculo para os tratos culturais, proporcionando, também, condições favoráveis para a propagação do fogo.

De maneira geral, pode-se dizer que o material remanescente, em sistema de exploração de corte raso, é em torno de 20% e, para o 1º desbaste seletivo, essa proporção pode atingir 40% sobre o volume total retirado. Segundo BAKER (1950), o material perdido nessas condições pode atingir até 20%.

O presente trabalho, consiste no estudo das possibilidades de aplicações desses materiais para produção de carvão, através dos resultados obtidos em análises químicas, físicas e também no rendimento do material lenhoso e carvão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A queima da madeira para produção de carvão é uma prática muito antiga, embora fosse feita, e ainda hoje o seja, de maneira indiscriminada e, muitas vezes por processos rudimentares e, visando apenas a produção de carvão sem o aproveitamento dos outros componentes de grande valor.

Segundo CARVALHO (1959), um grande volume de material lenhoso cortado na floresta não tem aplicação como madeira própria-

mente dita, constituindo-se em material residual ou desperdiço do no desdobro. Somente um terço da árvore cortada para madeira é realmente aproveitado.

BROSCH (1976), cita como uma alternativa econômica na produção de carvão vegetal, os ramos de menor diâmetro. O carvão, ainda que de pequeno tamanho, pode ser aglomerado em briquetes ou pelotas de tamanhos adequados para serem utilizados em fornos metalúrgicos.

VARGAS et alii (1976), citam que o carvão vegetal e a lenha são os principais combustíveis sólidos responsáveis por cerca de 30% do consumo energético brasileiro.

Segundo FONTES (1978), OLIVEIRA (1978), apesar das dificuldades, o ferro gusa a carvão vegetal vem ganhando terreno, e sua participação na siderurgia já alcança os 50%, enquanto se espera para dentro de aproximadamente 7 anos a auto-suficiência e o completo atendimento da demanda de carvão. Pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento, deverá atingir, em 1985, 7.700.000 ton.

OSSE (1957), ASSUMPÇÃO & SANTANA (1971), DOAT & PETROFF (1975), BROSCH (1976), citam o carvão como combustível na redução de minério de ferro, uso em indústria química, alimentos, fabricação de carvão ativo, catalizador para uso em reatores químicos, vidros, ingredientes para borracha, eletrodos, moldagem de resinas, etc. O carvão ainda figura e, assim persistirá por muito tempo, como o principal recurso energético para a humanidade.

MOREIRA (1964) e VEADO et alii (1976), citam que a madeira quanto mais densa produz carvão mais denso e a madeira mais leve produz carvão de grande porosidade e mais leve.

De acordo com SOUZA (1947), as madeiras duras produzem o melhor carvão para a siderurgia e o gasogênio. Enquanto o carvão proveniente de madeiras leves, apesar de não ser de boa qualidade, é muito usado para produção de carvão ativo.

Segundo J. RISI et alii ap. MOREIRA (1964), o carvão vegetal de boa qualidade deve apresentar-se em pedaço grande, de cor negra, brilhante, duro, sem odor, produzir som metálico ao quebrar-se contra material resistente e não formar moinha (fra

ção granulométrica abaixo de 12mm). Ao queimar-se não deve produzir fumaça, odor e nem soltar fagulhas.

Segundo DOAT & PETROFF (1975), o carvão conforme sua aplicação deve apresentar as seguintes características:

- carvão para uso doméstico: facilmente friável, sem fumaça, não importando sua composição química.

- carvão metalúrgico: carbonização a altas temperaturas. As exigências de qualidade para este tipo de carvão, são mais severas. Sob o ponto de vista mecânico, ele deve ter densidade elevada, boa resistência à compressão e ser pouco friável. O teor de matéria volátil, a cinza e, em particular, a taxa de fósforo devem ser baixos, e conter pelo menos 80% de carbono fixo.

- carvão para gasogênio: os critérios de caracterização são mais severos que os precedentes. O carvão não deve ser friável, sua densidade aparente deve exceder $0,3\text{g/cm}^3$ e a taxa de cinza não deve ser superior a 3% e deve ter um teor de carbono fixo de 75%.

- carvão ativo: utilizado para produtos alimentícios, usos medicinais, desinfecção, purificação de solventes, em reatores químicos como catalizadores, etc. O carvão deve ser leve e ter grande porosidade. São utilizadas madeiras leves, para aumentar o poder de adsorção.

- carvão para indústria química: fabricação de CS_2 (disulfeto de carbono), CO (monóxido de carbono), KCN (cianeto de potássio) e NaCN (cianeto de sódio). As exigências variam segundo a finalidade da pesquisa, e sua demanda exige uma boa pureza da borra e uma boa reatividade química.

Segundo R. MCBRIDE ap. TOOLE et alii (1961), a qualidade do carvão pode ser grosseiramente determinada pelas propriedades físicas como: dureza, brilho e densidade. O mesmo autor cita que isto pode ser melhor definido pela composição química, quantidade de carbono fixo (entre 74 a 81 %) e teor de volátil contido no carvão.

Carvão com conteúdo de voláteis relativamente baixo e alta quantidade de carbono fixo é desejável para uso industrial. Uma rápida carbonização a alta temperatura normalmente resulta na

formação de carvão friável, facilmente quebrável em pequenos pedaços e formação de moínha.

H. BERGSTROM et alii ap. MOREIRA (1964), citam que o teor de carbono fixo é mais importante para a avaliação da qualidade do carvão.

A espécie da madeira não influi na composição química do carvão. No entanto, as propriedades físicas são influenciadas pela sua densidade e estrutura (TOOLE et alii, 1961).

SOUZA (1947) e MOREIRA (1964), referem que a temperatura de carbonização aumenta a dureza, a sonoridade e a cor preta carregada e lustrosa do carvão.

J. ARAUJO ap. NAVARRO DE ANDRADE (1961), relata que "de um modo geral, o eucalipto mais denso produz carvão mais resistente".

J. ARAUJO ap. OSSE (1957), cita também que quanto maior a densidade da madeira mais resistente é o carvão. A resistência do carvão, segundo o mesmo autor, deve aumentar com a idade da árvore. Analisando dez espécies de *Eucalyptus* com 8 anos de idade, classificou-as em ordem decrescente de resistência: *E. paniculata* Smith, *E. citriodora* Hook, *E. punctata* D.C., *E. alba* Reinw, *E. tereticornis* Smith, *E. rostrata* Schlecht, *E. resinifera* Smith, *E. robusta* Smith, *E. saligna* Smith, e *E. grandis* Hill ex Maid.

Para JORDÃO (1977), o carvão com 70 % de carbono fixo e baixo teor de enxofre é compatível com o processo de redução para fabricação de aços, por possuir alta pureza. No entanto, tem como fator limitante a baixa resistência mecânica.

Os carvões provenientes de *Eucalyptus* cultivados em terras ácidas acusaram maior riqueza no teor de fósforo, o que é altamente nocivo para a siderurgia (A. AMARAL ap. OSSE. 1957).

BROSCH (1976), refere que o carvão mineral, com elevados teores de cinza e enxofre, encontra no carvão vegetal sua compensação qualitativa, uma vez que este contém teores extremamente baixos de cinza e enxofre.

Segundo MOREIRA (1964), o teor de carbono fixo, cinza e matéria volátil não sofre influência do tipo de forno nem da qualidade da lenha.

Quanto à resistência, o mesmo autor afirma que a qualidade da lenha influi na resistência do carvão. Porém, carvões provenientes de lenha de menor diâmetro, quando carbonizada nos fornos Iwate e barranco, apresentaram maior resistência.

Quanto ao rendimento do carvão, H. BERGSTROM e H. JANSSON ap. MOREIRA (1964), afirmam que a propriedade física mais importante do carvão vegetal é o peso por metro cúbico.

BRITO & BARRICHELO (1977), não observaram correlação entre a densidade básica e rendimento do carvão, teor de carbono fixo, teor de voláteis e cinza. Aham ainda que deva haver correlação positiva com a densidade da madeira quando o rendimento de carvão for expresso, em termos volumétricos, como estêreo de madeira/metro cúbico de carvão, pois quanto maior for a densidade da madeira maior será a quantidade de matéria seca por unidade de volume.

3 MATERIAL E MÉTODO

Utilizou-se material lenhoso, com casca, proveniente da Estação Experimental de Itapeva e Estação Experimental de Bento Quirino, ambas do Instituto Florestal de São Paulo. O material foi separado em classes diametraais de 3 a 7 cm, 7 a 15 cm e acima de 15 cm. Na TABELA 1, consta além da localidade, idade, tipo de exploração e a relação das espécies utilizadas no estudo.

Não foram analisados os carvões de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari, *Pinus elliottii* e *Eucalyptus citriodora* Hook, nos diâmetros acima de 15 cm, pela ausência de material para carbonização.

TABELA 1 - Relação das espécies utilizadas, idade, tipo de exploração e localidade

ESPÉCIE UTILIZADA	IDADE	TIPO DE EXPLORAÇÃO	LOCALIDADE
1. <i>P. elliottii</i> Engel. var. <i>elliottii</i>	8 anos	1º desbaste - 40 % de extração	ITAPEVA
2. <i>P. caribaea</i> Morelet var. <i>bahamensis</i> Barret & Gol-fari	6,5 anos	1º desbaste - 40 % de extração	BENTO QUIRINO
3. <i>P. caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barret & Gol-fari	8 anos	1º desbaste - 40 % de extração	BENTO QUIRINO
4. <i>E. saligna</i> Smith	7,5 anos	corte raso - 100 % de extração	BENTO QUIRINO
5. <i>E. citriodora</i> Hook	7,5 anos	1º desbaste - 40 % de extração	BENTO QUIRINO
6. <i>E. tereticornis</i> Smith	10 anos	corte raso - 100 % de extração	BENTO QUIRINO

A carbonização foi efetuada em forno tipo barranco, construído segundo CARNEIRO (1952).

As análises do carvão foram efetuadas segundo normas estabelecidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas TABELAS 2 e 3, verificou-se que não houve uma diferença acentuada quanto ao teor de carbono fixo nos carvões provenientes de madeiras de diferentes diâmetros, tanto de *Pinus* como de *Eucalyptus*. Os valores dos teores de carbono fixo constantes nas TABELAS 2 e 3, são compatíveis com as especificações citadas na literatura.

O teor de matéria volátil do carvão tanto de *Eucalyptus* como de *Pinus* não variou nas diferentes classes diametrais, e os seus valores foram inversamente proporcionais ao teor de carbono fixo. Observou-se que o teor de volátil do carvão foi, em média, mais elevado em *Eucalyptus* do que em *Pinus*.

Os valores de cinza obtidos, estão de acordo com o constante na literatura, variando de 0,61 a 2,10.

Quanto à resistência, verificou-se que carvões provenientes de madeiras de diâmetros menores apresentaram, em média, maior resistência à compressão, o que foi constatado também por MOREIRA (1964). A resistência do carvão de *Eucalyptus* foi superior ao de *Pinus*.

Quanto aos teores de nitrogênio, hidrogênio e enxofre, não se observou variação da classe diametral estudada.

O baixo teor de fósforo, enxofre e cinza torna o carvão vegetal tão competitivo quanto o carvão mineral.

TABELA 2 - Análise química e física dos carvões provenientes de diferentes classes diamétrais de 3 espécies do gênero *Eucalyptus*.

ANÁLISE IMEDIATA	<i>Eucalyptus citriodora</i>		<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus tereticornis</i>	
	Classe diametral (cm)		Classe diametral (cm)		Classe diametral (cm)	
	3 a 7	7 a 15	> 15*	3 a 7	7 a 15	> 15
Carbono fixo - %	76,2	81,5	-	82,1	80,1	81,4
Matérias voláteis - %	18,3	13,4	-	13,2	16,1	13,6
Umidade - %	4,09	4,36	-	3,13	2,55	3,90
Cinza - %	1,49	0,71	-	1,59	1,23	1,11
ANÁLISE ELEMENTAR						
Carbono (C) - %	82,7	87,5	-	86,4	86,8	87,5
Hidrogênio (H) - %	2,81	2,37	-	2,42	2,93	2,69
Nitrogênio (N) - %	1,0	< 1,0	-	1,20	< 1,0	< 1,0
Enxôfre (S) - %	< 0,10	< 0,10	-	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fósforo (P) - %	0,04	0,02	-	0,10	0,066	0,040
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO						
Axial - kgf/cm ²	317,68	308,23	-	253,0	111,0	147,0
Radial - kgf/cm ²	18,61	34,04	-	26,0	25,0	17,0
Tangencial - kgf/cm ²	15,77	4,45	-	32,0	35,0	23,0
Densidade (g/cm ³)	0,52	0,63	-	0,38	0,44	0,55
				290,2	286,3	208,37
				15,5	10,3	5,36
				28,0	24,6	4,10
				0,54	0,66	0,61

* Não foram analisados acima desse diâmetro, por falta de material para carbonização.

TABELA 3 - Análise química e física dos carvões provenientes de diferentes classes diamétrais de 3 espécies do gênero *Pinus*

ANÁLISE IMEDIATA	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>		<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>		<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	
	Classe diametral (cm)		Classe diametral (cm)		Classe diametral (cm)	
	3 a 7	7 a 15	> 15*	3 a 7	7 a 15	> 15*
Carbono fixo - %	81,2	82,5	-	80,0	84,7	78,9
Matérias voláteis - %	12,8	12,3	-	12,9	11,2	14,1
Umidade - %	4,37	3,78	-	6,25	4,10	4,91
Cinza - %	1,59	1,37	-	0,82	0,90	2,10
ANÁLISE ELEMENTAR						
Carbono (C) - %	87,0	87,8	-	88,5	89,2	85,4
Hidrogênio (H) - %	2,61	2,40	-	2,20	2,46	2,26
Nitrogênio (N) - %	<1,0	1,2	-	<1,0	<1,0	1,0
Enxôfre (S) - %	<0,10	0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10
Fósforo (P) - %	0,02	0,14	-	0,03	0,04	0,05
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO						
Axial - kgf/cm ²	71,6	100,64	-	104,6	90,9	84,78
Radial - kgf/cm ²	7,0	12,61	-	9,4	8,6	8,55
Tangencial - kgf/cm ²	10,6	3,64	-	10,4	11,3	6,85
Densidade (g/cm ³)	0,31	0,26	-	0,25	0,29	0,26

* Não foram analisados acima desse diâmetro, por falta de material para carbonização.

Quanto ao rendimento, pelas TABELAS 4 e 5, vê-se que, os carvões provenientes de madeiras de *Eucalyptus* apresentaram rendimentos superiores aos de *Pinus*.

Como houve variação na tomada das amostras dentro das classes diametrais (3 a 7 cm, 7 a 15 cm e acima de 15 cm), tanto de *Pinus* como de *Eucalyptus*, os rendimentos apresentados foram diferentes em função de diâmetros e densidades desiguais no carvão obtido, sendo que, em média, os carvões de diâmetros superiores apresentaram maior rendimento (kg de carvão/estéreo), devido às suas densidades serem superiores.

A escolha de espécies, tanto de *Pinus*, como de *Eucalyptus*, não obedeceu a um critério pré-estabelecido, tendo sido usados os materiais de desbaste e corte raso com classe diametral reduzida, somente para aproveitamento e utilização para produção de carvão.

TABELA 4 - Rendimento de material lenhoso com casca e de carvão por classe diametral.

ESPÉCIES	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>			<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>			<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>		
	3 a 7	7 a 15	> 15	3 a 7	7 a 15	> 15	3 a 7	7 a 15	> 15
Classe Diametral (cm)									
Rendimentos	Estéreos/ha de material com casca								
	Kg de carvão/estéreo								
	7,56	86,68	47,50	11,0	35,0	-	10,2	84,14	-
	67,3	58,4	69,5	54,7	63,8	-	54,6	49,3	-

TABELA 5 - Rendimento de material lenhoso com casca e de carvão por classe diametral.

ESPÉCIES	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.			<i>Eucalyptus saligna</i> Smith.			<i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith.		
	3 a 7	7 a 15	> 15	3 a 7	7 a 15	> 15	3 a 7	7 a 15	> 15
Classe diametral (cm)									
Rendimentos	Estéreos/ha de material com casca								
	Kg de carvão/estéreo								
	14,75	12,37	-	16,14	36,71	32,02	42,46	56,34	85,71
	107,0	112,0	-	86,0	107,0	107,0	79,5	123,0	133,7

As TABELAS 6 e 7 indicam o volume em estêreo/ha de materiais aproveitados e não aproveitados e suas respectivas porcentagens, tanto de *Pinus* como de *Eucalyptus*.

Haverá acréscimo no aproveitamento do material lenhoso de 5,34 % em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, 23,92 % em *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, 10,82 % em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, 54,38 % em *Eucalyptus citriodora*, 19,02 % em *Eucalyptus saligna* e 23,02 % em *Eucalyptus tereticornis*.

Esse acréscimo no aproveitamento é muito significativo, em vista da quantidade de material no diâmetro de 3 a 7 cm que permanece na mata e, pelos resultados das análises físicas e químicas do carvão, observou-se que esses materiais podem ser utilizados como carvão.

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos da análise de carvão de *Pinus* e *Eucalyptus*, chegou-se às seguintes conclusões:

- os materiais finos (3 a 7 cm) provenientes de desbaste e corte raso, poderão ser destinados à produção de carvão, especialmente os de *Eucalyptus* ;
- os carvões provenientes de madeiras de *Pinus*, apresentam baixa resistência mecânica; e
- independentemente do diâmetro das madeiras, elas podem ser utilizadas como carvão, propiciando um apreciável aumento no aproveitamento da floresta.

TABELA 6 - Material lenhoso aproveitado e não aproveitado de *Pinus*.

