



Dinâmica na Vegetação do Baixo Amazonas: Análise temporal do Uso da Terra integrando imagens Landsat TM, levantamentos florísticos, e etnográficos

E. S. Brondizio, E. F. Moran, P. Mausel, and Y. Wu

Reprinted from: **Anais do VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2: 38-46 (1993)**

DINAMICA NA VEGETACAO DO BAIXO AMAZONAS: ANALISE TEMPORAL DO USO DA TERRA INTEGRANDO IMAGENS LANDSAT TM, LEVANTAMENTOS FLORISTICO E ETNOGRAFICO.*

Eduardo S. Brondizio¹ & Emilio F. Moran²
Paul Mausel & You Wu³

1 Indiana University : PhD Program, School of Public and Environmental Affairs, e ACT-Anthropological Center for Training and Research in Global Environmental Change - Student Building 130, Bloomington, IN, 47405, USA. Tel/fax (812)855 3000. Ebrondiz@ucs.Indiana

2 Indiana University : Anthropological Center for Training and Research in Global Environmental Change. Dept. of Anthropology, Student Building 130. Bloomington, IN, 47405, USA
Moran@ucs.indiana

3 Indiana State University : Dept. of Geography/Geology, Terre Haute, IN, 47809, USA

Abstract. Landsat TM images from 1985 and 1991 were analyzed for a site on the Amazon estuary region, Ponta de Pedras, PA, Marajo Island. A hybrid process of image classification using parametric statistics (unsupervised and supervised) of Maximum-Likelihood classifier on Erdas (ver. 7.5) and Multispec (version June 1992) was used. Vegetation inventories and ethnographic research were carried out on the area and associated with the land use maps. The final analysis incorporates spectral modeling data and ground-based information to characterize the diversity present in the vegetation cover of the area. Spectral signatures were produced for 15 classes of land use, including upland and floodplain forest, secondary succession in three different stages (initial, intermediary and advanced), palm forest (acaizal), mangrove, pasture and three types of savanna.

* O texto nao contem acentuacao por limitacoes do processador de textos.

1-INTRODUCAO

Em proporcao a intensificacao e demanda do uso de sensoriamento remoto orbital na Amazonia, os avancos desta tecnologia nos estudos de monitoramento da vegetacao e de mudancas no uso da terra na regioao tem sido limitados. Algumas das causas tem sido i) negligencia da variedade e das dinamicas das formacoes vegetais, naturais e antropogenicas da regioao; ii) carencia de estudos intensivos de uso da terra em escala local, e iii) atrelamento de projetos as necessidades e demandas politicas de controle do desmatamento. Embora a escala utilizada para monitorar desmatamento tem sido apropriada para monitorar e alertar do problema a nivel regional, ela nao permite considerar fatores socio-economicos e ambientais a nivel local que, em ultima analise, impulsionam o desmatamento [Moran et al (no prelo)]. O Landsat TM tem a resolucao espacial, espectral e temporal para ser aplicada na escala requerida para uma analise da diversidade do uso do solo e da cobertura vegetal da Amazonia [Sader et al (1990)].

Os objetivos deste trabalho sao de demonstrar: 1- o sucesso apresentado por imagens TM na caracterizacao das formacoes vegetais presentes na regioao, incluindo tres diferentes estagios de sucesso secundaria (inicial, intermediario e avancado) e em diferenciar floresta manejada ("acaizal") e

floresta de varzea no Estuario do Amazonas, Ilha de Marajo; 2- as vantagens do uso integrado de modelagem de assinaturas espectrais, levantamento floristico-estrutural da vegetacao e reconstituicao etnografica da historia de uso da terra para mapeamento da vegetacao e uso do solo na Amazonia.

2 - AREA DE ESTUDO

A area de estudo esta localizada no municipio de Ponta de Pedras, Ilha do Marajo, no estuario do Amazonas. Por ser uma regioao de transicao entre dois macro ambientes, Floresta Ombrofila Densa e Campos de Marajo, a area apresenta grande diversidade de formacoes vegetais bastante representativas da regioao. Os Campos de Marajo nao sao encontrados na area estudada, embora as vezes sejam confundido com enclaves de Campo Cerrado ali presentes [Pires (1983)]. Para uma classificacao geral da vegetacao, incluindo a nomenclatura apresentado pelo Radam (1974), as principais formacoes vegetais presentes na area sao:

1-Floresta Ombrofila Aluvial - conhecida como floresta de varzea de mares (Prance 1980) ou varzea na nomenclatura cabocla local (Brondizio e Neves 1992, Anderson et alli 1990). Ocorre em sitios quaternarios e sofre influencia diaria da mare' com excessao de areas de cotas levemente mais elevadas que recebem somente as mares "altas" no

periodo de inverno. Vegetação de estrutura complexa, apresentando árvores emergentes e muito rica em palmeiras como Acai (*Euterpe oleracea*), Jupati (*Raphia taedigera*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Maraja (*Bactris maraja*) além de muitas outras. Segundo Lima (1956) a floresta de varzea ocupa 25.000 km² no estuário do Amazonas.

1.1-Acaizais - Acaizais são florestas de origem antropica, resultante de manejo agro-florestal, com dominância de palmeiras *Euterpe oleracea*. Segundo Calvajara (1972) estas florestas ocupam 10000 km² no Baixo Amazonas.

2-Floresta Ombrofila de Platos - conhecida amplamente por Floresta de Terra Firme por ocorrer em áreas sedimentarias mais elevadas. Quando esta pouco alterada, a floresta apresenta uma formação uniforme, com árvores de grande DAP e porte elevado, poucas palmeiras e uma estratificação "sutil" sem o estrato arbustivo. Pode alcançar 40 metros de dossel com emergentes.