Classe diametral	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>		<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>		<i>Pinus caribaea</i> var. <i>elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	
	3 a 7 cm	> 7 cm	3 a 7 cm	> 7 cm	3 a 7 cm	> 7 cm
Aproveitado	Estéreo /ha	134,18	-	35,0	-	84,14
	Porcentagem	-	-	76,8	-	89,12
Não aproveitado	Estéreo /ha	7,56	11,0	-	10,2	-
	Porcentagem	5,34	23,92	-	10,82	-

TABELA 7 - Material lenhoso aproveitado e não aproveitado de *Eucalyptus*.

Classe diametral	<i>Eucalyptus citrio-dora</i>		<i>Eucalyptus saligna</i>		<i>Eucalyptus teretis-cornis</i>	
	3 a 7 cm		3 a 7 cm		3 a 7 cm	
	> 7 cm		> 7 cm		> 7 cm	
Aproveitado	Estéreo /ha	12,37	-	68,73	-	142,05
	Porcentagem	45,62	-	80,98	-	76,98
Não aproveitado	Estéreo /ha	-	16,14	-	42,46	-
	Porcentagem	54,38	19,02	-	23,02	-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUMPÇÃO, R.M.V. & SANTANA, M.C. 1971. Pirólise de madeiras, matérias primas, produtos, aplicações. São Paulo, I.P.T.
- BAKER, F.F. 1950. *Principles of Silviculture*. New York. McGraw-Hill, Book Company, 414p.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. 1977. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. I. Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. *Inst. Pesquisas e Estudos Florestais*, Piracicaba.
- BROSCH, C.D. 1976. O carvão brasileiro. *Ciência e cultura*, São Paulo, 28 (9): 1037-1044.
- CARNEIRO, O. 1952. *Construções rurais*. São Paulo, 5ª edição, 602p.
- CARVALHO, J. da S. 1959. Resíduos e desperdícios do material lenhoso e seu aproveitamento. In.: SILVA, C.J.T. da. *Tecnologia dos produtos florestais; noções elementares*. Alcobaça, Ministério da Economia. p. 89-95. (Estudos e Divulgação Técnica).
- DOAT, J. & PETROFF, G. 1975. La carbonisation des bois tropicaux; essais de laboratoire et perspectives industrielles. *Bois et Forests des Tropiques*, Nogent-sur-marnes, 159: p:55-72.
- FONTES, J.G. 1978. As árvores dos frutos de ouro. *Silvicultura*, São Paulo, 2 (9): 37 a 50, maio-junho.
- JORDÃO, M.C.S. 1977. Perspectivas de utilização de carvão vegetal no Brasil. *Rev. Bras. Eng. Quím.*, São Paulo, 1 (2):35-42.
- MOREIRA, C.S. 1964. *Contribuição ao estudo da eficiência de pequenos fornos na produção de carvão vegetal destinado a alto forno*. Tese. Piracicaba, SP. Escola Sup. de Agr. Luiz de Queiroz, U.S.P., 98p. mimeografado.

- NAVARRO DE ANDRADE, E. 1961. Carvão vegetal. In.: *O eucalipto*. São Paulo. p. 559-574.
- OLIVEIRA, V.J. de 1978. No carvão vegetal o caminho para a auto-suficiência. *Silvicultura*, São Paulo, 2 (9): 28-32, maio-junho.
- OSSE, L. 1957. Eucalipto e siderurgia. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, Rio de Janeiro, 9 (9): 193-206.
- SOUZA, P.F. de. 1947. Carvão vegetal. In.: *Tecnologia de produtos florestais*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, p. 105-136.
- TOOLE, A.W. et alii. 1961. Production, Marketing and use. *Forest Prod. Lab.*, U.S.A., 2213: 1-137, July.
- VARGAS, J.I. 1976. Energia fotossintética. *Análise e Conjuntura*, Belo Horizonte, 6 (4): 10-14.
- VEADO, J.T. et alii. 1976. Tecnologia avançada para produção de carvão; situação estratégica deste combustível. *Análise de Conjuntura*, Belo Horizonte, 6 (10): 12-20.

DETERMINAÇÃO DO NUMERO DE ÁRVORES, LÂMINAS E FIBRAS REQUERIDA PARA MEDIÇÕES DE FIBRAS DE MADEIRA DE EUCALIPTO*

Maria Aparecida Mourão BRASIL**

Ricardo Antonio de ARRUDA VEIGA***

RESUMO

Com a finalidade de se estabelecer o número mínimo de variáveis para medições de fibras de madeira de eucalipto, adotou-se a metodologia de cálculo dos componentes da variância e das diferenças mínimas significativas (d.m.s.) em um ensaio com *Eucalyptus grandis*, aos 3 anos de idade. Foram estudados o comprimento, o diâmetro da fibra e do lúmen e a espessura das paredes das fibras. Os resultados mostraram que, para o comprimento das fibras seria recomendável medir-se mais fibras por lâmina. Para as outras variáveis das fibras o aumento do número não levou a ganhos consideráveis na precisão das estimativas.

Palavras-chave: eucalipto, medições das fibras, características anatômicas.

ABSTRACT

Analysis of variance components were used to study variation between fibers characteristics of 3 years old *Eucalyptus grandis*. Calculations of least significant differences by different sampling strategies involving number of trees, radial positions, microscope slides and individual fibers showed that more fibers in slides need to be measured in *Eucalyptus*. It is not necessary to measure more than 7 trees to detect difference from 162 to 280 micra in fiber length.

Key-words: eucalypts, fiber measurement, anatomical characteristics.

1 INTRODUÇÃO

Para a caracterização da qualidade da madeira de povoamentos jovens de eucalipto, reveste-se de especial interesse o conhecimento da densidade básica e de índices ligados à estrutura anatômica das espécies, como compri-

(*) Parte da Tese de Doutorado apresentado pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP - em 1976.

(**) Professor Assistente Doutor do Departamento de Agricultura e Silvicultura da Faculdade de Ciências Agronômicas, "Campus" de Botucatu-UNESP, Botucatu - SP.

(***) Professor Titular do Departamento de Agricultura e Silvicultura da Faculdade de Ciências Agronômicas, "Campus" de Botucatu - UNESP - Botucatu - SP.

to, lúmen e espessura das paredes das fibras.

Uma das indagações que surgem ao pesquisador é a de qual o número de elementos que se deve medir para determinação das características anatômicas das fibras.

Neste estudo emprega-se técnica estatística para determinar o número requerido de árvores, lâminas e fibras, através de diferenças mínimas significativas estimadas para comprimento, diâmetro, lúmen e espessura das paredes das fibras de madeira de eucalipto.

2 MATERIAL E MÉTODO

Foram realizadas medições de comprimento, diâmetro, lúmen e espessura das paredes das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos 3 anos de idade.

As medições das fibras eram provenientes de amostras extraídas com sonda de Pressler ao nível de DAP (1,30 m do nível do solo), de 21 árvores de diâmetro igual a 10,0 cm. Desse total, 11 árvores eram provenientes de Itupeva e 10 de Mogi-Guaçu, no Estado de São Paulo.

Cada amostra foi seccionada em 3 posições correspondentes ao 1º, 2º e 3º ano de crescimento, de comprimentos iguais respectivamente a 2,5 cm, 1,5 cm e 1,0 cm. O DAP médio do 1º ano, 8,0 cm e do 3º ano, 10,0 cm.

Foram empregadas as estimativas dos componentes de variância de Árvores, Posições, Árvores vs. Posições, Lâminas e Fibras, através do esquema de análise constante da TABELA 1.

TABELA 1 - Esquema de análise de variância e componentes de variância correspondentes às características das fibras, sendo: a = número de árvores; b = posições; c = número de lâminas; f = número de fibras.

Causa de variância	G.L.	E (QM)	
		Componentes de Variância	
Árvores (A)	a-1	σ_f^2	$+ f \sigma_L^2 + cf \sigma_{AP}^2 + bcf \sigma_A^2$
Posições (P)	b-1	σ_f^2	$+ f \sigma_L^2 + cf \sigma_{AP}^2 + acf \sigma_P^2$
A vs P	(a-1) (b-1)	σ_f^2	$+ f \sigma_L^2 + cf \sigma_{AP}^2$
Lâminas d.A.d. P	ab (c-1)	σ_f^2	$+ f \sigma_L^2$
Fibras d. L.d. A d. P	abc (f-1)	σ_f^2	

As variâncias foram utilizadas para gerar tabelas contendo valores de diferenças mínimas significativas (d.m.s), que permitam diferenças entre os métodos de amostragem. A d.m.s. é obtida pela fórmula:

$$d.m.s = t \sqrt{2 k}$$

onde:

$$k = (\sigma_F^2 / abcf) + (\sigma_L^2 / abc) + (\sigma_{AP}^2 / ab) + (\sigma_P^2 / b) + (\sigma_A^2 / a)$$

e "t" exprime o valor obtido na tabela de "t" ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores obtidos para os componentes da variância devida às Árvores, Posições, Árvores vs. Posições, Lâminas e Fibras para as quatro variáveis das fibras estudadas, foram utilizados

para estabelecer em cada uma das variáveis a estratégia de amostragem segundo proposto por BURLEY et alii (1970b) e STEEL & TORRIE (1960).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados combinados segundo 21 árvores, 3 posições, 10 lâminas e 5 fibras, originaram uma série de diferenças mínimas significativas (d.m.s.), as quais acham-se sintetizadas na TABELA 2 para o comprimento das fibras, na TABELA 3 para o diâmetro das fibras, na TABELA 4 para o diâmetro do lúmen e na TABELA 5 para a espessura das paredes das fibras.

TABELA 2 - Diferenças mínimas significativas (d.m.s.), para o comprimento das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade em função do número de árvores, lâminas e fibras, sendo: A = uma posição de amostragem; B = duas posições de amostragem e C = três posições de amostragem. Valores em micra.

Número de Árvores	Número de Lâminas	Número de Fibras d.Lâmina	d.m.s.		
			A	B	C
1	1	1	484	343	281
		2	433	307	252
		3	414	294	241
		4	405	288	236
		5	399	283	232
	5	1	389	276	226
		5	370	262	215
		10	376	267	219
6	10	5	366	256	213
		1	319	226	185
		5	299	212	173
	10	5	292	206	169
		1	313	222	181
		5	296	209	171
		1	294	208	170
		5	290	205	168
7	10	1	291	206	168
		5	289	205	167
	10	1	309	218	178
		5	293	207	170
		5	288	204	166
8	10	1	289	204	167
		5	282	199	163
		5	280	198	162
20	10	1	288	204	166
		5	282	199	163
		5	280	198	162
21	10	1	288	204	166
		5	282	199	163
		5	280	198	162

TABELA 3 - Diferenças mínimas significativas para o diâmetro das fibras do *E. grandis* aos 3 anos de idade em função do número de árvores, lâminas e fibras, sendo: A = uma posição de amostragem; B = duas posições de amostragem e C = três posições de amostragem. Valores em micra.

Número de Árvores	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.		
			A	B	C
1	1	1	14,77	10,77	9,03
		2	11,10	8,28	7,09
		3	9,58	7,26	6,31
		4	8,72	6,70	5,88
		5	8,15	6,34	5,60
	5	1	8,03	6,25	5,54
		5	5,84	4,90	4,54
	10	1	6,73	5,43	4,93
		5	5,49	4,68	4,38
6	1	5	3,43	2,65	2,33
	5	1	3,38	2,62	2,31
	5	5	2,52	2,00	1,85
7	1	5	3,19	2,46	2,17
	5	1	3,14	2,43	2,15
	10	5	2,23	1,86	1,72
8	1	5	3,00	2,32	2,04
	5	1	2,96	2,29	2,02
	10	5	2,11	1,76	1,62
20	1	5	2,02	1,54	1,35
	5	1	1,75	1,53	1,34
	10	5	1,50	1,22	1,10
21	1	5	1,98	1,51	1,32
	5	1	1,96	1,50	1,31
	10	5	1,48	1,19	1,08

TABELA 4 - Diferenças mínimas significativas para o diâmetro do lúmen do *E. grandis* aos 3 anos de idade em função do número de árvores, lâminas e fibras, sendo: A = uma posição de amostragem; B = duas posições de amostragem e C = três posições de amostragem. Valores em micra.

Número de Árvores	Número de Lâminas	Número de Fibras d. Lâmina	d.m.s.		
			A	B	C
1	1	1	6,36	4,67	3,94
		2	4,98	3,74	3,22
		3	4,44	3,38	2,94
		4	4,13	3,18	2,79
		5	3,94	3,05	2,69
	5	1	3,74	2,93	2,60
		5	3,01	2,47	2,26
		10	3,27	2,63	2,38
	10	5	2,87	2,38	2,20
6	1	5	1,61	1,25	1,10
	5	1	1,53	1,20	1,06
	10	5	1,17	0,97	0,90
7	1	5	1,49	1,16	1,02
	5	1	1,42	1,11	0,98
	10	5	1,09	0,90	0,83
8	1	5	1,39	1,08	0,95
	5	1	1,32	1,04	0,92
	10	5	1,02	0,84	0,78
20	1	5	0,88	0,68	0,60
	5	1	0,84	0,66	0,58
	10	5	0,64	0,54	0,49
21	1	5	0,86	0,67	0,59
	5	1	0,82	0,64	0,57
	10	5	0,83	0,52	0,48

TABELA 5 - Diferenças mínimas significativas para a espessura da parede das fibras de *E. grandis* aos 3 anos de idade em função do número de árvores, lâminas e fibras, sendo: A = uma posição de amostragem; B = duas posições de amostragem e C = três posições de amostragem.

Número de Árvores	Número de Lâminas	Número de Fibras d.Lâmina	d.m.s.		
			A	B	C
1	1	1	3,24	2,43	2,09
		2	2,57	1,98	1,75
		3	2,30	1,81	1,62
		4	2,16	1,72	1,55
	5	5	2,06	1,66	1,51
		1	2,02	1,64	1,49
		5	1,68	1,43	1,34
	10	1	1,81	1,51	1,40
		5	1,63	1,40	1,32
6	1	5	0,88	0,70	0,64
	5	1	0,87	0,70	0,63
	10	5	0,72	0,60	0,56
7	1	5	0,83	0,66	0,59
	5	1	0,81	0,65	0,58
	10	5	0,67	0,56	0,52
8	1	5	0,78	0,62	0,56
	5	1	0,77	0,61	0,55
	10	5	0,64	0,53	0,49
20	1	5	0,54	0,42	0,38
	5	1	0,54	0,42	0,37
	10	5	0,46	0,37	0,34
21	1	5	0,53	0,42	0,37
	5	1	0,53	0,41	0,36
	10	5	0,46	0,37	0,33

Entende-se da TABELA 2 que a d.m.s. do comprimento das fibras diminui quando se utiliza 1, 2 e 3 posições para cálculo dos valores médios. Esse fato é explicado pela alta variação (32,18 %) devido a variância entre Posições. Para se obter valores de diferença mínima significativa menores entre os componentes, deve-se utilizar o maior número de posições, ou seja, toda a secção transversal da árvore. A estimativa dos valores médios das fibras nos primeiros anos de crescimento, foi melhor avaliada quando se analisou todas as posições do que com um número elevado de árvores. Quando se emprega somente uma posição deve-se esperar diferenças mínimas significativas maiores entre as fibras. Dessa forma pode-se selecionar árvores com comprimento de fibras que terão efetivamente valores médios altos nos primeiros anos.

Pode-se verificar pela TABELA 2 que as d.m.s. atingidas quando se utilizou o número máximo de 21 árvores, 10 lâminas e 5 fibras, foram 280, 198 e 162 micra respectivamente com 1, 2 e 3 posições. Observa-se que essas diferenças já praticamente haviam sido atingidas com 7 árvores, com qualquer número de posições. Dentro das árvores, a variação entre o número de lâminas e o de fibras medidas não é muito grande. Assim, trabalhando com 1 lâmina e medindo 5 fibras por lâmina para 7 árvores com uma posição, a diferença mínima significativa foi de 296 micra; e realizando-se 45 medições a mais, ou seja 10 lâminas com 5 fibras, o valor da diferença mínima significativa baixou em apenas 7 micra. Essa pequena variação pode ser explicada pela alta variação de 39,94 % entre as fibras, em contraste com os 4,16 % da variação total devido às lâminas. Tomando-se 10 lâminas e procedendo 5 medições por lâmina para 21 árvores, também com uma posição, realizar-se-ia mais 600 medições em confronto com 7 árvores, enquanto a diferença mínima significativa baixaria somente 9 micra. Considerações semelhantes podem ser feitas com 2 ou 3 posições.

Esses resultados mostram ser desnecessário aumentar o número de árvores para se estimar melhor as médias de comprimento de fibras, como também evidenciam a necessidade de medir mais fibras por lâmina. O número total de árvores a amostrar

estará em função das diferenças mínimas significativas que se espera encontrar. BURLEY et alii (1970b) indicaram como desejável para as diferenças mínimas significativas do comprimento das fibras em espécies de *Eucalyptus* aos 6 anos de idade, valores de 140 micra e, em trabalhos de melhoramento, 100 micra. Em árvores mais jovens, como no presente trabalho, as diferenças mínimas significativas indicadas são maiores mesmo quando se faz controles paralelos de outras variáveis como o do DAP médio, no caso igual a 10,0 cm para todas as árvores. BURLEY et alii (1970a) evidenciaram a necessidade de se medir 50 fibras de coníferas para se detectar diferenças de 200 a 300 micra. Essa mesma diferença em *Eucalyptus* poderia ser obtida com 1 árvore e 5 fibras medidas. Decorre daí o interesse de se estabelecer as d.m.s. para cada espécie e idade através dos componentes de variância.

O diâmetro médio das fibras correlacionou-se com o diâmetro do lúmen e a espessura das paredes das fibras. Estabeleceu-se a mesma estratégia de amostragem para essa variável conforme visto na TABELA 3. As diferenças mínimas atingidas para 21 árvores com 1, 2 e 3 posições foram respectivamente 1,48; 1,19 e 1,08 micra. As diferenças entre as posições foram pequenas, da ordem de décimo de micra, uma vez que essa variável representou 0,38 % da variação total. O aumento do número de árvores alterou o valor da diferença mínima significativa. Dentro de um mesmo número de árvores, o aumento das lâminas diminuiu o valor da diferença mínima significativa com precisão semelhante ao aumento do número de fibras por lâmina, como pode-se observar, por exemplo para 6 árvores com 1 posição.

Com a finalidade de verificar a relação entre as outras variáveis, estabeleceu-se a mesma estratégia de amostragem para o diâmetro do lúmen e espessura das paredes das fibras. Pela TABELA 4, verifica-se que os menores valores atingidos para o diâmetro do lúmen foram 0,83; 0,52 e 0,48 micra, respectivamente para 1, 2 e 3 posições. Para a espessura da parede os valores encontrados foram 0,46; 0,37 e 0,33 micra indicadas na TABELA 5.

As diferenças mínimas observadas nessas TABELAS permitem

chegar a considerações análogas às do diâmetro das fibras, o que já era de se esperar pois tiveram comportamento semelhante ao daquela variável.

4 CONCLUSÕES

Da discussão dos resultados podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- A metodologia de cálculo dos componentes da variância mostrou-se útil na estratégia de amostragem para cada característica das fibras, indicando o número em função da diferença mínima significativa considerada ideal.

- A diferença mínima significativa determinada para o comprimento das fibras foi de 162 a 280 micra, valores esses dependentes da posição e praticamente atingidos com 7 árvores, 10 lâminas e 5 fibras.

- O aumento do número de árvores, lâminas e fibras a serem medidas não levou, na maioria dos casos, a ganhos consideráveis na precisão das estimativas.

- Para determinação das características anatômicas das fibras é aconselhável a medição de maior número de fibras das lâminas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURLEY, J.; ADLARD, P.G.; WATERS, P. 1970a. Variances of tracheid lengths in tropical pines from Central Africa. *Wood Sci. and Technol.*, 4: 36-44.
- BURLEY, J.; POSNER, T.; WATERS, P. 1970b. Sampling techniques for measurement of fibre length in *Eucalyptus* species. *Wood Sci. and Technol.*, 4: 240-245.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. 1960. *Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences*. New York, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 481 p.

SEÇÃO B

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO A NÍVEL ORBITAL COMO SUBSÍDIO AO ESTUDO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO

João Roberto dos SANTOS*

Hideyo AOKI**

RESUMO

Trata-se de uma revisão bibliográfica acerca das técnicas de sensoriamento remoto a nível orbital, utilizadas no levantamento dos tipos de vegetação, com a finalidade de fornecer subsídios aos estudos de caracterização e mapeamento das unidades fisionômicas dos Cerrados, empregando-se produtos do "Multispectral Scanner" (MSS) dos satélites da série LANDSAT. Faz-se também, uma proposição metodológica de interpretação visual e automática dos dados do MSS, e de verificação de campo. Concluiu-se que essa tecnologia deve permitir não só a caracterização das formas de Cerrado, mas também o conhecimento da influência dos fatores ambientais envolvidos.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; imagens do LANDSAT; tipos de vegetação; cerrado; fatores ambientais.

ABSTRACT

This is a bibliographic review about the remote sensing technology used in the vegetation types survey. Its aim is to provide the basic knowledge to characterization and distribution mapping studies of physiognomic units of Cerrado vegetation, by means of "Multispectral Scanner" (MSS) data of LANDSAT. It is also made a methodology proposition for the visual and automatic analysis of remotely sensing data and for the field examination. The characterization of Cerrado units as well the analysis of environmental factors may be possible, when satellite pictures are used.

Key-words: remote sensing; LANDSAT images; vegetation types; cerrado vegetation; environmental factors.

1 INTRODUÇÃO

Em virtude do avanço cada vez mais intenso e sofisticado da moderna tecnologia, a exploração racional dos recursos naturais é atualmente, condição de vital importância para a pró-

(*) Pesquisador do Departamento de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais.

(**) Pesquisador Científico da Divisão de Reservas e Parques Estaduais do Instituto Florestal.

pria sobrevivência da humanidade. Daí a necessidade de se conhecer a distribuição e características desses recursos bem como dos fatores ambientais envolvidos.

Os produtos fornecidos pelo "Multispectral Scanner" (MSS) dos satélites da série LANDSAT, por permitirem uma visão sinóptica, multiespectral e repetitiva da superfície da Terra, podem ser utilizados para detectar as variações ocorridas no meio ambiente, em curto espaço de tempo e custo razoável.

Este trabalho teve como objetivo coletar elementos sobre técnicas de sensoriamento remoto a nível orbital, aplicadas no estudo de vegetação, pois segundo SCHRUMPF (1973), "a classificação da vegetação e seu posterior inventário, são os pontos iniciais para a resolução de muitos problemas quando se trata da manipulação dos recursos naturais, e o sensoriamento remoto a nível orbital, pode ser usado para o levantamento da extensão e do comportamento dos tipos de vegetação".

Portanto, esta revisão bibliográfica é o passo inicial, para um posterior levantamento da vegetação dos Cerrados, através de imagens orbitais, visando contribuir para um melhor conhecimento da sua ecologia e por conseguinte, propiciar o aproveitamento de seus recursos de forma racional e integral com fins econômicos.

2 COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

Neste capítulo é feita uma coleta de informações acerca das características espectrais nas diferentes faixas do espectro eletromagnético.

2.1 Características espectrais na faixa de 400 a 2600 nm*

A interação da radiação solar com as folhas de uma cobertura vegetal e o espalhamento da luz decorrente desta interação é,

(*) símbolo de nanometro, unidade linear de medida e que corresponde a 10^{-9} m
(forma atual e legal de representar o milimicro Dec. 63.233 de 12-09-68).

para IDSO & WIT (1970), um fenômeno que requer um estudo detalhado, antes da análise de dados sensoriados.

GATES (1970) cita que, o aspecto apresentado pela cobertura vegetal através de informações multiespectrais, depende, entre outros fatores, da morfologia, fisiologia e até mesmo da geometria da folha. Este último parâmetro, é comentado por HOFFER et alii (1966), como de grande influência na reflectância da vegetação.

Estudando o comportamento espectral das plantas, HOFFER & JOHANNSEN (1972), dividiram a curva padrão de reflectância de uma folha verde em 3 regiões características: região de 400 a 700 nm, 700 a 1300 nm e 1300 a 2600 nm (FIGURA 1).

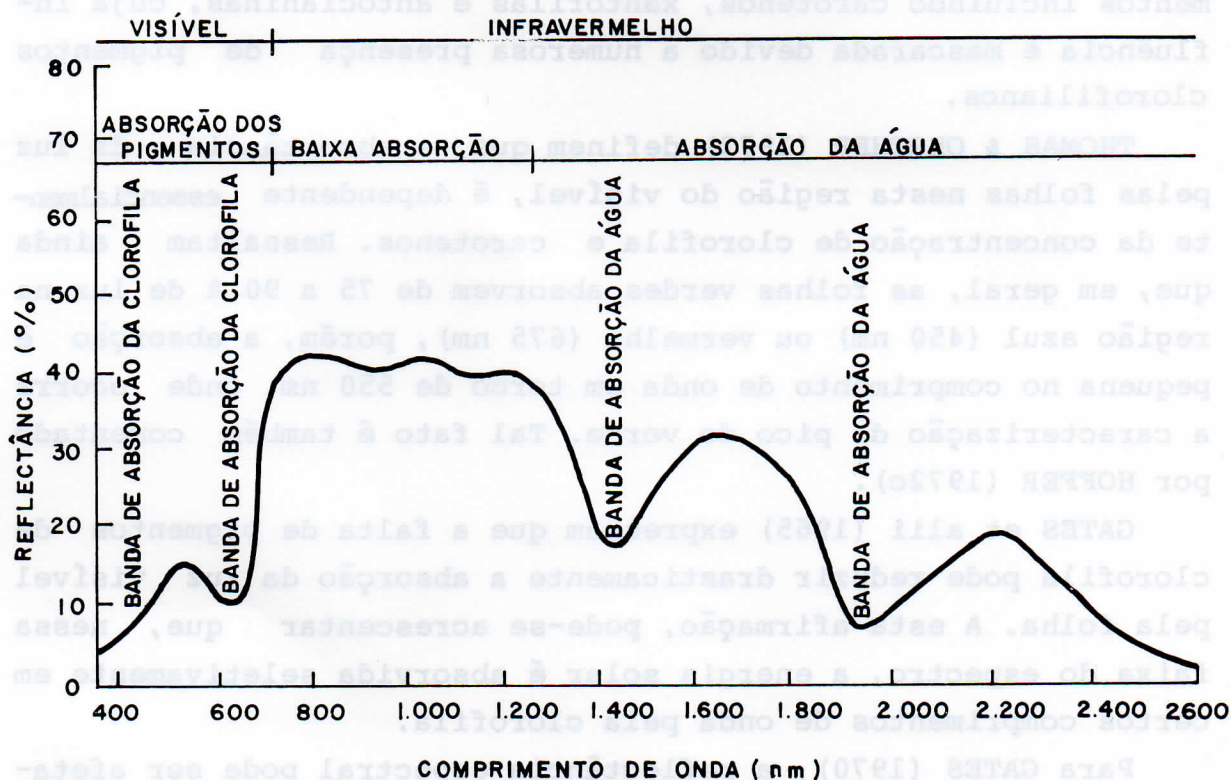


FIGURA 1 - Curva de reflectância de uma folha verde (HOFFER & JOHANNSEN, 1972).

Esta divisão é discutida por diversos autores:

a) região de 400 a 700 nm

Segundo THOMAS et alii (1967), esta região abrange a faixa do visível, na qual a reflectância está associada com a presença de pigmentos dentro dos cloroplastos.

MYERS & ALLEN (1968) citam que uma folha verde, é basicamente caracterizada pela absorção na faixa de 380 a 700 nm, devido à presença da clorofila, e a absorção máxima ocorre no pico do azul e vermelho, 470 nm e 680 nm, respectivamente. Idêntico resultado encontrou MAXWELL (1975a), afirmando que a clorofila absorve a energia eletromagnética mais eficientemente nos comprimentos de onda de 400 a 500 nm e 650 a 690 nm.

De acordo com HOFFER (1972c) esta região é dominada pela absorção da clorofila, ocorrendo também o efeito de outros pigmentos incluindo carotenos, xantofilas e antocianinas, cuja influência é mascarada devido a numerosa presença de pigmentos clorofilianos.

THOMAS & OERTHER (1972) definem que, a absortância de luz pelas folhas nesta região do visível, é dependente essencialmente da concentração de clorofila e carotenos. Ressaltam ainda que, em geral, as folhas verdes absorvem de 75 a 90 % de luz na região azul (450 nm) ou vermelha (675 nm), porém, a absorção é pequena no comprimento de onda em torno de 550 nm, onde ocorre a caracterização do pico do verde. Tal fato é também comentado por HOFFER (1972c).

GATES et alii (1965) expressam que a falta de pigmentos de clorofila pode reduzir drasticamente a absorção da luz visível pela folha. A esta afirmação, pode-se acrescentar que, nessa faixa do espectro, a energia solar é absorvida seletivamente em certos comprimentos de onda pela clorofila.

Para GATES (1970), a reflectância espectral pode ser afetada pelo processo de mudanças na pigmentação que, de acordo com MORAIN (1974), pode ser detectada na região de 400 a 700 nm.

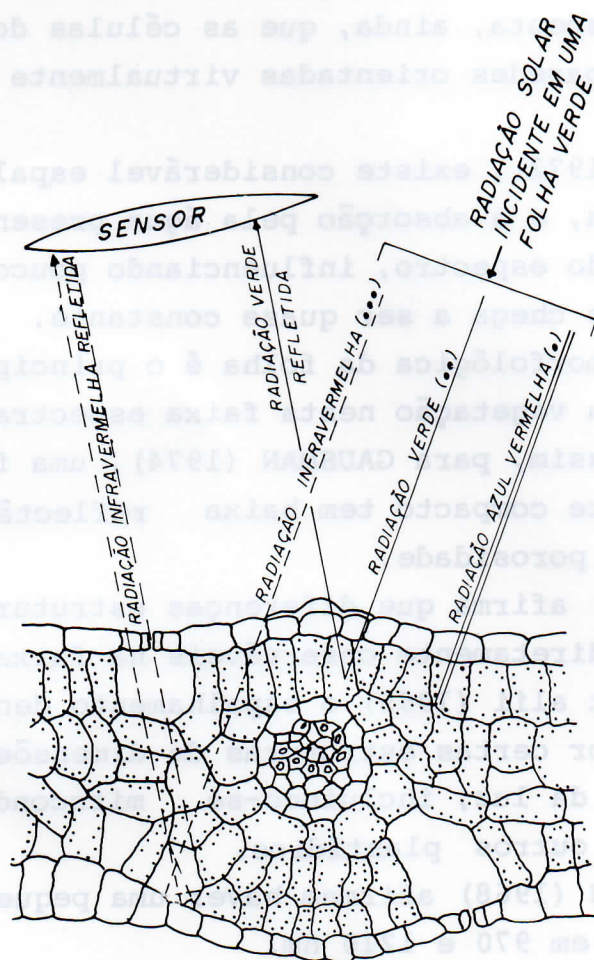
Segundo KUMAR (1972) a absorção de energia radiante na faixa de 500 a 670 nm, aumenta proporcionalmente com o aumento do conteúdo de clorofila nas folhas, até um certo limite de saturação desse conteúdo. Para GAUSMAN et alii (1974) pequenas va-

riações no teor de clorofila, podem causar amplas mudanças na refletância da luz.

De acordo com BARRET & CURTIS (1976), uma parte da energia absorvida pela clorofila é transformada e emitida como energia fluorescente; outra parte é convertida fotoquimicamente em energia armazenada, na forma de compostos orgânicos.

b) região de 700 a 1300 nm

De acordo com GATES et alii (1965), a energia radiante interage com a estrutura da folha por absorção e espalhamento. Tal observação pode ser comprovada através da FIGURA 2.



- (*) Totalmente absorvida pelos cloroplastos e usada na fotossíntese.
- (**) Totalmente refletida pelos cloroplastos.
- (***) Não afetada pelos cloroplastos mas altamente refletida pelo mesófilo esponjoso.

FIGURA 2 - Interação da radiação incidente com a estrutura de uma folha verde (Fonte: COLWELL, apud BARRET & CURTIS, 1976).

Para THOMAS et alii (1967), a capacidade de reflectância da folha no intervalo de 700 a 1000 nm, está associada à sua morfologia.

GATES (1970) afirma que as mudanças na estrutura celular do mesófilo, afetam a reflectância nesta faixa do infravermelho próximo, pois a resposta espectral é o resultado da interação da radiação incidente com o mesófilo. O autor explica que uma pequena quantidade de luz é refletida pela cutícula da folha, e uma grande quantidade é transmitida para o mesófilo esponjoso onde os raios freqüentemente encontram as paredes das células e são refletidos, se os ângulos de incidência forem suficientemente abertos. Acrescenta, ainda, que as células do mesófilo esponjoso possuem paredes orientadas virtualmente em todos os ângulos.

Para KUMAR (1972), existe considerável espalhamento da radiação pela folha, e a absorção pela água presente é muito baixa nesta região do espectro, influenciando pouco na reflectância da folha, que chega a ser quase constante.

A estrutura morfológica da folha é o principal fator ligado à reflectância da vegetação nesta faixa espectral do infravermelho próximo. Assim, para GAUSMAN (1974), uma folha com mesófilo relativamente compacto tem baixa reflectância comparada àquela com maior porosidade.

MORAIN (1974) afirma que diferenças estruturais no mesófilo esponjoso são indiretamente observáveis na faixa de 800 a 1000 nm.

Para GATES et alii (1965) o espalhamento dentro da folha é causado também por certas estruturas de dimensões iguais ao comprimento de onda da luz, incluindo-se mitocôndrias, núcleo, grãos-de-amido e outros plastídios.

MYERS & ALLEN (1968) afirmam haver uma pequena banda de absorção de água em 970 e 1210 nm.

Para HOFFER (1972a), a região de 720 a 1300 nm, além de ser influenciada pela absorção de água, sofre o efeito das múltiplas camadas de folhas e densidade de cobertura vegetal, caracterizando alta reflectância e baixa absorção quando comparada ao visível.

c) região de 1300 a 2600 nm

Para MYERS & ALLEN (1968) e GAUSMAN et alii (1970), a absorção da água presente na folha predomina na resposta espectral das plantas, e, segundo GATES (1970), as mudanças no conteúdo de água influem no seu comportamento espectral.

HOFFER & JOHANNSEN (1972) explicam que na faixa de 1300 a 2600 nm, particularmente, as medidas de reflectância são extremamente influenciadas pelo conteúdo de umidade da folha (FIGURA 3). Segundo esses mesmos autores, as alterações que ocorrem na estrutura da folha e na pigmentação, influem no conteúdo de umidade, apresentando forte efeito na reflectância.

De acordo com KUMAR (1972), existe uma absorção da água nesta faixa do espectro. HOFFER (1972c) estende essa faixa de 1300 a 3000 nm, citando uma alta absorção da água nos picos de 1400, 1900, 2660 e 2740 nm.