3-Capoeira latifoliada - Formação antropica nas áreas de floresta de terra firme. Para a análise dos dados aqui apresentados, esta formação foi dividida em três estágios de regeneração: Inicial, Intermediário e Avançada. Estas classes estão relacionadas com intervalos de 0 - 5 anos, 5 - 10 anos e > 10 anos respectivamente. 4-Campo Cerrado - Localmente conhecida como Campo. É uma formação sub-climax do grupo arboreo, com árvores variando de 2 - 5 metros de altura, esgalhadas e tortuosas espalhadas sobre um tapete contínuo de gramíneas. Gramíneas comumente presentes são dos gêneros *Aristida* e *Eragrostis*. Neste trabalho distinguimos três tipos de formações cerrado presente na área: Campo Cerrado de cota alta, Campo Cerrado de cota baixa e Cerrado Imperata. Os dois primeiros estão relacionados a micro-topografia na área de ocorrência e conseqüentemente a susceptibilidade a inundação no período de inverno. A denominação Cerrado Imperata está sendo utilizada para caracterizar áreas com dominância de *Imperata brasiliensis* na cobertura do solo.

5-Floresta de Transição - Formação de estratos pouco definidos que ocorre na transição entre floresta e campo cerrado. É caracterizada pela presença de palmeiras como o Carana (*Mauritia martiana* Mart), Jacitara (*Desmoncus orthocanthus*) e cipós.

6-Mangue - Formação arborea que ocorre na zona de influência da maré na transição do ambiente aquático para a floresta de varzea. Em certas partes pode ser distinguido da vegetação de "Anígal" caracterizado por plantas herbáceas e arbustivas que chegam a atingir relativo porte. Estas zonas são

dominadas por Aninga (*Montrichardia arborecens* Scott) e Aturia (*Drepanocarpus lunatos* Schott.). O Mangueiro (*Rhizophora mangle* L. var. *Racemosa* Meyer) segue as aningas no sentido rio-interior. O mangueiro chega a atingir 30 metros de altura com raízes emergentes de até 8 metros. No meio do mangue, pouco a pouco, vão aparecendo outras espécies, principalmente o Buriti (*Mauritia flexuosa*) e Acai (*Euterpe oleracea*), caracterizando uma fisionomia de transição para a floresta de varzea.

3-MATERIAIS E METODOS

Dois imagens Landsat TM foram utilizadas. Orbita/ponto 224/61, de julho de 1985 e julho de 1991. Os trabalhos foram conduzidos simultaneamente em dois programas de tratamento digital de imagens, Erdas 7.5 e Multispec (versão Jun.92), respectivamente em plataformas Unix e Macintosh. As imagens foram registradas pixel-a-pixel para compor uma imagem multi-temporal de 14 canais. Para possibilitar uma análise temporal baseada em padrões espectrais a imagem de 1991 sofreu correção atmosférica baseada nos valores coletados na imagem de 1985. Para isto foi escolhida uma área de floresta de terra firme onde não ocorreram mudanças (corte, extrativismo) entre os dois anos. Como parte de um projeto mais abrangente, o mesmo procedimento descrito acima (registrar, geocorriger e correção atmosférica) foi utilizado para imagens de 1984, 1987, 1988, 1992, também adquiridas no INPE. Registradas, estas imagens compoem uma imagem multi-temporal de 42 canais.

Uma imagem temporal permite coletar dados sobre a mudança do comportamento espectral em áreas de sucessão secundária em diferentes estágios. Esta etapa aliada a levantamento de campo permite desenvolvimento de assinaturas espectrais que podem ser aplicadas para entender processos de transformação da vegetação. Por exemplo, o ciclo das rocas de corte e queima e sucessivas capoeiras. A imagem multi-temporal foi submetida a geocorreção através de um mapa base 1:100.000 - IBGE 1984, projeção UTM. Desta maneira, dados de campo coletados com GPS - "Global Positioning System" (Magellan, NAV 1000-PRO) puderam ser ajustados a imagem, permitindo um calibração da análise espectral aos dados colhidos através de inventários da vegetação e entrevistas com moradores locais sobre a história de uso da terra.

Em laboratório, foram desenvolvidas classificações não-supervisionada de alta dimensão (40 - 60 classes) em áreas pequenas de até 15.000 pixels. As classes são analisadas através de seus valores estatísticos (média, variância, co-variância)

para serem relacionadas as informacoes de vegetacao e historia de uso da terra levantadas em campo. Em paralelo, dados estatisticas sao amostradas nos poligonos demarcados de acordo com as coordenadas colhidas a campo com o uso de GPS.

Antes de uma classificacao supervisionada ser iniciada, a imagem e' submetida a uma analise de "separacao de bandas" (separability) para determinacao da combinacao de bandas mais apropriada para a area. Foram selecionados os canais 2, 3, 4 e 5. As classes selecionadas de acordo com as estatisticas espectrais foram submetidas a um classificador "Gaussian maximum-likelihood", pixel a pixel para ambas as imagens (1985, 1991).

De junho a julho de 1992, trabalho de campo foi conduzido na area de estudo. Areas representativas de cada formacao vegetal presente na chave de classificacao foram escolhidas (repeticao de 3) de acordo com: representatividade no padrao de uso do solo, distribuicao na imagem, e disponibilidade de informacoes sobre a historia de uso e manejo. Todas as formacoes vegetais foram levantadas com o intuito de: determinacao da composicao floristica, frequencia, densidade, dominancia (area basal), porcentagem de cobertura do solo, altura do primeiro galho, e altura total. Foram inventoriadas um total de 27 areas entre vegetacoes naturais e antropogenicas. Em paralelo, dados etnograficos foram coletados sobre: uso passado da area, tempo de abandono (capoeiras), e tecnologia de cultivo e manejo (acaizal). Estas informacoes foram incorporadas a um banco de dados (DBase IV e QPro 3.0) e conectadas as imagens atraves das coordenadas coletadas com GPS. A conexao do banco de dados com as imagens foi possivel devido utilizacao da estrutura de um sistema de informacoes geograficas (ArcInfo 3.4) compativel com Erdas 7.5 e DBase IV.