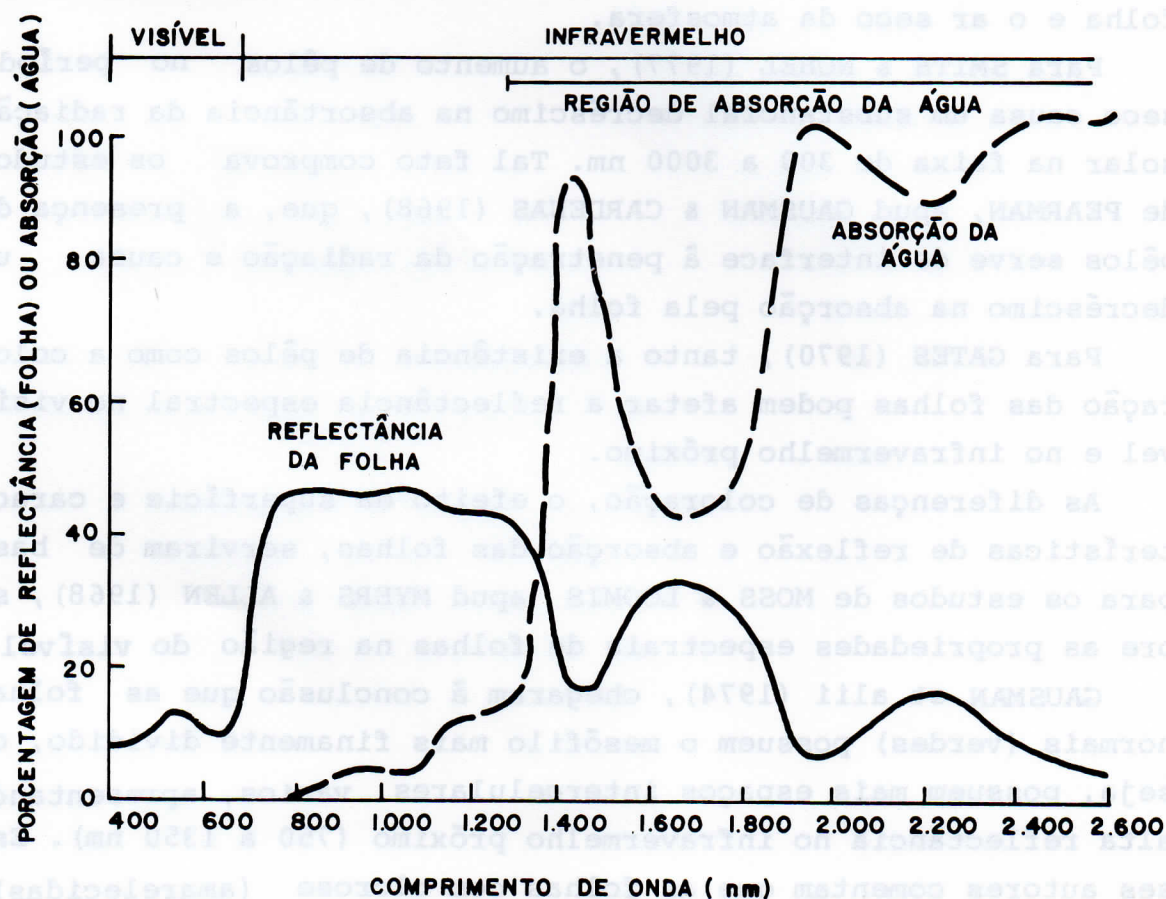


FIGURA 3 - Efeito do conteúdo de água no comportamento espectral da folha (HOFFER & JOHANNSEN, 1972).

2.2 Influência de fatores morfológicos e fisiológicos no comportamento espectral

GAUSMAN & CARDENAS (1968) afirmam que o arranjo de pêlos na epiderme da folha, bem como, seu comprimento, influenciam na reflexão da luz. Ao estudarem o comportamento espectral de folhas pilosas da *Gynura aurantiaca*, concluíram que os pêlos, provavelmente, aumentam a refletividade na região de 750 a 1000 nm pelo espalhamento da luz incidente e diminuem na região de 1000 a 2500 nm.

De acordo com KUMAR (1972), geralmente, a superfície de uma folha sem pêlos tem alta refletividade. Isto também foi observado por NOSSEIR et alii (1975), estudando a vegetação de Cerrado, mencionando ainda que a presença de pêlos, estabelece uma camada de ar, que atua como isolante entre a superfície da folha e o ar seco da atmosfera.

Para SMITH & NOBEL (1977), o aumento de pêlos no período seco causa um substancial decréscimo na absorvância da radiação solar na faixa de 300 a 3000 nm. Tal fato comprova os estudos de PEARMAN, apud GAUSMAN & CARDENAS (1968), que, a presença de pêlos serve de interface à penetração da radiação e causa um decréscimo na absorção pela folha.

Para GATES (1970), tanto a existência de pêlos como a coloração das folhas podem afetar a reflectância espectral no visível e no infravermelho próximo.

As diferenças de coloração, o efeito da superfície e características de reflexão e absorção das folhas, serviram de base para os estudos de MOSS & LOOMIS apud MYERS & ALLEN (1968), sobre as propriedades espectrais de folhas na região do visível.

GAUSMAN et alii (1974), chegaram à conclusão que as folhas normais (verdes) possuem o mesófilo mais finamente dividido, ou seja, possuem mais espaços intercelulares vazios, apresentando alta reflectância no infravermelho próximo (750 a 1350 nm). Esses autores comentam que as folhas com clorose (amarelecidas), em que o teor de xantofila é superior ao de clorofila, apresentam alta reflectância na região do visível.

A maturidade da folha, é citada por THOMAS et alii (1967),

como responsável pelo aumento de reflectância na faixa do infravermelho, visto que a folha nova, constituída de pequenas células compactas, apresentam poucos espaços intercelulares, o que não acontece com a folha madura.

Para GAUSMAN et alii (1970), na região de 500 a 750 nm, a maturidade tem pouca influência na reflectância da folha; contudo, quanto mais madura a folha, maior a reflectância a partir de 750 nm. Esses autores afirmam que na faixa de 750 a 1350 nm, a reflectância está associada à compactação da estrutura celular interna da folha.

O efeito das partes dorsal e ventral da folha na reflectância é outro ponto que deve ser levado em consideração. Assim para WILLSTATTER & STOLL, apud NOSSEIR & PALESTINO (1973), geralmente a parte dorsal da folha, onde o mesófilo esponjoso está localizado, apresenta maior reflexão do que a parte ventral na região do visível. Isso é devido à presença de maior quantidade de cloroplastos na parte superior do mesófilo e/ou pela maior quantidade de cutícula ou cera na face ventral. Os mesmos autores, mencionam que na região do infravermelho próximo, a reflectância é aproximadamente igual para as duas superfícies, fato este também comentado por KUMAR (1972).

2.3 Identificação da vegetação utilizando o sensoriamento remoto

Segundo SCHRUMPF (1973), a classificação da vegetação e seu posterior inventário, é o ponto inicial para a resolução de muitos problemas quando se trata da manipulação de recursos naturais.

MYERS & ALLEN (1968) citam que o espectro de luz refletida de interesse biológico ocorre no infravermelho próximo (700 a 1300 nm), onde a reflectância é alta e a absorptância é mínima. Desta forma, o sensoriamento remoto a nível orbital, obtendo informações próximo a essa faixa, pode ser usado no levantamento dos tipos de vegetação em termos de extensão e comportamento.

Para EDWARDS (1972), as técnicas de sensoriamento remoto permitem obter informações da distribuição e extensão de tipos de vegetação, e registrar suas transformações ecológicas, re-

sultantes de práticas de uso da terra, efeitos climáticos e sazonais.

Segundo WILLIAMSON (1973), o delineamento dos tipos de vegetação é mais significativo na interpretação das imagens multiespectrais do que dos mapas convencionais existentes, oferecendo mais detalhes e precisão.

MORAIN (1974) relata que, uma das vantagens do sensoriamento remoto multiespectral sobre fotografias coloridas convencionais, reside na capacidade de detectar sutis variações tonais resultantes de alterações na vegetação.

SAYN-WITTEGENSTEIN (1972) é otimista quanto à possibilidade de identificação e mapeamento de florestas e outros tipos de vegetação através do sensoriamento remoto a nível orbital.

Para MORAIN (1974), a detectabilidade dos gradientes entre os tipos de vegetação é básica na elaboração de mapas da cobertura vegetal.

MYERS & ALLEN (1968) relatam que a densidade foliar ou índice de área foliar (LAI), causa variação na resposta espectral. A importância do sensor MSS na determinação desse índice, como também na porcentagem de cobertura vegetal, é destacada pela NASA (1975).

Para SIEGAL & GOETZ (1977), a resposta espectral da cobertura vegetal depende da quantidade e tipo de vegetação, além da reflectância espectral do terreno. Pelas observações de NOSSEIR et alii (1975), no canal 4 do MSS/LANDSAT, o solo reflete mais que a vegetação e portanto, ele aparece em tonalidade mais clara; no canal 5, ainda há predominância da reflectância do solo, porém a da vegetação sofre uma variação em função da espécie da planta ou das suas condições vegetativas; nos canais 6 e 7, a reflexão da vegetação é máxima, de forma que, quanto mais densa a cobertura vegetal, mais clara ela aparece nas imagens.

GATES apud MYERS & ALLEN (1968), faz excelente discussão e tratamento sobre os dados espectrais envolvidos na cobertura vegetal, para estimar quantitativamente a energia recebida pelos sensores.

WIEGAND et alii (1973) afirmam que os canais 6 e 7 do MSS são de grande valia na indicação da densidade de cobertura vegetal.

MAXWELL (1975a) menciona que, o aumento da quantidade de biomassa da vegetação pode reduzir a reflectância na banda 5 do MSS (600 a 700 nm), devido à absorção pela clorofila; por outro lado, o aumento de biomassa acresce a reflectância na banda 7 do MSS (800 a 1100 nm), devido à alta reflectância da vegetação verde na região do infravermelho próximo.

Para TUCKER et alii (1975), existe uma alta correlação entre a reflectância espectral e a biomassa verde nas faixas do visível e do infravermelho, em função do conteúdo de clorofila, estrutura interna das folhas e arranjo geométrico da cobertura vegetal.

SEEVERS et alii (1975) utilizando apenas a banda 5 do MSS, concluíram que em áreas onde a cobertura vegetal é descontínua, ou seja, onde a reflectância do solo também influi na resposta espectral, este fator do terreno dificulta na avaliação da biomassa.

SIEGAL & GOETZ (1977) afirmam que com o aumento da biomassa, as razões das bandas do MSS do LANDSAT, 4/6, 4/7, 5/6 e 5/7 são significativamente diminuídas, ao passo que as razões das bandas 4/5 e 6/7 permanecem relativamente constantes.

Em estudos sobre a cobertura vegetal através dos quatro canais do MSS, ELBERSEN (1973) conclui que na imagem do canal 5, a vegetação em solos mal drenados e a mata em galeria aparecem com igual tonalidade de cinza-escuro; porém no canal 7, a mata em galeria apresenta tonalidade cinza-claro e a vegetação em solos mal drenados uma tonalidade cinza-escuro.

GREHS (1974) verificou durante a interpretação visual das imagens do canal 5, que a mata em galeria apresenta uma tonalidade cinza-escuro, o que para SANTOS & NOVO (1977), se deve à sua biomassa mais densa.

De acordo com KING & RAINS (1974), as áreas de florestas apresentam tons escuros contínuos devido à baixa refletividade no visível, principalmente na região do vermelho (canal 5). SANTOS & NOVO (1977) afirmam que a tonalidade de cinza escuro homogênea no canal 5, apresentada pela mata densa, é resultante da cobertura vegetal contínua e no canal 7, a tonalidade é cinza-claro devido à alta porcentagem de reflexão de radiação infravermelha pela copa das árvores.

SAYN-WITTGENSTEIN (1972) utilizando composições coloridas das bandas 4, 5 e 6 do MSS, conseguiu a separação entre florestas de coníferas e de folhosas.

Segundo RODRIGUES-BEJARANO (1975), as diferenças no tom fotográfico são distintas entre coníferas e folhosas, devido à grande diferença tonal na região do infravermelho e pequena na região do visível.

Através da interpretação visual em imagens preto e branco, HERNANDEZ FILHO & SHIMABUKURO (1978) concluíram que o canal 7 separa melhor os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*; porém a delimitação de áreas reflorestadas com esses gêneros, é mais eficiente no canal 5 do que no canal 7.

NOSSEIR et alii (1975) verificaram que a caatinga aparece nos canais 4 e 5 do MSS com tonalidade de cinza-escuro apesar do seu baixo índice de área foliar. Isso é devido à distribuição homogênea da cobertura vegetal no solo. Nos canais 6 e 7 do MSS, a tonalidade é de cinza-médio.

2.4 Imagens do LANDSAT no estudo da vegetação de Cerrado

Neste item é mostrado o comportamento espectral da vegetação do Cerrado nas imagens multiespectrais. É conveniente ressaltar que os autores divergem quanto à separação da vegetação dos Cerrados em relação às suas unidades fisionômicas.

Assim, autores como NOSSEIR et alii (1975) e VALÉRIO FILHO et alii (1976), conseguiram identificar nas imagens do MSS, as formas cerradão, cerrado e campo cerrado. GREHS (1974), inclui a forma "cerrado degradado", definindo-o como uma cobertura vegetal sujeita a periódicas queimadas evidenciando freqüentemente solo nu. SANTOS & NOVO (1977), através da análise dos dados orbitais e verificação de campo, distinguiram o cerrado com substrato de dicotiledôneas do cerrado com substrato de gramíneas.

VALÉRIO FILHO et alii (1976), em estudos nas áreas de Ribeirão Preto (SP) e Dourados/Amambai (MT), concluíram que os canais 5 e 7 do MSS foram os que apresentaram maior contraste de reflectância entre as unidades de floresta-cerradão, cerrado e campo cerrado.

De acordo com NOSSEIR et alii (1975), o cerradão, estágio florestal do cerrado, é caracterizado nos canais 4 e 5 do MSS por uma tonalidade homogênea de cinza-escuro, enquanto nos canais 6 e 7 essa formação apresenta-se em cinza-claro. Esta conclusão é semelhante a de SANTOS & NOVO (1977), ao verificarem uma mancha de cerradão em imagens do período seco, com tonalidade cinza-escuro homogênea no canal 5 e cinza-claro no canal 7 do MSS. Isto é devido ao caráter perenifólio do cerradão, que mesmo na época seca, mantém sua folhagem normal. Também GREHS (1974), encontrou em imagens de época seca, uma tonalidade bem escura no canal 5 e textura homogênea para o cerradão.

De acordo com NOSSEIR et alii (1975), as áreas de cerrado em relevo suavemente ondulado, foram caracterizadas nos canais 4 e 5 por uma tonalidade cinza médio. Em áreas de cerrado com presença de solo nu, a reflectância da vegetação é influenciada pela do solo, a qual na região do visível é maior, aparecendo com tonalidade cinza mais claro.

Para GREHS (1974), a forma cerrado apresenta tonalidade cinza-escuro e textura homogênea no canal 5, em imagens de época seca.

Segundo SANTOS & NOVO (1977), o Cerrado caracterizado pela presença de estrato superior mais denso, ou seja, com maior porcentagem de cobertura do solo pelas copas, apresenta tonalidade cinza médio pouco homogênea, com tons mais escuros onde há o adensamento das copas. Os mesmos autores observaram que o cerrado caracterizado pelo estrato superior esparsos, com predominância de substrato de dicotiledôneas, apresenta tonalidade cinza médio homogênea no canal 5. Isto é atribuído à cobertura contínua do solo pelo substrato de dicotiledôneas, que se mantém verde mesmo durante a estação seca, devido ao seu sistema radicular profundo. Todavia, o cerrado com substrato de gramíneas apresenta tonalidade cinza mais claro no canal 5, pelo fato das gramíneas tendo sistema radicular curto perderem a vitalidade na estação seca.

GREHS (1974) caracterizou o campo cerrado nas imagens da época seca, por uma tonalidade cinza-claro e textura homogênea no canal 5. Para VALÉRIO FILHO et alii (1976) as áreas de campo

cerrado aparecem em tons uniformes de cinza médio no canal 5, salientando que essa classe ou unidade fisionômica é facilmente delineada sobre as imagens de época úmida.

SANTOS & NOVO (1977) citam que em relevo mais movimentado, a forma campo cerrado constituída no estrato superior de vegetação arbustiva e no estrato inferior de gramíneas, apresenta uma tonalidade mais clara que o cerrado descrito anteriormente por esses autores.

Nenhum trabalho faz alusão ao comportamento espectral do campo sujo de cerrado, porém, SANTOS & NOVO (1977) afirmam que em áreas de "campos", onde predominam as gramíneas, a tonalidade é cinza-claro nas imagens do canal 5.

3 FATORES AMBIENTAIS

O estudo da vegetação a partir dos dados sensorizados pode ser feito através de medidas de radiação refletida e emitida pela cobertura vegetal. Isto pode ser compreendido através da FIGURA 4, que mostra simplificadaamente a troca de energia que ocorre no meio ambiente.

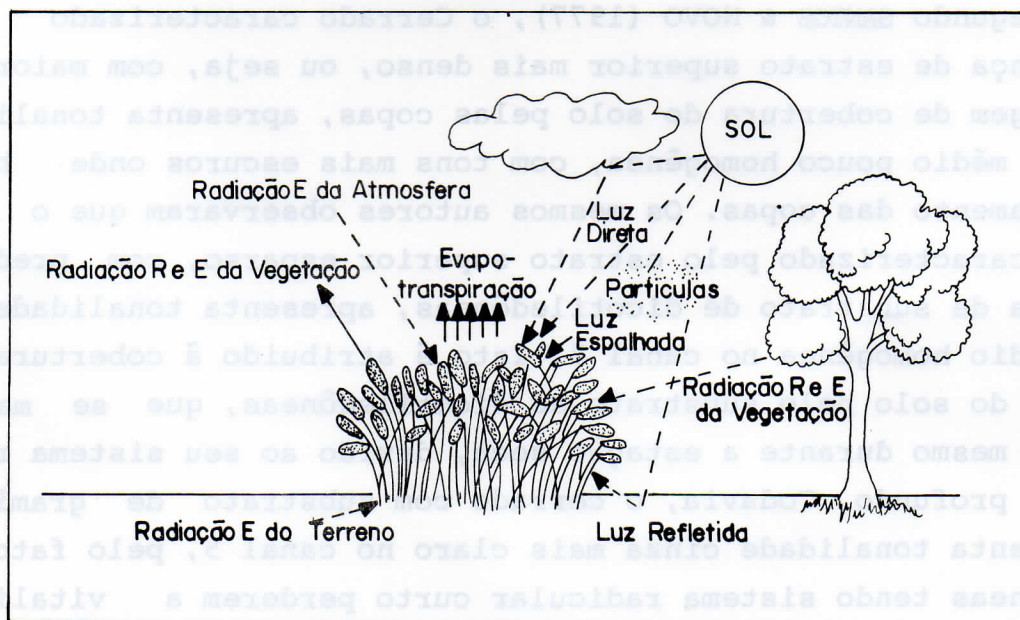


FIGURA 4 - Troca de radiação refletida (R) e emitida (E) no meio ambiente (LADGREBE, 1972).

Assim, a resposta espectral da vegetação está associada não só às próprias características intrínsecas, mas também à existência de fatores ambientais como o clima, solo e relevo. O conhecimento desses fatores e sua influência sobre a vegetação são necessários na interpretação dos dados sensorizados.

3.1 Relevo

Segundo MAXWELL (1975a), o monitoramento das condições do solo depende de informações da cobertura vegetal e da topografia.

Para WONG et alii (1977); a superfície topográfica, por ser o fator mais atuante na formação do solo, deve ser usado em técnicas de análise multiespectral.

Analizando imagens do LANDSAT-1, SANTOS (1976) separa o relevo da região sul do Estado do Espírito Santo em cinco classes, assim denominadas: plano, suavemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso.

Para VALÉRIO FILHO et alii (1976), na área de Ribeirão Preto (SP) foi possível identificar três classes de relevo ao se empregarem imagens multiespectrais: plano a suavemente ondulado, ondulado a fortemente ondulado e montanhoso.

Segundo TUELLER & LORAIN (1973), a banda 5 do MSS é a que melhor caracteriza as variações topográficas, quando se trata de relevo plano ou relativamente plano, enquanto que para SANTOS (1976), o canal 6 é o mais eficiente na delimitação das diferentes categorias, por apresentarem padrões texturais bem nitidos e definidos. Segundo esse mesmo autor, a análise do canal 5, levou a dúvidas na interpretação das classes.

Para VALÉRIO FILHO et alii (1976), a análise dos quatro canais do MSS, revelou que a imagem do canal 6 apresenta maior potencialidade, podendo ser utilizada também, a imagem do canal 7 para a separação das classes de relevo.

SANTOS & NOVO (1977), estudando uma área no nordeste de Mato Grosso, observaram que uma variação nas condições topográficas provoca mudanças na textura fotográfica da imagem na banda 7, concluindo que as variações de textura são melhor caracterizadas nesse canal. Esses autores evidenciam que a melhor banda

para caracterização da textura, varia com as condições apresentadas pela área de interesse.

De acordo com o Soil Conservation Service apud VALÉRIO FILHO et alii (1976), na interpretação de relevo, as variações tonais apresentadas pela imagem são resultado da inclinação do terreno, que refletem de maneira diferente os raios solares. Para SANTOS (1976), a maior ou menor movimentação do relevo apresenta diferentes intensidades de sombreamento.

VALÉRIO FILHO et alii (1976) fazendo um estudo das várias classes de relevo, verificaram que o comportamento espectral nas imagens preto e branco do canal 6 do MSS, apresenta para a classe de relevo montanhoso, um padrão variável de tonalidade, correspondente às combinações de tons claros e escuros; para as áreas de relevo plano a suavemente ondulado, um padrão aveludado, relativamente uniforme e tonalidade escura; e para as áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado, um padrão intermediário, onde a variação de tons claros e escuros é menos abrupta do que na classe de relevo montanhoso.

Além de padrões tonais, GIMBARZEVSKY (1974), concluiu que as informações das características topográficas devem ser inferidas também a partir de padrões texturais. SANTOS & NOVO (1977), citam que em áreas de grande variação de tonalidade, a textura é rugosa e onde a tonalidade varia pouco, a textura é definida como lisa.

STRAHLER (1975) ao fazer uma relação entre densidade de drenagem, vegetação e topografia, menciona a ocorrência de baixa densidade de drenagem em áreas de densa cobertura vegetal, onde o relevo é pouco pronunciado.

KING & RAINS (1974), ao analisarem imagens do MSS, encontraram que o canal 7 revela a topografia sob áreas de florestas.

3.2 Solo

BOMBERGER & DILL (1960) citam que as feições físicas do terreno como o relevo, drenagem e a própria vegetação podem revelar a distribuição dos solos e de seu material de origem.

BAVER apud MYERS & HEILMAN (1969), relata que certos fatores afetam a quantidade de energia que atinge ou é retida no solo por unidade de área, tais como a natureza do próprio solo e a vegetação.

Segundo HILWIG et alii (1974), nos casos em que a cobertura vegetal é fator dominante, o conhecimento solo/planta pode oferecer uma boa indicação da condição do solo. Para esses autores, essa influência é verdadeira nas imagens tomadas pelo LANDSAT-1.

MALAN (1974) estudando tipos de solos através de imagens do ERTS-1, observou que a identificação torna-se possível, quando existe alta correlação entre o tipo de solo e pelo menos um dos fatores: vegetação, geomorfologia, geologia, clima ou uso da terra.

GERBERMANN apud RICHARDSON et alii (1975), explica que a resposta espectral da vegetação é uma mistura não só da refletância das plantas e forma da cobertura vegetal, mas também do solo. Para WONG et alii (1977), as características de um solo e sua extensão, estão correlacionadas a vários fatores, entre outros a vegetação, clima e topografia.

SIEGAL & GOETZ (1977), estudando a influência da vegetação na discriminação de tipos de solo, ressaltam que a vegetação natural pode mascarar significativamente a resposta espectral de medidas obtidas pelo sensor MSS. Além disso, o efeito da vegetação nas razões das bandas do MSS, é dependente do comprimento de onda, das características da refletância espectral da própria vegetação e do material de origem do terreno.

As imagens MSS do ERTS-1 apresentam vantagens espaciais e temporais no reconhecimento de solos e de acordo com WESTIN & MYERS (1973), ao visualizar a vegetação, em épocas diferentes de desenvolvimento, é possível associar o tipo de solo existente.

PARKS & BODENHEIMER (1973) basearam-se nas respostas espectrais características e uniformes da cobertura vegetal, para de lineamento de três associações de solos no Tennessee, EUA. Para VALÉRIO FILHO et alii (1976), os tipos de solos, em alguns casos, podem ser inferidos através do estudo do relevo a eles associados.

ELBERSEN (1973) realizando um estudo na região de savanas tropicais denominada "Llanos Orientales de Colombia", comparou

os mapas de solos já existentes e os obtidos através de imagens MSS do ERTS e concluiu que as bandas 5 e 7 oferecem informações importantes.

BAUMGARDNER & HENDERSON JR. (1973), utilizando dados do MSS do ERTS-1 para identificar e mapear as diferenças nos padrões de solos, observaram alta correlação com os mapas preparados por meios convencionais.

VALÉRIO FILHO et alii (1976) utilizando a tonalidade na caracterização de diferentes grupos de solos, concluem que é necessário a utilização dos quatro canais do MSS. Afirmam que os solos de textura arenosa, de uma maneira geral, apresentam valores de tonalidade mais altos, do que aqueles de textura argilosa, nesses canais do LANDSAT-1. Esse padrão de tonalidade é definido por SIEGAL & GOETZ (1977), como um espectro constituído de solo, rocha, vegetação e outros materiais orgânicos.

BURINGH (1960) cita que, examinando-se os elementos relacionados com as condições do solo, pode-se identificar os solos por intermédio da convergência de evidências, visto que, qualquer alteração nesses elementos pode estar relacionado com um limite de solos. Esta técnica é denominada "análise fisiográfica", e foi utilizada por ELBERSEN (1973), mostrando sua viabilidade na caracterização de solos em áreas de savanas.

HILWIG (1976) ao avaliar a interpretação visual das imagens do LANDSAT no reconhecimento de solos, salienta o uso do procedimento fotointerpretativo fisiográfico desenvolvido por BURINGH (1960).

Em um estudo na região de savanas tropicais da Colombia, FLETCHER (1977) efetuou o reconhecimento edáfico através das imagens MSS nas bandas 5 e 7, empregando a técnica de "análise fisiográfica". Este autor salienta que a banda 7, serviu para adicionar informações quando sobreposta com a banda 5 do MSS.

3.3 Clima

Segundo VALÉRIO FILHO et alii (1976), o estudo do clima de uma região é de muita importância na interpretação das imagens orbitais, pois o mesmo influencia os aspectos apresentados pelos diferentes tipos de vegetação nas imagens MSS do LANDSAT.

Os mesmos autores mencionam que as variações de clima também provocam o aparecimento de diferentes tipos de vegetação.

A necessidade de análise dos dados em todas as estações do ano é, de acordo com WEBER et alii (1972), fundamental para testar e aperfeiçoar as técnicas de classificação da cobertura vegetal. A esta observação também chegaram KAN & DILMAN (1975), ao verificarem que uma análise temporal dos dados de cobertura vegetal é superior à análise de uma única estação.

De acordo com SAFIR et alii (1973), a precisão de uma classificação no reconhecimento de tipos de vegetação, depende da época em que os dados são coletados.

TUELLER & LORAIN (1973) ao utilizarem passagens sequenciais, tanto de inverno como de verão, concluíram que há um aumento da capacidade de separação dos tipos de cobertura vegetal.

Para BORDEN et alii (1974) os dados multiespectrais coletados no verão e inverno, separadamente e em conjunto, permitem a discriminação entre espécies de coníferas e folhosas.

KAN & DILMAN (1975) verificaram que os dados das regiões do vermelho (600 a 700 nm) e do infravermelho próximo (700 a 1000 nm), das épocas de inverno e primavera, foram os melhores para a discriminação dos aspectos de florestas com folhas perenes e aciculadas daquelas de folhas decíduas e largas.

Segundo VALÉRIO FILHO et alii (1976), as diversas unidades de vegetação estudadas na região do Estado de Mato Grosso, mostram um contraste acentuado entre as épocas seca e úmida, explicado pelo maior desenvolvimento vegetativo na época em que ocorre maior disponibilidade de água para a vegetação. Esses autores concluíram que na época úmida, a vegetação apresenta contrastes mais pronunciados do que os observados na época seca.

Para SANTOS & NOVO (1977), o uso de imagens do período seco possibilita a diferenciação de tipos de cobertura vegetal com substrato de sistemas radiculares diferentes.

Muitos estudos têm sido realizados para observar a correlação existente entre os parâmetros climáticos e o desenvolvimento fenológico da vegetação, ressaltando-se ainda mais a utilidade das imagens orbitais.

LAUER (1969) observou que, a reflectância de tipos de ve-

getação varia de acordo com o desenvolvimento fenológico e morfológico da planta; assim, a seleção de uma época apropriada do ano, é um passo essencial no processo de estudo da vegetação.

WILLIAMSON (1973) cita que, o sensoriamento remoto multiespectral permite a elaboração de mapas de cobertura vegetal, seu monitoramento a curto e longo prazo, bem como a detecção de eventos fenológicos.

WIEGAND et alii (1973) estudando dados multiespectrais coletados no outono, constataram a ocorrência de contraste acentuado na resposta espectral das espécies de coníferas e folhosas, visto que estas perdem as folhas e aquelas as conservam.

Para ASHLEY & DETHIER (1973), a progressão fenológica pode ser vista em imagens MSS/LANDSAT, dos canais 5 (600 a 700 nm), e 7 (800 a 1100 nm). Segundo esses autores, as áreas florestadas observadas no canal 5, através de várias passagens do satélite apresentam tons mais claros em certos períodos, em consequência da mudança de cor pelas folhas bem como pela queda de boa parte delas. Nas imagens do canal 7, essas áreas apresentam-se cada vez mais escuras, a cada passagem próxima da época em que a cobertura vegetal é menos densa.

A análise do balanço hídrico de uma região a ser estudada permite, de acordo com VALÉRIO FILHO et alii (1976), inferir o aspecto apresentado pelos diferentes tipos de vegetação no terreno e consequentemente nas imagens orbitais.

Para SMITH & NOBEL (1977), o aumento de pêlos e a redução no tamanho das folhas de algumas plantas do deserto, no período seco, causam um decréscimo na absorvância da irradiação solar.

4 MATERIAL DO LANDSAT EMPREGADO NA IDENTIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO

As análises visual e automática dos dados multiespectrais contidos nas imagens fotográficas (em preto e branco, e composições coloridas) e nas fitas magnéticas compatíveis com computador (CCT), se complementam na caracterização de determinados alvos sensoriados. Assim, são apresentados a seguir os materiais do MSS, utilizados por diversos autores no estudo da vegetação.

HEATH & PARKER (1973) relatam que a imagem do canal 4 (região do verde) é o que oferece menos informação dentre os quatro canais; o canal 5 (região do vermelho) permite caracterizar determinados tipos de vegetação, contudo, pouca informação oferece no estudo das folhosas, as quais são melhor identificadas nos canais 6 e 7.

ELBERSEN (1973) observou que os canais 5 e 7 são os melhores para se correlacionar solo/vegetação/relevo no estudo de savanas.

Segundo CUERVO (1973) os dados dos canais 4, 5 e 6 foram de grande valia no estudo de recursos agro-florestais a partir de diapositivos na escala 1:1.000.000.

As imagens preto e branco nas escalas 1:1.000.000, 1:1.500.000 e 1:250.000, permitem segundo GREHS (1974), o mapeamento dos recursos naturais com o objetivo de estudos regionais e para VARELA (1977) estudos de inventário florestal.

De acordo com SANTOS & NOVO (1977), as imagens de baixo contraste, permitem o registro de pequenas variações da resposta do alvo, aumentando assim a separabilidade dos diferentes tipos de vegetação através da análise visual.

Para MATTOS & CUNHA (1978), a imagem preto e branco do canal 4 tem como elemento principal de identificação dos alvos, o tom fotográfico, embora não apresente contraste suficiente na delimitação dos mesmos. O canal 5, tem no tom fotográfico um critério por demais seletivo, e pelo fato de apresentar um maior contraste, as associações vegetais são facilmente identificadas. No canal 6, somente as áreas de vegetação bem distintas podem ser separadas e no canal 7 a vegetação mais densa apresenta maior reflexão, aparecendo em tons de cinza-claro na imagem.

PINTO et alii (1979) identificaram diferentes unidades fisionômicas de vegetação, a partir dos resultados obtidos da análise visual das imagens multiespectrais dos canais 5 e 7 do MSS, na escala 1:250.000 e de trabalhos de verificação de campo.

Para WILLIAMSON (1973), no mapeamento da vegetação as composições coloridas dos canais 4, 5 e 7, na escala 1:250.000, forneceram grande quantidade de informações adicionais às obtidas das imagens preto e branco na escala 1:1.000.000.

SALAS et alii (1973) concluíram que o uso de composições coloridas infravermelha (falsa cor), permite determinar mais exatamente as variações tonais e suas correlações com a associação vegetal, devido à absorção pela clorofila das plantas na faixa do visível e reflexão na faixa do infravermelho.

WILLIAMS & COINER (1975), utilizaram composições coloridas das bandas 5 e 7, na escala 1:1.000.000, para a interpretação dos limites de vegetação.

ASHLEY & DETHIER (1973) citam que os dados armazenados em fitas CCT para as quatro bandas do MSS, são eficazes no estudo da reflectância espectral da cobertura vegetal e das variações que ocorrem na fenologia da massa foliar.

De acordo com SAYN-WITTGENSTEIN & KALENSKY (1974), os dados digitais contidos em fitas CCT, são superiores em qualidade aos dados de imagens fotográficas na identificação dos padrões de florestas.

No estudo do uso da terra através do processamento automático, ODENYO & PETTRY (1977), ressaltam que os dados digitais em original contidos nas fitas CCT, fornecem a máxima informação radiométrica.

5 MÉTODOS DE ANÁLISE DOS PRODUTOS DO LANDSAT

Neste item é mostrado uma coletânea de metodologias de interpretação visual e automática, empregadas por diversos autores no estudo de vegetação.

5.1 Interpretação visual

De acordo com ANUTA et alii (1971), as imagens multiespectrais oferecem um meio de medir as variações espectrais na energia refletida dos alvos, em adição à variação espacial.

Para HOFFER (1972b) e ESTES & SIMONETT (1975), os elementos básicos incluídos nas imagens, tais como tamanho, forma, sombra, tom ou cor, textura e padrão devem ser considerados na interpretação. PEREZ & GARCIA (1977) acrescentam, a esses parâmetros,

a localização, a associação de minúcias e a resolução apresenta da na imagem.

O contraste na imagem, é para LAUER (1969), o critério principal que define a interpretação dos dados sensoriados.

Para NICHOLS (1973), GREHS (1974), GIMBARZEVSKY (1974) e SANTOS (1976), os critérios de interpretação baseiam-se em diferenciação de tonalidade e textura.

De acordo com CARTER & STONE (1974) e ESTES & SIMONETT (1975) para a escala das imagens orbitais, a textura fotográfica constitui um fator interpretativo muito importante. MAXWELL (1975b) acrescenta ainda, a distribuição espacial.

Para CARTER & STONE (1974) e FLETCHER (1977), o procedimento usado na interpretação de fotografias aéreas pode ser igualmente aplicado na análise de imagens orbitais. HOFFER et alii (1966) e BROONER et alii (1971), ressaltam que muitos dos princípios utilizados na fotointerpretação convencional não se aplicam aos dados sensoriados multiespectralmente.

Segundo HARALICK & SHANMUGAM (1974), as feições espectrais, texturais e de contexto são usadas na interpretação visual. As feições espectrais descrevem as variações tonais entre as diferentes bandas; as feições texturais contêm informações sobre a distribuição espacial dos valores tonais dentro da banda espectral; e as feições de contexto contêm dados acerca das áreas que envolvem a unidade que está sendo analisada.