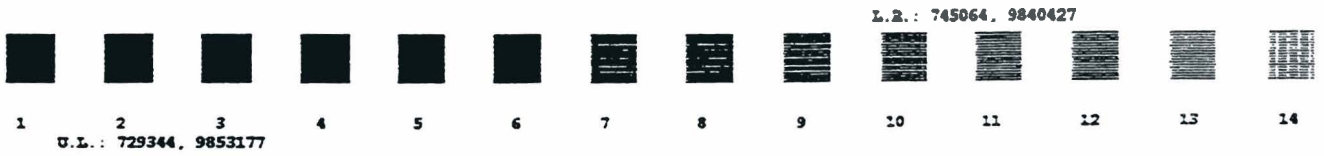
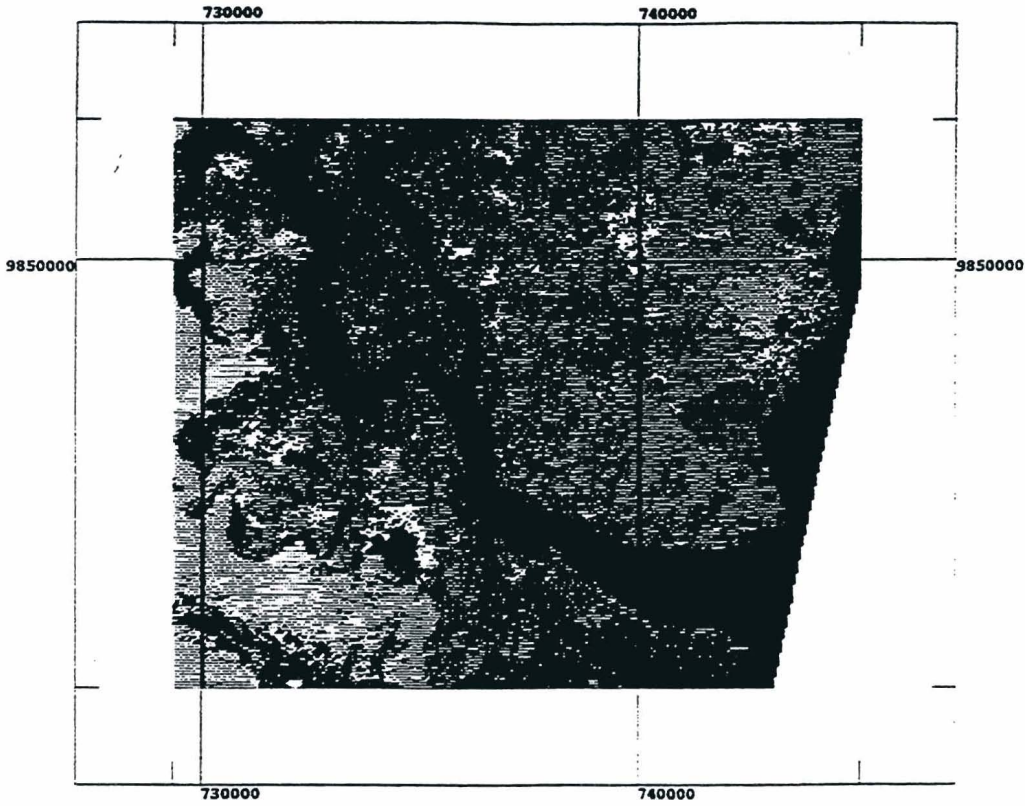
4 - RESULTADOS

As classificacoes tematicas das imagens de 1985 e 1991 sao apresentadas nas figuras 1 e 2. As classificacoes apresentaram resultados coerente com as informacoes coletadas para verdade-terrestre. Uma analise na mudanca de uso no solo indica que os processos de sucessao secundaria sao mais importantes que o avanco do desmatamento. Desmatamento em maior escala aconteceu na regioao entre os anos 60 e 80, nao por projetos governamentais de colonizacao, mas incentivadas por projetos cooperativistas da prelazia regional. Muitos projetos baseados em atividades agro-pecuaria de tecnologia convencional faliram devido a dificuldade de manter a produtividade em latosolo amarelo com baixos