ESTES & SIMONETT (1975) citam que, as características tais como a forma, tamanho, tom, sombra, padrão e textura de uma imagem multiespectral devem ser analisadas juntamente com conhecimento do local de estudo.

Para SCHWARZ & GAYDOS (1975), na interpretação visual faz-se a comparação de gradações de cinza na imagem, quando a paisagem é pouco complexa e a resposta espectral é uniforme para grupos de pixels*

Para PINTO et alii (1979) o principal aspecto interpretativo nas imagens, utilizado para a separação de unidades fisionômicas

(*) *Pixel: menor elemento de resolução no terreno, e de dimensão aproximada de 57 m x 79 m.*

micas da vegetação, principalmente no canal 5 do MSS, é a tonalidade.

5.2 Interpretação Automática

O volume de dados obtidos e acumulados pela técnica de sensoriamento multiespectral exige métodos avançados de interpretação, como o é a análise automática, que otimiza segundo LAUER (1969), o processo de extração de informações das imagens orbitais.

Para NICHOLS (1973), o computador pode fazer uma eficiente análise das informações espectrais, ponto por ponto, oferecendo maiores minúcias na classificação de áreas agrícolas ou florestadas, com alto grau de acuracidade.

ERICKSON (1975) ressalta que o processamento automático, pode ser feito em tempo quase real, isto é, antes que as informações contidas nos dados orbitais possam perder significativamente o valor. Os resultados da análise automática podem desta forma ser correlacionados rapidamente aos dados convencionais.

ANUTA et alii (1971) descrevem três passos fundamentais para uma análise automática: pré-processamento dos dados; seleção de áreas de treinamento e análise das assinaturas; e classificação automática e avaliação dos resultados.

No desenvolvimento de métodos de classificação automática empregados no estudo de vegetação, é necessário, de acordo com GOODENOUGH & SCHLIEN (1974): verificar se as classes de cobertura vegetal, são individualmente distinguíveis; selecionar características próprias para sua discriminação; e adotar um método de decisão, para definir a que classe pertence o elemento analisado.

Para SIMONETT (1974), o reconhecimento de padrões envolve a entrada de padrões iniciais, o pré-processamento, a extração dos aspectos espectrais, a decisão de classificação e o produto dessa classificação como saída.

HAJIC & SIMONETT (1976) mencionam que a extração de informações dos dados do MSS pode ser feita através de áreas de treinamento (classificação supervisionada) ou agrupamento (classificação não supervisionada).

WATSON & ROWAN (1971) e SMEDES et alii (1971) ressaltam que o levantamento das informações através dos dados do MSS, pode ser feita pelo emprego de classificação supervisionada das áreas de treinamento. Estas, foram definidas por HAJIC & SIMONETT (1976), como sendo pequenas amostras identificáveis na imagem e usadas para gerar confiabilidade estatística, na regra de decisão utilizada na classificação.

Para ROTH & BAUMGARDNER (1971), a dimensão da área de treinamento tem influência na correlação da reflectância do solo e o conteúdo de matéria orgânica.

SMEDES et alii (1971) afirmam que a área de estudo, é classificada com base na similaridade da assinatura espectral, obtida de áreas de treinamento representativas das classes a serem reconhecidas.

Um dos poucos trabalhos que relacionam o tamanho da área de treinamento com a precisão dos resultados é o de ROTH & BAUMGARDNER (1971), no qual a dimensão da área de treinamento tem influência quando se deseja correlacionar a reflectância do solo e o conteúdo de matéria orgânica.

MURINE (1975) estudando o efeito do tamanho da área de treinamento na classificação dos dados multiespectrais, menciona que, teoricamente, admitindo uma grande distribuição normal na Natureza e infabilidade no equipamento, a curva é exponencial a uma classificação correta, quando o tamanho da amostra tende ao infinito. Para um caso ideal, continua o autor, a classificação perfeita é obtida com qualquer série de treinamento não nula, enquanto na prática, a curva pode ser esperada entre os dois casos.

Para CIBULA (1975), é necessário selecionar áreas de treinamento muito pequenas, para cobrir os indivíduos mais isolados, e permitir que os resultados sejam suficientes para reproduzir a confiança estatística adequada.

DODGE JR. & BRYANT (1976), utilizaram áreas de treinamento com dimensões de cerca de 12 pixels, para obtenção das assinaturas espectrais dos vários tipos de cobertura vegetal, nas quatro bandas do sensor MSS.

Em termos de classificação automática não supervisionada, HOFFER et alii (1972), relatam que através da técnica de agru-

pamento ("clustering"), o analista não é responsável pela atribuição da categoria espectral apresentada pelos dados. Esta técnica, segundo a NASA (1975) e FONTANEL et alii (1975), evita a necessidade de selecionar, previamente, as áreas de treinamento.

Para HEATH & PARKER (1973), é necessário refinamentos na técnica de agrupamento utilizada ao se classificar áreas com florestas.

O método de classificação não supervisionada, de acordo com MONGET & ROUX (1975), abrange três etapas: redução da dimensionalidade, classificação de canais e agrupamento de medidas de reflectância espectral.

Outra técnica utilizada na classificação automática é a de máxima verossimilhança (MAXVER), que segundo CRANE (1971), permite o reconhecimento dos alvos com alto grau de acuracidade. Para CARVALHO (1978), esse método parte da suposição de que uma determinada classe depende de sua frequência de ocorrência.

SMEDES et alii (1971) estudando a área do "Yellowstone National Park", concluíram que as funções de pré-processamento fornecem resultados com maior precisão e requerem poucas áreas de treinamento. Essa metodologia apresenta os seguintes passos: seleção de áreas de treinamento; elaboração de mapa da área baseado na assinatura espectral; comparação do mapa com os dados de campo, verificando a ocorrência de classificação errada; e repetição dos passos anteriores, até a obtenção de mapa final com precisão satisfatória.

SCHRUMPF (1973) fez uso de funções de pré-processamento (razão entre os canais), e alcançou melhores resultados na separação de pastagem natural, savanas, chaparral, bosque e floresta, levando em consideração os aspectos do terreno.

Para SAFIR et alii (1973), a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal através da análise automática, depende da sua uniformidade e maturidade.

BORDEN et alii (1974) utilizaram, satisfatoriamente, técnicas de análise supervisionada e não supervisionada, separadamente e em conjunto, para obtenção de assinaturas espectrais de diferentes tipos de vegetação.

5.3 Verificação de campo

Os dados de campo são, para BENSON et alii (1971), componentes essenciais, à familiarização da área de interesse, além de proporcionar a base para a interpretação das imagens e a avaliação dos resultados.

Para DRAEGER & CARNEGGIE (1974), CURTIS & HOOPER (1974) e KALENSKY & WILSON (1975), a aquisição de dados de campo é quase sempre indispensável para testar a precisão da análise dos dados sensorizados, pois fornece inúmeras informações acerca das características de determinado alvo.

MURINE (1975) e HILWIG (1976) recomendam a verificação de campo após a interpretação visual, para otimizar os resultados.

Para BARRET & CURTIS (1976), a coleta de informações deve ser feita em áreas, cuja seleção obedeceu a critérios como objetivo do estudo, tamanho da amostragem e facilidade de acesso.

De acordo com BONN (1977), o termo "verdade terrestre" é geralmente usado para a verificação de campo, a fim de testar a validade das deduções do fotointérprete e permitir possíveis correções.

A extensão do trabalho de campo está relacionada, segundo HAJIC & SIMONETT (1976), à faixa em que opera o sensor utilizado para a coleta de informações espectrais.

Para WILLIAMSON (1973), a interpretação inicial dos padrões de vegetação deve basear-se em trabalhos de campo.

De acordo com DRAEGER & CARNEGGIE (1974), as observações das condições do alvo, bem como, forma e aparência, na época do imageamento, propiciam informações suplementares, que facilitam o reconhecimento dos alvos.

Para KUCHLER apud WILLIAMS & COINER (1975), o trabalho de campo é recomendado para a verificação dos limites de diferentes tipos de cobertura vegetal.

Segundo KALENSKY & WILSON (1975), o arranjo espacial e a morfologia da cobertura vegetal devem ser observados no campo, pois são características que podem definir a resposta espectral da vegetação em estudo.

SANTOS & NOVO (1977), concluíram que na área sudeste da Amazonia Legal, a identificação dos vários tipos de cobertura vegetal, só foi possível através da coordenação de informações da imagem com os dados de campo.

6 PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE CERRADO

A metodologia que se pretende criar a partir dos dados do MSS do LANDSAT, para a caracterização das formas de Cerrado, de verá basear-se nas análises visual e automática, e na verificação de campo.

6.1 Formas de Cerrado

Muitos autores divergem quanto à classificação das unidades fisionômicas que compõem os Cerrados.

Para EITEN (1976), é necessário conhecer um por um dos tipos de vegetação que ocorrem no Brasil Central, a fim de se estabelecer aqueles que devem ser incluídos no conceito geral do Cerrado. Comenta ainda, que o Cerrado pode ocorrer em várias densidades, desde os cerradões caracterizado pela predominância de árvores de mais de 7 metros de altura, até os campos limpos com predominância do estrato herbáceo.

FERRI (1975) menciona que, em sentido genérico, o Cerrado é um grupo de formas de vegetação que se apresenta segundo um gradiente crescente de biomassa, no sentido de campo sujo de cerrado, campo cerrado, cerrado e cerradão.

Tendo em vista essa controvérsia, foi realizado um estudo sobre a definição, o comportamento da vegetação dos Cerrados e fatores ambientais a ela interligados (AOKI & SANTOS, 1979), no qual, as formas de Cerrado estão assim definidas:

a) Cerradão: é um tipo de floresta, sendo sua vegetação mais baixa e menos densa que a maioria das florestas. As árvores apresentam altura superior a 7 metros e cobertura do solo variando de 30% ou mais. Algumas espécies do tipo florestal ocorrem no Cerrado, contudo, não há presença de cipós e epífitas, o

que permite a fácil locomoção entre o arvoredo. Quase todas as espécies arbóreas e arbustivas são as mesmas que ocorrem no Cerrado em geral. Assim, pode-se dizer como FERRI (1977), que o cerrado é, do ponto de vista fisionômico, uma floresta, mas, do ponto de vista florístico, um Cerrado.

b) Cerrado: uma das suas principais características é a presença de árvores e arbustos, cujos troncos e galhos são tortuosos recobertos de súber espesso. Em geral, as folhas são grandes, sendo algumas coriáceas. As cascas apresentam-se engrossadas, fendilhadas, geralmente sem espinhos. Outra característica da forma cerrado, é a capacidade de sua vegetação suportar as queimadas, às vezes freqüentes, em virtude da existência de súber espesso que protege a zona cambial.

c) Campo cerrado: caracteriza-se pela presença de pequenas árvores, arbustos baixos e espaçados, disseminados sobre uma sinúsia herbácea em que predominam gramíneas. Sua flora arbórea-arbustiva mais alta, pode atingir 3 metros, integrada por indivíduos bastante espaçados entre si.

d) Campo sujo de cerrado: pode ser considerado um campo cerrado degradado, conseqüência da ação do homem ou do fogo, caracterizado pela presença de pequenas árvores e sinúsia herbáceo-arbustiva como a da forma cerrado.

6.2 Material do LANDSAT

Com base na revisão bibliográfica, recomenda-se a utilização dos produtos discriminados a seguir.

TABELA 1 - Material do LANDSAT no estudo das formas de Cerrado

PRODUTOS	CANAIS	ESCALAS
imagens fotográficas preto e branco	4, 5, 6 e 7	1:500.000
imagens fotográficas preto e branco	4, 5, 6 e 7	1:250.000
composição colorida	infravermelho	1:500.000
Fitas CCT	-	-

Os produtos em papel nos diferentes canais e escalas foram utilizados por GREHS (1974), NOSSEIR et alii (1975), VALÉRIO FILHO et alii (1976) e SANTOS & NOVO (1977), comprovando-se a sua eficácia nos estudos dos Cerrados.

A utilização das fitas CCT deve dinamizar a metodologia de interpretação, visto que a análise automática otimiza o processo de extração de informações das imagens, e os dados contidos em original, fornecem a máxima informação radiométrica.

Os produtos do LANDSAT devem ser analisados em duas épocas distintas, correspondentes ao período seco e chuvoso, para a obtenção de padrões espectrais.

A seleção destas épocas, está baseada na citação de DRAEGER et alii (1971), de que o desenvolvimento sazonal que ocorre com a cobertura vegetal, deve ser levado em consideração.

Devem ser utilizados também, materiais de apoio como mapas básicos convencionais (solo, vegetação), dados climáticos da região e fotografias aéreas.

6.3 Métodos

A seguir é indicada a metodologia de análise visual e automática, bem como de verificação de campo.

6.3.1 Análise visual

Para a caracterização das diferentes unidades fisionômicas dos Cerrados, devem ser utilizados os critérios de tonalidade e textura fotográfica, de acordo com GREHS (1974). Estes dois padrões parecem ser os mais promissores na separação deste tipo de vegetação, apesar de NOSSEIR et alii (1975), VALÉRIO FILHO et alii (1976) e SANTOS & NOVO (1977), terem utilizado apenas o padrão tonalidade.

A delimitação das áreas contendo cada forma de Cerrado, deverá englobar áreas homogêneas, ou seja, aquelas que apresentam resposta espectral semelhante (SIMONETT, 1974).

Nessa fase, devem ser elaborados esboços da cobertura vegetal, rede de drenagem e relevo, para juntamente com o mapa de

solos e informações de campo, obter parâmetros que contribuam na caracterização de cada forma nas imagens.

6.3.2 Verificação de campo

Os resultados da interpretação preliminar devem ser devidamente avaliados e aferidos, através de verificação de campo, para propiciar o embasamento indispensável ao desenvolvimento dos trabalhos subseqüentes, de interpretação visual e automática.

Esta etapa deve ser desenvolvida nos períodos de chuva e de seca, para verificar a influência das possíveis mudanças do comportamento vegetativo, na resposta espectral das formas de Cerrado nas imagens orbitais.

Segundo COOPER (1966), o trabalho de campo deve constar de: classificação geral e verificação das propriedades específicas da área e dos alvos; e distribuição dos alvos dentro da área. A cobertura vegetal será analisada, levando-se em consideração as classes de relevo e tipos de solos mais representativos.

Além do objetivo do estudo e a facilidade de acesso aos locais de verificação de campo, citados por CURTIS & HOOPER (1974), devem ser considerados a exigüidade de tempo, e principalmente, o nível de detalhes que se deseja alcançar. Daí a importância da necessidade de conhecer cada forma, em termos de porcentagem de cobertura vegetal dos vários estratos (arbóreo, arbustivo e herbáceo) conforme citações de MYERS & ALLEN (1968), TUCKER et alii (1975) e SIEGAL & GOETZ (1977).

As observações de trabalho de campo devem servir não só para confirmação da análise visual preliminar, mas também para a seleção de áreas de treinamento a serem utilizadas na interpretação automática.

O tamanho, o formato e o número de áreas de treinamento, representativas de cada forma de Cerrado, devem ser estudadas adotando-se procedimentos próprios conforme o caso. Porém, de acordo com CURTIS & HOOPER (1974), isto depende da confiabilidade estatística, da facilidade de acesso e principalmente, da escala a ser utilizada no trabalho.

O emprego de fotografias aéreas convencionais, durante o trabalho de campo, é de grande valia, pois conforme PAIJAMS (1966), elas possibilitam a caracterização da vegetação tropical, nas escalas 1:20.000 a 1:50.000.

A técnica de fotografar a vegetação no campo, proporciona um registro visual das suas condições fenológicas.

Para DRAEGER & CARNEGGIE (1974), o uso de fotografias, acompanhadas da descrição das variações sofridas por vários alvos, permite a análise de suas características.

Como o comportamento da vegetação está intimamente ligado aos fatores ambientais (AOKI & SANTOS, 1979), devem ser registradas observações sobre a topografia do local e tipo de solo.

6.3.3 Análise automática

A análise automática dos dados contidos nas fitas CCT, a ser efetuada no sistema IMAGE-100, (General Electric Company, 1975) é para SCHALLER & TOWLES (1975), um sistema de processamento automático utilizado na extração de informações existentes nos dados sensoriados multiespectralmente, operando no princípio geral de que todos os objetos ou materiais possuem característica ou assinatura espectral própria.

Este sistema deverá utilizar a assinatura de cada forma de Cerrado e identificar os aspectos similares na imagem, ou na área de interesse, pela análise das assinaturas nas várias bandas de frequência.

As fitas CCT das passagens de época chuvosa e seca, devem corresponder àquelas utilizadas na interpretação visual.

As fases de interpretação devem ser as mencionadas por ANUTA et alii (1971):

- pré-processamento dos dados;
- áreas de treinamento e análise da assinatura; e
- classificação automática e avaliação dos resultados.

As assinaturas espectrais das formas de Cerrado, nas respectivas passagens analisadas, serão obtidas a partir das áreas de treinamento.

O tamanho das áreas de treinamento pode não possuir dimensão constante. Porém, o limite teórico inferior do número de pixels utilizado para treinamento de qualquer classe é $n + 1$, onde n é o número de canais utilizados pelo classificador, sendo o limite prático inferior cerca de $10 n$.

A escolha das dimensões será função da extensão de cada forma de Cerrado, evitando-se englobar parte de outros alvos, pois segundo MURINE (1975), as diferenças no tamanho da amostra não afetam, em geral, a significância do resultado, desde que sejam absolutamente representativas do alvo em estudo. Para MAXWELL (1975b), na imagem a vegetação natural apresenta gradações de cinza, havendo a necessidade de adotar procedimentos próprios na seleção dessas áreas, para serem representativas.

Assim, deve-se utilizar o sistema MAXVER (VELASCO et alii, 1978) implementado no IMAGE-100, cujo critério de classificação é o de máxima verossimilhança ("Maximum Likelihood"). Este sistema divide-se em duas etapas: seleção das áreas de treinamento e classificação das classes. Além disso, esse sistema apresenta a vantagem de permitir a cada passo classificatório, a avaliação dos resultados. Outra vantagem é o uso da "Matriz de Classificação", que possibilita ao usuário, ter uma previsão da classificação, com a estimativa do tipo e percentual de erros na classificação,

Essa previsão é função do "limiar*" pré-estabelecido. Assim, quanto menor o "limiar", maior o rigor da classificação, podendo variar de 1 a 9. Em estudos de vegetação, o "limiar" 5 é o recomendado por SANTOS et alii (1979), dado que, este valor proporciona uma diminuição de pontos não classificados, em relação a "limiares" inferiores.

Quando a matriz de classificação não apresenta resultados satisfatórios, pode-se recorrer ao programa "Análise das Amostras" (VELASCO et alii, 1978), que permite a subtração e ou aquisição de novas amostras de treinamento.

(*) Limiar - é um parâmetro utilizado pelo sistema MAXVER que determina o nível de rejeição - quando o ponto é considerado não classificado - empregado pelo algoritmo de classificação. Quanto maior o limiar menor o nível de rejeição.

7 CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica sobre o comportamento espectral da vegetação e dos fatores ambientais a ela interligados, se constitui na fase preliminar fundamental nos estudos de identificação e caracterização das diferentes unidades fisionômicas do Cerrado, através de dados orbitais.

As formas de Cerrado apresentam diferentes taxas de biomassa, em função dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. Assim, a característica multiespectral apresentada pelas imagens do satélite LANDSAT, deverá permitir a discriminação das diferentes unidades ou formas.

As metodologias de análise visual e automática, e de verificação de campo, poderão sofrer uma adequação devido à heterogeneidade dos Cerrados. Essa flexibilidade, é substanciada em MEJIA et alii (1977), que recomenda cuidado no manuseio de informações e a não aplicabilidade de uma metodologia padrão no estudo de inventário da vegetação natural.

Portanto, o sensoriamento remoto a nível orbital, não só deve permitir a caracterização das formas de Cerrado, mas também o contínuo monitoramento das suas transformações, propiciando conseqüentemente, eficiente planejamento para o uso da terra e elaboração de planos adequados para a exploração racional dos Cerrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUTA, P.E.; KRISTOF, S.J.; LEVANDOWSKI, D.W.; PHILLIPS, T. L.; MAC DONALD, R.B. 1971. Crop, soil, and geological mapping from digitized multispectral satellite photography. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v. 3, p. 1983-2016.
- AOKI, H. & SANTOS, J.R. dos 1979. Fatores ambientais dos Cerrados e imagens orbitais. *Bol. Téc. IF, S. Paulo*, 31:1-69.
- ASHLEY, M.D. & DETHIER, B.E. 1973. Phenological determinations from satellite and terrestrial sensor systems. In: PANAMERICAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 1., Panamá. Proceedings. p. 137-146

- BARRET, E.C. & CURTIS, L.F. 1976. Forestry and ecological studies. In: INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL REMOTE SENSING. London, Chapman and Hall. Cap. 15, p. 286-299.
- BAUMGARDNER, M.F. & HENDERSON JR., J.A. 1973. Mapping soils, crops, and rangelands by machine analysis of multitemporal ERTS-1. Indiana, Purdue University, Laboratory for Applications of Remote Sensing (LARS Information note 12-11-73).
- BENSON, A.S.; DRAEGER, W.C.; PETTINGER, L.R. 1971. Ground data collection and use. *Photogrammetric Engineering*, 37 (11): 1159-1166.
- BOMBERGER, E.H. & DILL JR., H.W. 1960. Photointerpretation in agriculture. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of photographic interpretation*. Washington, D.C. Cap. 11, p. 161-632.
- BONN, F.J. 1977. Ground truth measurements for thermal infrared remote sensing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(8) 1001-1007.
- BORDEN, F.Y.; MEREMBECK, B.F.; THOMPSON, D.N.; TURNER, B.J.; WILLIAMS, D.L. 1974. Classification and mapping of coal refuse, vegetative cover types, and forest types by digital processing ERTS-1 data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v.1, p. 133-152.
- BROONER, W.G.; HARALICK, R.M.; DINSTEIN, I. 1971. Spectral parameters affecting automated image interpretation using Bayesian Probability Techniques. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v.3, p. 1929-1949.
- BURINGH, P. 1960. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of photographic interpretation*. Washington, D.C. Cap. 11, App. A, p. 633-666.
- CARTER, L.D. & STONE, R.O. 1974. Interpretation of orbital photographs. *Photogrammetric Engineering*, 40(2): 193-197.
- CARVALHO, V.C. de. 1978. Apresentação de uma sistemática para análise de dados multiespectrais. São José dos Campos, INPE. (INPE-1227-NTE/115).

- CIBULA, W.G. 1975. Computer implemented classification of vegetation using aircraft acquired multispectral scanner data. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings. v. 1-A, p. 183-201.
- COOPER, C.F. 1966. Potential applications of remote sensing to ecological research. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Selected papers on remote sensing of environment*, p. 1-6.
- CRANE, R.B. 1971. Preprocessing techniques to reduce atmospheric and sensor variability in multispectral scanner data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7. Ann Arbor, Mich. Proceedings. v.2, p. 1345-1355.
- CUERVO, S.L. 1973. Estudio de recursos naturales agroforestales. In: SIMPOSIO PANAMERICANO SOBRE SENSORES REMOTOS, 1, Panamá. Memorias. p. 90-96.
- CURTIS, L.F. & HOOPER, A.J. 1974. Ground truth measurements in relations of aircraft on satellites studies of agricultural land use and land classification in Britain. In: ESRO *European Earth - Resources Satellite Experiments: Symposium held at Frascati. Italy. Proceedings.* p. 405-415.
- DODGE JR., A.G. & BRYANT, E.S. 1976. Forest type mapping with satellite data. *Journal of Forestry*, 74(8): 526-531.
- DRAEGER, W.C. & CARNEGGIE, D.M. 1974. Test procedures for remote sensing data. *Photogrammetric Engineering*, 40(2): 175-182.
- DRAEGER, W.C.; PETTINGER, L.R.; BENSON, A.S. 1971. The use of small scale aerial photography in a regional agricultural survey. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v. 2, p. 1205-1217.
- EDWARDS, D. 1972. Remote sensing in the evaluation of the natural vegetation resources of South Africa. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING. Pretoria. Proceedings. p. 99-102.
- EITEN, G. 1976. Delimitação do conceito de Cerrado. *Boletim Geográfico*, 249.
- ELBERSEN, G.W.W. 1973. Interpretation of ERTS-MSS images of a savana area in Eastern Columbia. In: NASA *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1*, New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1-A, p. 105-109.

- ERICKSON, J.D. 1975. Advances in automatic extraction of earth resources information from multispectral scanner data. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*. Houston, Tex. Proceedings. v. 1-B, p. 1245-1274.
- ESTES, J.E. & SIMONETT, D.S. 1975. Fundamentals of image interpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of Remote Sensing*. Falls Church, Va. v.2, cap. 14, p.869-1076.
- FERRI, M.G. 1975. Os cerrados de Minas. *Ciência e Cultura*, 27 (11): 1217-1220.
- _____. 1977. Ecologia dos cerrados. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, Brasília, DF. p. 15-36.
- FLETCHER, A.G. 1977. Las técnicas de percepción remota y su utilización en Colombia. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES. Mexico. Memorias. p. 437-464.
- FONTANEL, A.; BLANCHET, C.; LALLEMAND, C. 1975. Enhancement of LANDSAT imagery by combination of multispectral classification and principal component analysis. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings.
- GATES, D.M.; KEEGAN, H.J.; SCHLETTER, J.C.; WEIDNER, V.R. 1965. Spectral properties of plants. *Applied Optics*, 4(1): 11-20.
- GATES, D.M. 1970. Physical and physiological properties of plants. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES *Remote sensing with special reference to agriculture and forestry*. Washington, D. C. Cap. 5, p. 224-252.
- GAUSMAN, H.W. & CARDENAS, R. 1968. Effect of pubescence on reflectance of light. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 5., Ann Arbor, Mich. Proceedings. p. 291-297.
- GAUSMAN, H.W.; ALLEN, W.A.; CARDENAS, R.; RICHARDSON, A.J. 1970. Relations of light reflectance to histological and physical evaluations of cotton leaf maturity. *Applied Optics*, 9(3): 545-552.
- GAUSMAN, H.W.; CARDENAS, R.; GERBERMAN, A.H. 1974. Plant size, etc., and aerial film. *Photogrammetric Engineering*, 40(2): 61-68.
- GAUSMAN, H.W. 1974. Leaf reflectance of near infrared. *Photogrammetric Engineering*, 40(2): 183-192.
- GENERAL ELECTRIC COMPANY. 1975. *Image-100 Interactive Multispectral Image Analysis*. (User Manual). Daytona.

- GIMBARZEVSKY, P. 1974. ERTS-1 imagery in biophysical studies. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 2., Guelph. Proceedings. v. 2, p. 392-407.
- GOODENOUGH, D. & SHLIEN, S. 1974. *Automatic classification methodology*. Ottawa, Canada Center for Remote Sensing, Department of Energy, Mines and Resources.
- GREHS, S.A. 1974. Interpretação das imagens do satélite ERTS-1 da região de Brasília. In: CONGRESSO DE GEOLOGIA, 28º, Porto Alegre. Anais. v. 4, p. 165-171.
- HAJIC, E.J. & SIMONETT, D.S. 1976. Comparisons of qualitative and quantitative image analysis. In: LINTZ JR., J.; SIMONETT, D.S., ed. *Remote Sensing of Environment*. London, Addison-Wesley. Cap. II, part 3, p. 374-411.
- HARALICK, R.M. & SHANMUGAM, K.S. 1974. Combined spectral and spatial processing of ERTS imagery data. *Remote Sensing of Environmental*, 3(1): 3-13.
- HEATH, G.R. & PARKER, H.D. 1973. Forest and range mapping in the Houston area with ERTS-1 data. In: NASA Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite - 1. New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1.A, p. 167-172.
- HERNANDEZ FILHO, P. & SHIMABUKURO, Y.E. 1978. *Estabelecimento de metodologia para a avaliação de povoamentos florestais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE (INPE 1271-IPT/089).
- HILWIG, F.W.; GOOSEN, D.; KATSIERIS, D. 1974. Preliminary results of the interpretation of ERTS-1 imagery for a soil survey of the Merida Region, Spain. *ITC Journal*, 3: 289-312.
- HILWIG, F.W. 1976. Visual interpretation of LANDSAT imagery for a reconnaissance soil survey of the Ganges River Fan, south-west of Hardwar, India. *ITC Journal*, 1: 26-43.
- HOFFER, R.M.; HOLMES, R.A.; SHAY, J.R. 1966. Vegetation, soil and photographic factors affecting tone in agricultural remote multispectral sensing. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 4., Ann Arbor, Mich., Proceedings. p. 115-134.

- HOFFER, R.M.; ANUTA, P.E.; PHILIPS, T.L. 1972. Applications of ADP techniques to multiband and multiemulsion digitized photography. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind. p. 1-19 (LARS Information Note 091071).
- HOFFER, R.M. & JOHANNSEN, C.J. 1972. Ecological potentials in spectral signature analysis. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind. p. 1-26.
- HOFFER, R.M. 1972a. Interpretation of remote sensor imagery. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind. p. 1-3.
- _____ 1972b. Physical basis for remote sensing. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind. p. 1-8.
- _____ 1972c. Spectral characteristics of natural resource materials. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind.
- IDSO, S.B. & WIT, C.T. de. 1970. Light relations in plant canopies. *Applied Optics*, 9(1): 177-184.
- KALENSKY, Z. & WILSON, D.A. 1975. Spectral signature of forest trees. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 3., Edmonton. Proceedings. p. 155-171.
- KAN, E.P. & DILMAN, R.D. 1975. Timber types separability in south-eastern United States on LANDSAT-1 MSS data. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings. v. 1-A, p. 135-157.
- KING, R.B. & RAINS, A.B. 1974. A comparison of ERTS imagery with conventional aerial photography for land-resource survey in less developed countries. Examples from the Rift Valley Lakes Basin, Ethiopia. In: EROS *European Earth-Resources Satellite Experiments*: Symposium held at Frascati, Italy. Proceedings. p. 371-379.
- KUMAR, R. 1972. *Radiation from plants - reflection and emission: a review*. Indiana, Purdue University, 87p.
- LANDGREBE, D.A. 1972. Systems approach to the use of remote sensing. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications*. Lafayette, Ind. p. 1-40 (LARS Information Note 041571).
- Bol. Técn. IF, São Paulo, 34(2):83-127, dez. 1980.*

- LAUER, D.T. 1969. Multispectral sensing of forest vegetation. *Photogrammetric Engineering*, 35(4): 346-354.
- MALLAN, O.G. 1974. The application of ERTS results in the Republic of South Africa. In: COSPAR. *Seminar on space applications of direct interest to developing countries*. São José dos Campos, INPE, v.2, p. 52-53.
- MATTOS, J.T. & CUNHA, R.P. 1978. *Aplicação de sensores remotos com ênfase em imagens LANDSAT, em mapeamento geológico regional, no norte de Minas Gerais*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE (INPE 225 - TPT/083).
- MAXWELL, E.L. 1975a. Applications of ERTS to rangeland management. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, Tenn., University of Tennessee. v.4, p. 105-135.
- _____. 1975b. Information theory applied to remote sensing. In: SHAKROKHI, F., ed., *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, Tenn., University of Tennessee. v. 4, p. 43-67.
- MEJIA, C.; LOZANO, F.; SOTO, M.; DIEZ, J.A. 1977. Advance en el inventario de la vegetation de Vera Cruz de la zona cafetaleira de Jalapa-Coatepec. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES, México. Proceedings. p. 217-228.
- MONGET, J.M. & ROUX, P. 1975. An unsupervised classification of multispectral scanner data using correspondence analysis (CLAMS). In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings., v. 1-3, p. 1237-1244.
- MORAIN, S.A. 1974. Interpretation and mapping of natural vegetation. In: ESTES, J.E.; SENGGER, L.W. *Remote sensing: techniques for environmental analysis*. St.^a Barbara, Cal. p. 127-165.
- MURINE, G.E. 1975. The effects of varying training set size on multispectral scanner data classification. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, Tenn., University of Tennessee. v.4, p. 743-758.
- MYERS, V.I. & ALLEN, W.A. 1968. Electrooptical remote sensing methods as nondestructive testing and measuring techniques in agriculture. *Applied Optics* 7(9): 1819-1838.

- MYERS, V.I. & HEILMAN, M.D. 1969. Thermal infrared for soil, temperature studies. *Photogrammetric Engineering*, 35(10): 1024-1032.
- NASA. 1975. Summary of the active microwave remote sensing of earth/land. In: _____. *Active microwave workshop report*. Washington, D.C. Cap. 2, part c, p. 97-125.
- NICHOLS, J.D. 1973. Combining human and computer interpretation capabilities to analyse ERTS imagery. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, New Carrollton, MC. Proceedings. v. 1-B, p. 1205-1210.
- NOSSEIR, M.K. & PALESTINO, C.V.B. 1973. *Revisão bibliográfica sobre propriedades espectrais de vegetais*. São José dos Campos, INPE.
- NOSSEIR, M.K. & PALESTINO, C.V.B.; BATISTA, G.T. 1975. *Mapeamento de vegetação natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (Região Centro-Leste do Brasil) através de imagens MSS do ERTS-1*. São José dos Campos, INPE (INPE Lape - 617).
- ODENYO, V.A.O. & PETTRY, D.E. 1977. Land use mapping by machine processing of LANDSAT-1 data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(4): 515-524.
- PAIJMANS, K. 1966. Typing of tropical vegetation by aerial photographs and field sampling in Northern Papua. *Photogrammetria*, 21(1): 1-25.
- PARKS, W.L. & BODENHEIMER, R.E. 1973. Delineation of major soil associations using ERTS-1 imagery. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1-A, p. 121-126.
- PEREZ, J.A.D. & GARCIA, F.R. 1977. Investigación del uso de la información LANDSAT en la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES. México. Memorias. p. 281-291.
- PINTO, J.H.D.; SANTOS, J.R. dos; CHIANG, L.C.; NIERO, M.; PINTO, S. dos S.F.; CARVALHO, V.C. de. 1979. *Levantamento integrado dos recursos naturais da área do Parque Nacional da Amazônia*.

- nia (Tapajós), baseada nas imagens MSS do LANDSAT. São José dos Campos, INPE (INPE-1577 - RPE/074).
- RICHARDSON, A.J.; WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J. A.; GERBERMANN, A. 1975. Plant, soil, and shadow reflectance components of row crops. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(11): 1401-1407.
- RODRIGUES-BEJARANO, D. 1975. Density slicing applied to forest type delineation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(8): 1029-1042.
- ROTH, C.B. & BAUMGARDNER, M.F. 1971. Correlation studies with ground truth and multispectral data: effect of size of training field. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v.2, p. 1043-1414.
- SAFIR, G.R.; MYERS, W.L.; MALILA, W.A.; MORGENSTERN, J.P. 1973. Application of ERTS-1 data to analysis of agricultural crops and forests in Michigan. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1-B, p. 173-180.
- SALAS, F.; PINEDA, M.; ARISMENDI, A. 1973. Photointerpretation of ERTS-A multispectral images analysis of vegetation and land use for the Valencia Lake Basin Region. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C., Proceedings. v.1, sec. A, p. 585-593.
- SANTOS, J.R. dos 1976. *Utilização de imagens do LANDSAT e fotografias do Skylab, para o levantamento de vegetação, relevo e caracterização de áreas de maior potencial agrícola no sul do Estado do Espírito Santo*. São José dos Campos, INPE. (INPE 957 - NTE/071).
- SANTOS, A.P. dos & NOVO, E.M.L.M. 1977. *Avaliação do uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no sudoeste da Amazônia legal*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE. (INPE - 1044 - TPT/056).
- SANTOS, A.P. dos; NOVO, E.M.L.M.; DUARTE, V. 1979. *Relatório final do Projeto INPE/SUDAM*. São José dos Campos, INPE. (INPE 1610 - RPE/085).