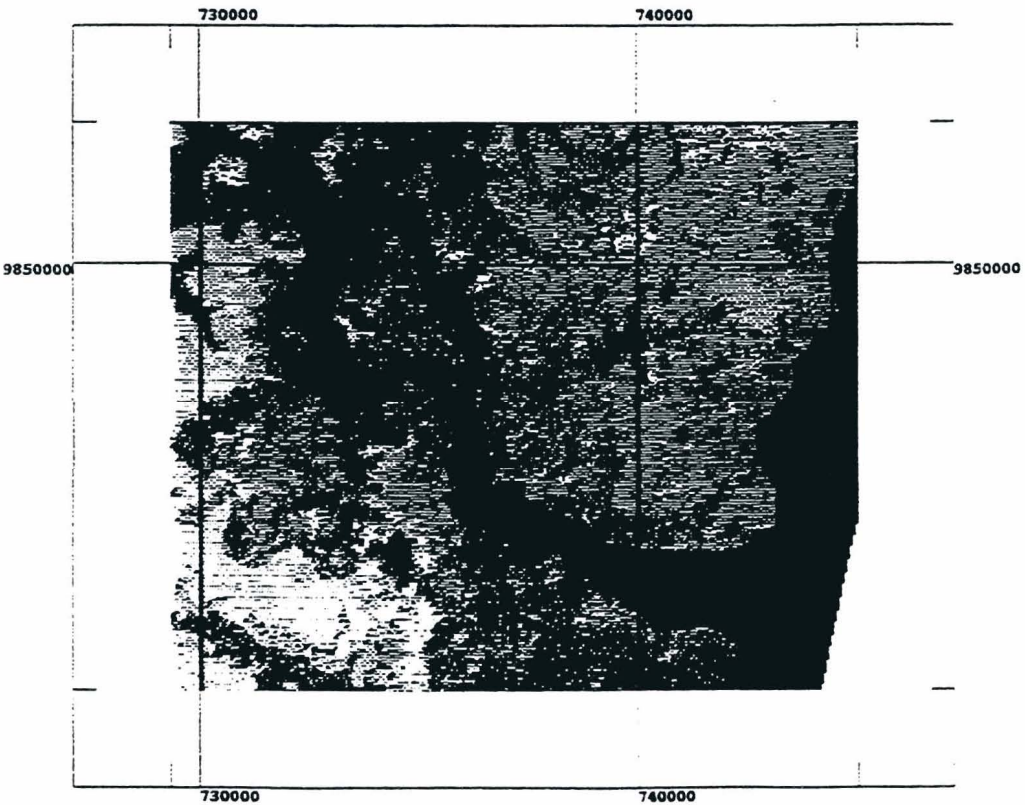
P e CTC, que sao em geral solos dominantes na terra firme. Outro fator importante no uso do solo e' a presenca de areas reservadas a rotacao de rocas de corte-e-queima. Nestas areas a rotacao das areas de cultivo se da em media a cada 2 anos criando um mosaico caracteristico de vegetacao em diferentes estagios de regeneracao. Os acaizais indicam a transformacao da floresta de varzea atraves do manejo agro-florestal. Esta regioao foi intensivamente explorada para a exploracao de palmito entre os anos 60 e 70. Com a valorizacao do preco do fruto do acai nos mercados urbanos regionais, o corte do palmito foi trocado pelo producao do fruto. Aliado a fertilidade da varzea e a potencialidade produtiva do acaizeiro as tecnicas caboclas de manejo florestal, a regioao elevou a producao de frutos de 4000 mil toneladas em 1975 para 11158 em 1985 e 38450 em 1989 mil toneladas [FIBGE (1974-1989)]. Nos ultimos dez anos o fruto do acai se transformou no principal produto economico regional e tem motivado o aumento das areas manejadas para este fim. Para ilustrar a metodologia descrita neste trabalho (modelagem espectral, levantamento da vegetacao e etnografia) vamos utilizar o exemplo da floresta de varzea manejada para a formacao de um acaizal. Tabela 3 (tabela de inventario da floresta de varzea) representa uma area de floresta de varzea nao manejada. Tabela 4 (tabela de inventario do acaizal) representa uma floresta de varzea ja' (intensamente) manejada para a formacao de um acaizal com finalidade de producao de frutos. A tecnologia de manejo agroflorestal para formacao de acaizal envolve basicamente: 1-Corte seletivo de especies florestais nao desejaveis. Isto propicia uma selecao de arvores compativeis com o crescimento da palmeira do acai e de maior interesse economico para o Caboclo. Nota-se que apesar de ocorrer uma mudanca na estratificacao da vegetacao, o perfil estrutural de floresta e' mantido; 2- Corte seletivo de especies do sub-bosque e lianas; 3- Desbaste das touceiras de acai. Neste processo sao selecionadas acaizeiros mais baixos, alem da diminuicao da densidade de plantas por touceiras; 4- Plantio de mudas e sementes. Arvores produtivas sao selecionadas para coleta de sementes e mudas. 5- Capina anual do terreno. Apesar da mudanca consideravel na composicao floristica da floresta de varzea, o acaizal mantem as caracteristicas funcionais e estruturais da floresta, alem de propiciar para o Caboclo a concentracao de especies de valor economico. Mais detalhes sobre ecologia, tecnologia e producao de acaizais estao em :[Calzavara (1972)]; [Anderson et al (1990)], [Balick (1988)]; [Murrieta