- SAYN - WITTGENSTEIN, L. 1972. A first look at Canadian ERTS experiments in forestry. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1, Greenbelt, MD. Proceedings. p. 48-55.
- SAYN - WITTGENSTEIN, L. & KALENSKY, Z. 1974. Interpretation of forest patterns on computer compatible tapes. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 2., Guelph. Proceedings. v. 1, p. 267-272.
- SCHALLER, E.S. & TOWLES, R.W. 1975. Image-100: The interactive multispectral image processing system. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings. v. 1-B, p. 1275-1291.
- SCHRUMPF, B.J. 1973. Natural vegetation inventory. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1: Symposium held in New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1-A, p. 1-A, p. 59-66.
- SCHWARZ, D.E. & GAYDOS, L. 1975. Regional interpretability variations of land use using satellite data in digital and visual form. In: SHAKROKHI, F. ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, Tenn., University of Tennessee. v. 4., p. 243-253.
- SEEVERS, P.M.; DREW, J.V.; CARLSON, M.P. 1975. Estimating vegetative biomass from LANDSAT-1 imagery for management. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings. v. 1-A, p. 1-8.
- SIEGAL, B.S. & GOETZ, A.F.H. 1977. Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(2): 191-196.
- SIMONETT, D.S. 1974. Quantitative data extraction and analysis of remote sensor images. In: ESTES, J.E.; SENGHER, L.W. *Remote sensing: techniques for environmental analysis*. St.^a Barbara, Cal. p. 51-81.
- SMEDES, H.W.; SPENCER, M.N.; THOMSON, F.J. 1971. Preprocessing of multispectral data and simulation of ERTS data channels to make computer terrain maps of a Yellowstone National Park Test site. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v. 3, p. 2073-2093.

- SMITH, W.K. & NOBEL, P.S. 1977. Influences of seasonal changes in leaf morphology on water-use efficiency for three desert broadleaf shrubs. *Ecology*, 58(5): 1033-1043.
- STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38 (6): 913-920.
- THOMAS, J.R.; WIEGAND, C.L.; MYERS, V.I. 1967. Reflectance of cotton leaves and its relation to yield. *Separata de Agronomy Journal*. 59: 551-554.
- THOMAS, J.R. & OERTHER, G.F. 1972. Estimating nitrogen content of sweet pepper leaves by reflectance measurements. *Agronomy Journal*. 64(1): 11-13.
- TUCKER, C.J.; MILLER, L.D.; PEARSON, R.L. 1975. Shortgrass prairie spectral measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 41(9): 1157-1162.
- TUELLER, P.T. & LORAIN, G. 1973. ERTS-1 evaluation of natural resources management applications in the Great Basin. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1. *Symposium held in New Carrollton, MD. Coddard Space Flight Center, Marc. 5-9. Proceedings.* v. 1, Sec. A, p. 77-85.
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. de. 1976. Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para o levantamento de solos. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE. (INPE-912-TPT/030).
- VARELA, S. 1977. El uso de las imagenes de satellite en la direccion del inventário nacional forestal. In: SEMINÁRIO INTERNATIONAL SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS EN EL DESARROLLO DE LOS PAISES. México. Memorias. p. 49-65.
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. 1978. Sistema MAXVER: manual do usuario. São José dos Campos. INPE (INPE 1315-NTI/110).
- WATSON, R.D. & ROWAN, L.C. 1971. Automatic geologic mapping using rock reflectances. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v. 3, p. 2043-2053.

- WEBER, F.P.; ALDRICH, R.C.; SADOWISKI, F. G.; THOMSON, F. J. 1972. Land use classification in the Southeastern Forest Region by multispectral scanning and computerized mapping. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 8., Ann Arbor, Mich. Proceedings. v. 1, p. 351-373.
- WESTIN, F.C. & MYERS, V.I. 1973. Identification of soil associations in Western South Dakota on ERTS-1 imagery. In: SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1: Symposium held in New Carrollton, MD. Proceedings. v. 1-B; p. 965-972.
- WIEGAND, C.L.; GAUSMAN, H.W.; CUELLAR, J.A.; GERBERMANN, A. H.; RICHARDSON, A.J. 1973. Vegetation density as deduced from ERTS-1 MSS response. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., Washington, D.C. Proceedings. v. 1-A, p. 93-116.
- WILLIAMS, D.L. & COINER, J.C. 1975. Utilization of LANDSAT imagery for mapping vegetation on the millionth scale. In: NASA *Earth Resources Survey Symposium*, Houston, Tex. Proceedings. v. 1-A, p. 53-65.
- WILLIAMSON, D.T. 1973. Vegetation mapping from ERTS imagery of the Okavango Delta. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, Washington, D.C. Proceedings. v. 1-A, p. 301-308.
- WONG, K.W.; THORNBURN, T.H.; KHOURY, M.A. 1977. Automatic soil identification from remote sensing data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(1): 73-80.

ÍNDICE DE ASSUNTOS

A

Alcalóide

- avaliação qualitativa, 46
- Flacourtiaceae, 45
- *Casearia inaequilatera* Camb. 45
- guassatonga, 45
- frequência, 47, 48
- Lauraceae, 45, 48
- canela, 45
- canela-burra, 45
- canela-imbuia, 45
- canela-noz-moscada, 45
- canela-preta, 45
- *Cinnamomum sellovianum* (Meiss) Vattimo, 45, 48
- *Cinnamomum* sp, 45, 48
- *Cryptocarya moscata* Nees. at Mart. ex Nees., 45, 48
- *Ocotea catharinensis* Mez., 45, 48
- *Ocotea kuhlmannii* Vattimo, 45, 48
- *Ocotea martiana* (Meiss) Mez. 45, 48
- *Ocotea porosa* (Nees.) Barroso, 45, 48
- Leg./Faboideae, 45
- *Andira anthelmia* (Vell) Macbride, 45
- jacarandá-morcego, 45
- Myristicaceae, 45
- bicuiba, 45
- *Virola oleifera* (Schott.) Smith, 45
- ocorrência, 48
- porcentagem, 45
- Sapindaceae
- *Cupania oblongifolia* Camb., 45
- cuvantã, 45
- Vochysiaceae, 45
- pau-terra, 45
- *Qualea sellowii* Koehne, 45
- *Qualea* sp, 45

Análise

- carvão, 51, 52, 58, 63
- física, 59, 60, 63
- densidade, 59, 60
- resistência mecânica, 59, 60
- química, 59, 60, 63
- elementar, 59, 60
- carbono, 58, 59, 60
- enxofre, 58, 59, 60
- fósforo, 58, 59, 60
- hidrogênio, 58, 59
- imediata, 59
- carbono fixo, 58, 59, 60
- cinza, 58, 59, 60
- materiais voláteis, 58, 59, 60
- umidade, 58, 59, 60
- aproveitamento, 51, 61, 63

Antraderivados

- avaliação qualitativa, 46
- frequência, 47, 48
- Lauraceae, 45, 48
- canela, 45
- canela-burra, 45
- canela-imbuia, 45
- canela-noz-moscada, 45
- *Cryptocarya moscata* Nees. et Mart. ex Nees., 45, 48
- *Ocotea kuhlmannii* Vattimo, 45, 48
- *Ocotea martiana* (Meiss) Mez. 45, 48
- *Ocotea porosa* (Nees) Barroso, 45, 48
- Leg./Faboideae, 45
- *Andira anthelmia* (Vell) Macbride, 45
- jacarandá-morcego, 45
- Myristicaceae, 45
- bicuiba, 45
- *Virola oleifera* (Schott.) Smith., 45
- número de espécies, 45, 46

- ocorrência, 45, 48
- porcentagem, 46
- Vochysiaceae, 45
- pau-terra, 45
- *Qualea sellowii* Koehne, 45

C

Carvão vegetal

- carbonização, 56, 58, 59, 60
- forno, 58
- barranco, 58
- análise elementar, 59, 60
- análise imediata, 59, 60
- classe diametral, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65
- 3 a 7 cm, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65
- 7 a 15 cm, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65
- >15 cm, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65
- corte raso, 52, 57, 61, 62, 63
- densidade, 59, 60, 61
- desbaste, 52, 57, 61, 63
- *Eucalyptus*, 52, 58, 60, 61, 63, 64
- *E. citriodora* Hook, 57, 59, 62, 63, 65
- *E. saligna* Smith, 57, 59, 62, 63, 65
- *E. tereticornis* Smith, 57, 59, 62, 63, 65
- *Pinus*,
- *P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari, 57, 60, 62, 63, 64.
- *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari, 57, 62, 63, 64
- *P. elliottii* Engelm. var. *elliottii*, 57, 60, 62, 63, 64
- Comportamento espectral da vegetação, 84
- características espectrais, 84
- influência de fatores morfológicos e fisiológicos, 90
- Identificação de vegetação utilizando o sensoriamento remoto, 91
- Imagem do Landsat no estudo da vegetação de cerrado, 94

Cumarinas

- avaliação qualitativa, 46
- Flacourtiaceae, 45
- *Casearia inaequilatera* Camb., 45
- guassatonga, 45
- frequência, 47, 48
- número de espécies, 45, 46
- ocorrência, 48
- porcentagem, 46

D

- Densidade, 59, 60, 61
- Desbaste, 52, 57, 61, 63

E

Eucalipto vide *Eucalyptus*

E. citriodora Hook, 57, 59, 62, 63, 65

E. grandis

- fibras, 73, 74, 75, 76, 77, 78
- diferenças mínimas significativas (d.m.s.) 73, 74, 75, 76, 77, 78
- comprimento, 73, 77
- diâmetro, 74, 78
- diâmetro do lúmen, 75, 78
- espessura da parede, 76, 78
- análise, 58, 59, 60
- elementar, 59, 60
- física, 59, 60, 63
- imediata, 59, 60
- química, 59, 60, 63
- carbonização, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63
- carvão, 56, 58, 59
- classe diametral, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65
- corte raso, 52, 57, 61, 62, 63
- desbaste, 52, 57, 61, 63

F

Fatores ambientais, 96

- relevo, 97
- solo, 98
- clima, 100

Flavonóides

- avaliação qualitativa, 46
- frequência, 47, 48
- Lauraceae, 45, 47
- canela, 45
- canela-preta, 45
- *Ocotea catharinensis* Mez. 45, 48
- Leg. Faboideae, 45
- *Andira anthelmia* (Vell) Macbride, 45
- jacarandá-morcego, 45
- Myristicaceae, 45
- bicuiba, 45
- *Virola oleifera* (Schott.) Smith, 45
- número de espécies, 45, 46
- ocorrência, 48
- porcentagem, 46
- Vochysiaceae, 45
- pau-terra, 45
- *Qualea sellowii* Koehne, 45

Forno

- barranco, 58

G

Glicósidos cianogenéticos, 43, 44, 46, 47, 48

M

Materiais finos

- aproveitamento, 51, 61, 63
- carbonização, 56, 58, 59, 60

- classe diametral, 56,59,60,61,62,64,65
- corte raso, 52,57,61,62,63
- desbaste, 52,57,61,63
- *Eucalyptus*, 52,58,59,61,63,65
- *Pinus*, 52,58,60,61,63,65
- produção de carvão, 52,61,63

Material lenhoso

- aproveitado, 63,64,65
- não aproveitado, 63,64,65

Metabolito secundário, 46, 47

Método de análise dos produtos do LANDSAT, 104

- interpretação visual, 104
- interpretação automática, 106
- verificação de campo, 109

Mucilagem

- avaliação qualitativa, 46
- frequência, 47, 48
- Lauraceae , 45, 48
- canela-burra, 45
- canela-noz-moscada, 45
- *Cryptocarya moscata* Nees, et Mart. ex Nees, 45,48
- número de espécies, 45, 46
- ocorrência, 48
- *Ocotea kulmannii* Vattimo, 45,48
- porcentagem, 46

O

Óleos essenciais

- avaliação qualitativa, 46
- Flacourtiaceae , 45
- *Casearia inaequilatera* Camb., 45
- guassatonga, 45
- frequência, 47,48
- Lauraceae , 45, 48

- canela, 45
- canela-burra, 45
- canela imbuia, 45
- canela-noz-moscada, 45
- canela-preta, 45
- *Cinnamomum sellowianum* (Meiss) Vattimo, 45,48
- *Cinnamomum* sp, 45,48
- *Cryptocarya moscata*, 45,48
- *Ocotea catharinensis* Mez. 45, 48
- *Ocotea kuhlmannii* Vattimo, 45,48
- *Ocotea martiana* (Meiss) Mez. 45,48
- *Ocotea porosa* (Nees.) Barroso, 45,48
- Leg./Faboideae, 45
- *Andira anthelmia* (Vell) Macbride, 45
- jacarandã-morcego, 45
- Myristicaceae
- bicuiba, 45
- *Virola oleifera* (Schott.)Smith, 45
- número de espécies, 45,46
- ocorrência, 48
- porcentagem, 46
- Sapindaceae, 45
- cuvantã, 45
- *Cupania oblongifolia* Camb.,45
- Vochysiaceae, 45
- Pau-terra, 45
- *Qualea sellowii* Koehne, 45

P

Pinus

- *P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret & Golfari, 57, 60,62,63,64
- *P. caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari, 57, 60,62,63,64
- *P. elliottii* Engel. var. *elliottii*, 57,60,62,63,64
- análise, 58,59,60

- elementar, 59,60
- física, 59,60
- imediata, 59,60
- química, 59,60
- carbonização, 56,58,59,60
- carvão, 52,56,58,59,60,61,62,63
- classe diametral, 56,59,60,61,62,64,65
- corte raso, 52,57,61,62,63
- desbaste, 52,57,61,63

Proposição de metodologia para caracterização da vegetação de cerrado

- Formas de cerrado, 110
- Material do LANDSAT, 111
- Métodos, 112
- Análise visual, 112
- Verificação de campo, 113
- Análise automática, 114

R

Reduzido diâmetro, 52

Rendimento, 52,61,62

- carvão, 52,56,58,59,60,61,62,63
- material lenhoso, 52,62,63

Resíduos

- aproveitamento, 52,61,63
- corte raso, 52,57,61,62,63
- desbaste, 52,7,61,62,63
- florestais, 51

Resistência

- à compressão, 58,59,60

S

- Saponinas
- avaliação qualitativa, 46
- Flacourtiaceae, 45

-
- *Casearia inaequilatera* Camb., 45
 - guassatonga, 45
 - frequência, 47, 48
 - Lauraceae, 45, 48
 - canela, 45
 - canela-burra, 45
 - canela-imbuia, 45
 - canela-noz-moscada, 45
 - canela-preta, 45
 - *Cinnamomum sellowianum* (Meiss) Vattimo, 45, 48
 - *Cinnamomum* sp, 45, 48
 - *Cryptocarya moscata*, 45, 48
 - *Ocotea catharinensis* Mez. 45, 48
 - *Ocotea kuhlmannii*, 45, 48
 - *Ocotea porosa* (Nees.) Barroso, 45, 48
 - Leg./Faboideae, 45
 - *Andira anthelmia* (Vell) Macbride, 45
 - jacarandá-morcego, 45
 - Lythraceae, 45
 - dedaleiro, 45
 - *Lafoensia replicata* Pohl.) 45
 - Myristicaceae, 45
 - bicuiba, 45
 - *Virola oleifera* (Schott.) Smith, 45
 - número de espécies, 45, 46
 - ocorrência, 48
 - porcentagem, 46
 - Sapindaceae, 45
 - cuvantã, 45
 - *Cupania oblongifolia* Camb.) 45
 - Vochysiaceae, 45
 - pau-terra, 45
 - *Qualea sellowii* Koehno, 45
 - *Qualea* sp, 45
-

T

- Taninos
- avaliação qualitativa, 46
- frequência, 47, 48
- Lauraceae , 45,46
 - canela, 45
 - canela-imbuia, 45
 - canela-noz-moscada, 45
 - canela-preta, 45
 - *Cinnamomum sellowianum* (Meiss) Vattimo, 45,48
 - *Cinnamomum* sp, 45,48
 - *Cryptocarya moscata* Nees. et Mart. ex Nees., 45,48
 - *Ocotea catharinensis* Mez., 45,48
 - *Ocotea porosa* (Nees.) Barroso, 45,48
- Lythraceae
 - dedaleiro, 45
 - *Lafoensia replicata* Pohl, 45
 - número de espécies, 45,46
 - ocorrência, 48
 - porcentagem, 46
- Vochysiaceae, 45
 - pau-terra, 45
 - *Qualea sellowii* Koehne, 45
 - *Qualea* sp, 45
- Triterpenóides
- avaliação qualitativa, 46
- Flacourtiaceae,45
 - *Casearia inaequilatera* Camb., 45
 - guassatonga, 45
 - frequência, 47,48
 - Lauraceae ,45,48
 - canela, 45
 - canela-preta, 45
 - *Ocotea catharinensis* Mez. 45,48
 - *Ocotea martiana* (Meiss) Mez. 45,48
 - número de espécies,45,46
 - ocorrência, 48
 - porcentagem, 46

COMPOSTO E IMPRESSO NO INSTITUTO FLORESTAL
C.P. 1 322 - 01000 - São Paulo - Brasil
dezembro 1980.

**Secretaria de Agricultura
e Abastecimento**

**Governo
Paulo Maluf**



**São Paulo
trabalhando.**

**Coordenadoria da Pesquisa
de Recursos Naturais
Instituto Florestal**