Imagem 1 - Ponta de Pedras 1985

U.L.: 729344, 9853177



15



L.R.: 745064, 9840427

Imagem 2 - Ponta de Pedras 1991

41

Grafico 1

CURVAS ESPECTRAIS - LANDSAT TM 1991

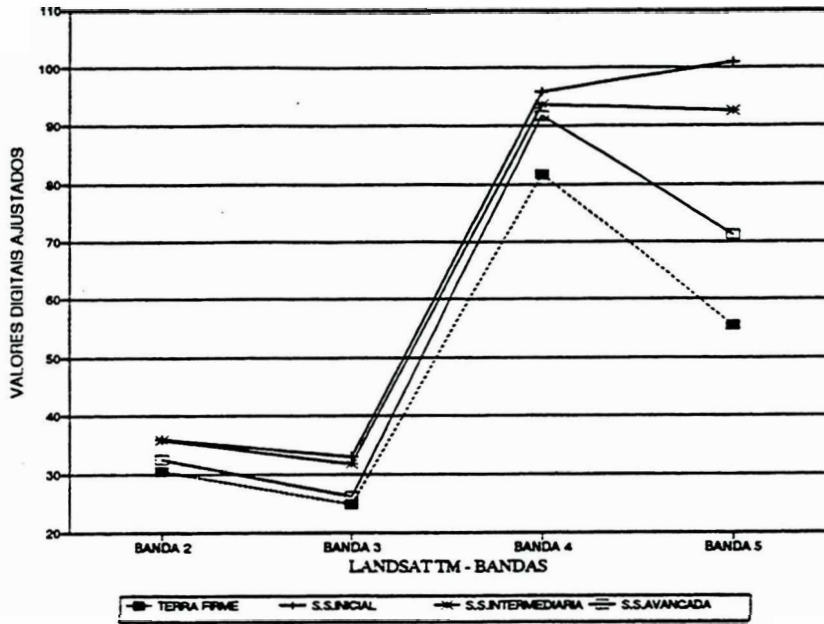


Grafico 2

CURVAS ESPECTRAIS - LANDSAT TM 1991

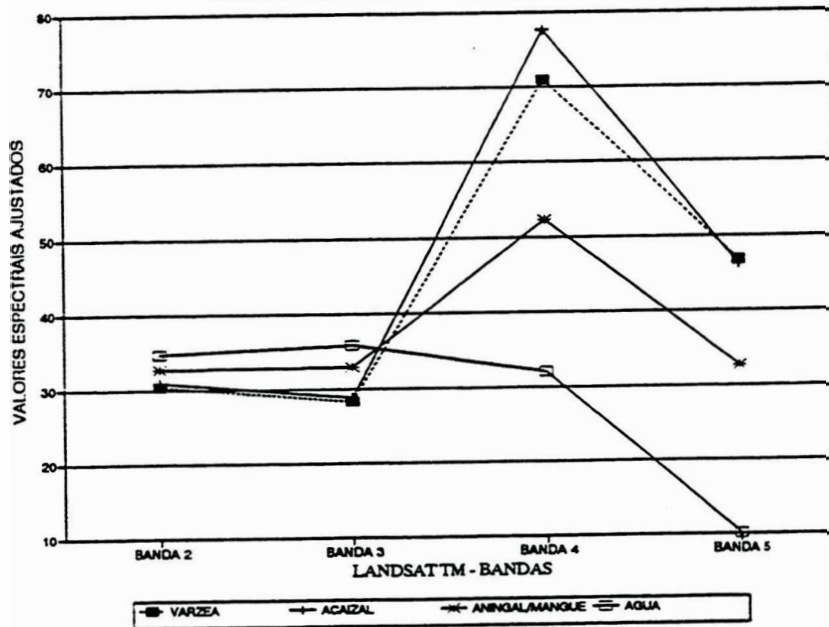


TABELA 5

ASSINATURA ESPECTRAL DE CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA				
RESPOSTAS ESPECTRAIS (MEDIA) EM VALORES DIGITIS - TM 2-5				
CLASSES	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5
AGUA	34.8	35.8	32.1	10.1
FLORESTA DE TERRA FIRME	30.5	24.8	81.7	55.4
FLORESTA DE VARZEA	30.5	28.4	71	46.9
ACAIZAL (<i>Euterpe oleracea</i>)	30.9	28.9	77.6	46.3
ANINGAL E MANGUE	32.8	32.9	52.36	32.6
SOLO EXPOSTO	45.5	52.5	60.9	107.9
PASTO	39	35.8	98	115
PASTO C/ PALMEIRAS E ARBU	37	34.1	96.7	112.5
S.S. INICIAL	36.1	33	95.9	100.9
S.S. INTERMEDIARIA	35.9	31.8	93.6	92.6
S.S. AVANCADA	32.6	26.3	91.7	71.2
CERRADO (COTA ALTA)	31.7	33.9	44	69.8
CERRADO (COTA BAIXA)	33.2	35	55.5	78.1
CERRADO "IMPERATA"	32.3	31.4	65.6	61.5

Grafico 3

CURVAS ESPECTRAIS - LANDSAT TM 1991

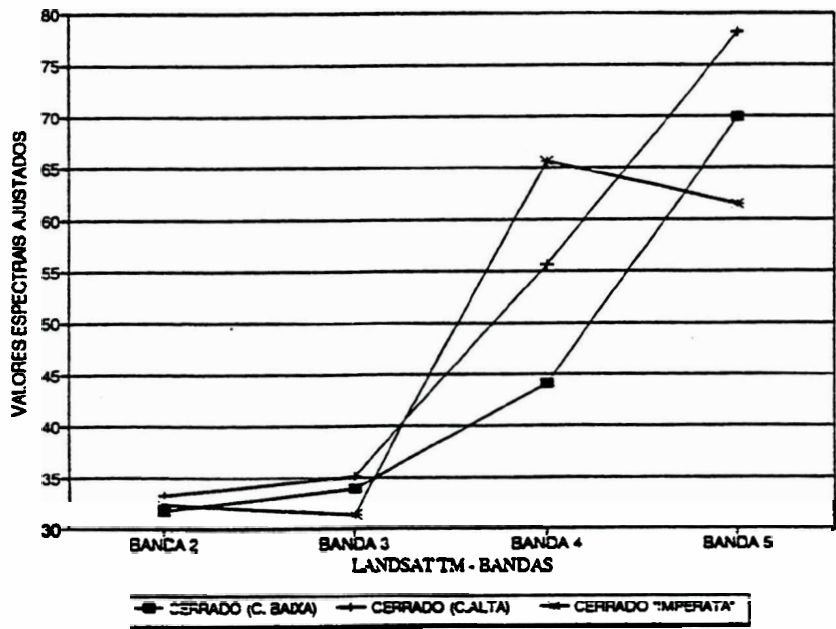


TABELA 3

FLORESTA DE VARZEA

NOME ESPECIE	# ind.	Dens.rel.	Freq.rel.	A.B.-cm2	Domin.rel.	Valor imp.	Alt.1 galho	Alt.total
1 <i>Andira retusa</i>	4	0.010127	0.02381	665.0634	0.018881	0.017606	15	22
2 <i>Aspidosperma rigidum</i>	3	0.007595	0.015873	774.3483	0.016488	0.013319	15	23
3 <i>Carapa grandiflora</i> Mart.	5	0.012658	0.031746	510.6901	0.018123	0.020842	17	18
4 <i>Carapa guianensis</i>	16	0.040506	0.055556	408.2693	0.046362	0.047475	10	15
5 <i>Allantoma lineata</i> (Mart. ex Berg)M	8	0.020253	0.031746	624.5616	0.035462	0.029154	10	18.5
6 <i>Coepea bracteosa</i>	6	0.01519	0.031746	339.7846	0.01447	0.020468	13.5	20
7 <i>Crudia amazonica</i>	1	0.002532	0.007937	1206.839	0.008565	0.006345	12	18
8 <i>Diospiro duckei</i>	1	0.002532	0.007937	248.8382	0.001766	0.004078	8	14
9 <i>Dipterix odorata</i>	1	0.002532	0.007937	3848.338	0.027313	0.012594	20	30
10 <i>Echewelera amara</i>	12	0.03038	0.063492	430.0399	0.036626	0.043499	12	18.5
11 <i>Echewelera odora</i>	2	0.005063	0.015873	401.1381	0.005694	0.008877	9	16
12 <i>Euterpe oleracea</i>	177	0.448101	0.063492	78.5375	0.098662	0.203418	18	18
13 <i>Ficus trigona</i> L.f.	1	0.002532	0.007937	769.424	0.005461	0.00531	16	24
14 <i>Guararibeia guianensis</i>	3	0.007595	0.015873	232.3453	0.004947	0.009472	6	12
15 <i>Hevea brasiliensis</i>	7	0.017722	0.039683	860.4647	0.042749	0.033384	15	22.5
16 <i>Humenosa paviflora</i>	2	0.005063	0.015873	419.084	0.005949	0.008962	12	22
17 <i>Licania macrophylla</i> Benth.	6	0.01519	0.02381	479.1494	0.020404	0.019801	8	15
18 <i>Macarobium angustifolium</i>	8	0.020253	0.039683	651.4214	0.036987	0.032308	10	17.5
19 <i>Manicoua huberi</i>	4	0.010127	0.015873	769.424	0.021844	0.015948	11	23
20 <i>Mauritia flexuosa</i>	4	0.010127	0.015873	1000.342	0.013912	0.016015	28	30
21 <i>Maximiliana maripa</i>	7	0.017722	0.02381	179.0734	0.008897	0.016809	17.5	17.5
22 <i>Microphylus acutangulo</i>	4	0.010127	0.031746	268.7946	0.007631	0.016501	9	14
23 <i>Minguaritia guianensis</i>	2	0.005063	0.015873	298.6388	0.004239	0.008392	6	13
24 <i>Mora paraensis</i>	6	0.01519	0.031746	1080.998	0.046034	0.03099	15	24
25 <i>Oenocarpus bacaba</i>	2	0.005063	0.015873	153.9335	0.002185	0.007707	12	12
26 <i>Ormosia coutinho-i</i>	1	0.002532	0.007937	1188.437	0.008435	0.006301	8	26
27 <i>Ormosia nobilis</i>	2	0.005063	0.015873	1006.568	0.014288	0.011741	16	24.5
28 <i>Pentactetira macrolaba</i>	50	0.126582	0.063492	286.5127	0.101675	0.09725	7.5	14
29 <i>Pithecelobium divaricatum</i>	1	0.002532	0.007937	165.1251	0.001172	0.00388	5	12
30 <i>Pithecelobium racemosa</i>	1	0.002532	0.007937	764.5154	0.005426	0.005298	16	26
31 <i>Protium pallidum</i>	2	0.005063	0.015873	167.4105	0.002376	0.007771	6	12.5
32 <i>Pterocarpus amazonicus</i>	4	0.010127	0.031746	1017.846	0.028896	0.02359	17.5	26
33 <i>Rhedia acuminata</i>	1	0.002532	0.007937	149.5668	0.001062	0.003843	10	19
34 <i>Rinorea guianensis</i>	5	0.012658	0.031746	383.585	0.013612	0.019339	19.5	19
35 <i>Saccoglottia racemosa</i>	1	0.002532	0.007937	475.2775	0.003373	0.004614	10	15
36 <i>Shymphonia globulifera</i>	9	0.022785	0.047619	2436.618	0.155643	0.075349	14.5	21.5
37 <i>Simaruba amara</i>	1	0.002532	0.007937	359.6703	0.002553	0.00434	14	21
38 <i>Swartzia acuminata</i>	21	0.053165	0.047619	660.5004	0.098444	0.066409	11.5	19
39 <i>Tachigala mimeracrophylla</i>	1	0.002532	0.007937	100.2845	0.000712	0.003727	8	14
40 <i>Tapirira guianensis</i>	1	0.002532	0.007937	153.9335	0.001093	0.003854	12	18
41 <i>Tovomita frevistaminea</i>	1	0.002532	0.007937	314.15	0.00223	0.004233	5	17
42 <i>Trichilia lecontei</i>	2	0.005063	0.015873	176.7094	0.002508	0.007815	8	14.5
43 <i>Vateria guianensis</i>	1	0.002532	0.007937	336.5253	0.002388	0.004286	12	17
44 <i>Virola melinoria</i>	2	0.005063	0.015873	1294.581	0.018376	0.013104	21	26

TABELA 4

ACAIZAL

Especie	Nome especie	# ND.	Dens.Rel.	Freq.rel.	A.B.-cm2	Domin.rel.	Valor imp.	Alt.1 galho	Altura total
1 <i>Shymphonia globulifera</i>		6	0.011429	0.071429	951.1205	0.068229	0.050362	14	22
2 <i>Carapa guianensis</i>		3	0.005714	0.107143	683.4726	0.024515	0.045791	9	20
3 <i>Cecroa obtusa</i>		2	0.00381	0.035714	254.4615	0.006085	0.015203	7	11
4 <i>Euterpe oleracea</i>		496	0.944762	0.142857	113.094	0.670662	0.586094	16	18
5 <i>Hevea brasiliensis</i>		3	0.005714	0.071429	585.3321	0.020995	0.032712	12	18
6 <i>Inga alba</i>		1	0.001905	0.035714	226.9734	0.002714	0.013444	3	12
7 <i>Macarobium angustifolium</i>		2	0.00381	0.035714	188.6863	0.004512	0.014679	4	12.5
8 <i>Mauritia flexuosa</i>		2	0.00381	0.071429	881.3871	0.021076	0.032105	11	12.5
9 <i>Maximiliana maripa</i>		1	0.001905	0.035714	153.9335	0.00184	0.013153	5	6
10 <i>Pterocarpus amazonicus</i>		9	0.017143	0.142857	702.1331	0.075552	0.078517	11	18.6
11 <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.		3	0.005714	0.035714	401.1381	0.014388	0.018605	6.5	15
12 <i>Swartzia arborencens</i> (Aubl.) Pittie		3	0.005714	0.035714	235.0549	0.008431	0.01662	7.5	13
13 <i>Siriuba</i>		1	0.001905	0.035714	1963.438	0.023475	0.020365	22	33
14 <i>Virola</i> sp.		8	0.015238	0.107143	394.0698	0.037692	0.053358	11	17.5
15 <i>Parkia pendula</i>		2	0.00381	0.035714	829.5523	0.019836	0.019787	11	19

et al. (1989)].

A transformacao da floresta de varzea em acaizal pode ser claramente observada nos "valores de importancia". Valor de importancia e' um indice que combina densidade, frequencia e dominancia relativa. Outro indicador importante na presente analise e' a mudanca na altura do dossel da vegetacao. A diminuicao da altura do dossel nos acaizais, aliado a (quase) ausencia do sub-bosque sao fatores importantes na analise das diferencas espectrais entre a floresta de varzea e o acaizal.

A tabela 5 mostra os valores digitais ajustados utilizados para determinacao das assinaturas espectrais das formacoes vegetais. Grafico 1 mostra os valores medios para floresta de terra firme e os tres estagios de sucessao secundaria (inicial, intermediario e avancado). Grafico 2 mostra valores medios para floresta de varzea, acaizal, mangue e "aningal" e agua. Grafico 3 compara a assinatura espectral entre os cerrados de cota alta, baixa e o "imperata". Na proxima sessao serao discutidos os parametros conceituais utilizados para a caracterizacao da assinatura espectral de cada classe.

5 - DISCUSSAO E CONSIDERACOES FINAIS

Uma analise teorica dos padroes espectrais presentes nos canais do Landsat TM e' utilizada para determinar as assinaturas espectrais das classes de interesse. O modelo espectral conceitual desenvolvido em laboratorio e' utilizado para construir uma chave de classificacao coerente com as classes de uso da terra e formacoes vegetais da regioa. Um modelo espectral conceitual considera tanto as caracteristicas fisicas e biologicas das classes de interesse em relacao a reflectancia e absorcao de energia electromagnetica, quanto fatores antropicos envolvidos no manejo da vegetacao, tais como a tecnologia agro-florestal de manejo da floresta de varzea para a formacao de acaizais. Modelagem espectral conceitual envolve de maneira geral caracteristicas como: absorcao de clorofila nos canais "visivel", reflectancia do mesofilo no "infra-vermelho proximo", absorcao da agua (e umidade) nas plantas e no ambiente no "infra-vermelho medio". No entanto, outros parametros precisam ser incorporados para melhor explicar diferencas sutis entre vegetacoes similares como e' o caso entre floresta de varzea e acaizal, ou entre estagios de sucessao secundaria e floresta de terra firme. Fatores como a porcentagem de cobertura do solo, estrutura e densidade da vegetacao derivados de um inventario da vegetacao in loco permitem incorporar elemen-

tos como sombreamento e "ratio" de regeneracao que sao fundamentais para um melhor entendimento da reflectancia e absorcao de energia no "infra-vermelho proximo". Por exemplo, a estratificacao na floresta de varzea cria condicoes de sombreamento que em ultima analise representa uma "armadilha" de energia do "infra-vermelho proximo". Este fator (ver canal 4 - grafico 2) aliado a altura do dossel e' fundamental para diferenciacao da floresta de varzea do acaizal que apresenta caracteristicas de biomassa, vigor e umidade similar a floresta de varzea, porem menos estratos e conseqentemente menos sombreamento interno (ver canal 2, 3 e 5 - grafico 2). O mesmo raciocinio pode ser utilizado na diferenciacao de diferentes estagios de sucessao secundaria e floresta de terra firme (grafico 1). No caso da regioa de cerrado, caracteristica pelo contraste entre alagamento no inverno e seca no verao, a sensibilidade do "infra-vermelho medio" a umidade no ambiente e na vegetacao torna-se um mecanismo fundamental para diferenciar mudancas neste ambiente.

	CLASSES	1985	1991
1	AGUA	11.7	15.2
3	FLORESTA DE VARZEA	13.6	13.2
4	ACAIZAL	18.6	16.3
5	ANINGAL/MANGUE	5.0	5.7
6	SOLO EXPOSTO	3.8	2.9
7	PASTAGEM	2.8	2.7
8	PASTO-PALMEIRAS-ARBUSTO	0.7	0.9
9	COCAL PLANTADO	0.4	0.6
10	S.SEC. INICIAL	3.1	2.3
11	S.SEC. INTERMEDIARIA	8.0	3.1
12	S.SEC. AVANCADA	6.0	12.2
13	CERRADO (COTA ALTA)	16.9	9.6
14	CERRADO (COTA BAIXA)	2.7	13.4
15	CERRADO "IMPERATA"	3.0	1.2

Em conclusao, nossa experiencia tem mostrado que a caracteristicas oferecidas pelo sensor TM apresentam grande aplicabilidade para o mapeamento detalhado de uso da terra mesmo considerando uma escala local de analise. O papel da sucessao secundaria e outras formacoes antropogenicas, como e' o caso do acaizal, representa para a Amazonia um elo fundamental para o entendimento sobre as atividades de subsistencia das populacoes locais e a sustentabilidade a longo prazo de modelos de uso da terra. O presente trabalho esta

inserido em um projeto maior voltado para a análise da diversidade ambiental e social e suas relações com o uso da terra em diferentes regiões da Amazonia. Nossa outra área de estudo está localizada na região a oeste de Altamira onde projetos de colonização foram implantados na década de 70. Para esta área, estão sendo analisadas 5 imagens Landsat TM (1985, 1987, 1988, 1991, 1992), levantamento da vegetação (22 áreas foram amostradas em trabalho de campo em maio e julho de 1992) e dados etnográficos.

A Amazonia precisa ser desmembrada em escalas compatíveis com sua variabilidade ambiental, social, cultural e econômica. Esta pode ser uma contribuição efetiva da comunidade de sensoriamento remoto com vistas a dar suporte a implantação de políticas regionais em bases sociais e ambientais mais adequadas.

6 - AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste projeto tem sido financiado pela National Science Foundation (SES 91-00526) ao projeto "Amazon Deforestation and Carbon Cycling: Taking into account Heterogeneity, Succession and Patchiness"; e pelo Midwestern Center of the National Institute for Global Environmental Change (NIGEC) ao investigador principal Emilio Moran. Pesquisas anteriores foram efetuadas com suporte do CNPq e Museu Goeldi (403534/90-9; 150043/90-2) ao projeto "Antropologia Ecológica de Populações Caboclas do Baixo Amazonas: Subsistência e Adaptação".

Os autores devem agradecimentos especiais aos mateiros/taxonomistas Lucival Marinho e Jair da Costa, ambos funcionários da Embrapa/Cpatu - Belém e ao Dr. Mario Dantas, Embrapa-CPAF-Acre, pelo valioso trabalho junto aos levantamentos botânicos aqui apresentados; e a Andrea Dalledone Siqueira e Fabio de Castro pelos valiosos comentários ao texto. A responsabilidade das opiniões expressadas neste trabalho é somente dos autores e não das fontes financiadoras.

7 - REFERÊNCIAS CITADAS

Anderson, A. 1990. Deforestation in Amazonia: Dynamics, causes and Alternatives in Alternatives To Deforestation. Steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest. (3-10). Anthony Anderson ed. Columbia University Press NY.

Balick, M.J. 1988. Ethnobotany of Palms in the Neotropics. The Palm - Tree of Life: Utilization and Conservation. Advances in Economic Botany, vol. 6; M.J. Balick ed.: NY Botanical Garden.

Brondizio, E. & Neves, W. 1992. A percepção do ambiente natural por parte de populações caboclas do Estuário do Amazonas: uma experiência piloto através do método de trilhas pre-fixadas. Trabalho apresentado no Simposio "Uma estratégia Latino Americana para Amazonia" Marco 1992, São Paulo.

Calzavara, B.B.G. 1972. As possibilidades do acaizeiro no estuário Amazônico. Boletim da Fundação de Ciências Agrárias do Para 5:1-103.

FIBGE 1984. Base Cartográfica 1:100.000, Folha Ponta de Pedras. FIBGE 1974-1989. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, Diretoria de Pesquisas, Dep. Agropecuária.

Lima, R.R. 1956. Agricultura nas varzeas do estuário do Amazonas. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte 33: 1-164.

Moran, E., Brondizio, E., Mausell, P. Wu, Y. (in press). Deforestation in Amazonia: Land use change from ground and satellite level perspectives. Bioscience (in press).

Murrieta, R., Brondizio, E., Siqueira, A., Moran, E. 1990. Estratégias de subsistência de uma população ribeirinha da ilha do Marajo. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, série Antropologia, 5: 147-163.

Pires, J.M. 1983. Tipos de vegetação da Amazonia. Public. Avulsas Mus. Paraense Emilio Goeldi. Belém, 20: 179-202.

Prance, G. 1980. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundações. Acta Amazonica 10: 495-504.

Radam 1974. Radar da Amazonia. Departamento Nacional de Minas e Energias. DNPM.

Sader, S.A., Stone T.A., Joyce A.T. 1990. Remote sensing of tropical forests: An overview of research and applications using non-photographic sensors. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56:1343-1351.

ACT Publications 1993

No. 93-01

Mausel, P., Y. Wu, Y. Li, E.F. Moran, and E.S. Brondizio. "Spectral Identification of Successional Stages following Deforestation in the Amazon." *Geocarto International* 8(4):61-81.

No. 93-02

Moran, E. F. "Managing Amazonian Variability with Indigenous Knowledge" In *Tropical Forests, People and Food: Biocultural Interactions and Applications to Development*. C.M. Hadlik et al. (eds.). Pp. 753-765. Paris: UNESCO/Parthenon Publ. Vol. 15 in Man and the Biosphere Series.

No. 93-03

Moran, E.F. "Deforestation and Land Use in the Brazilian Amazon." *Human Ecology* 21:1-21.

No. 93-04

Moran, E.F., E.S. Brondizio, P. Mausel, and Y. Li. "Assinaturas Espectrais Diferenciando Etapas de Sucessão Secundária no Leste Amazônico" *Anais do VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 2: 202-209.

No. 93-05

Brondizio, E.S., E.F. Moran, P. Mausel, and Y. Wu. "Padrões de Assentamento Caboclo no Baixo Amazonas: Análise Temporal de Imagens de Satélite para estudos de Ecologia Humana de Populações da Amazônia". *Anais do VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 1: 16-26.

No. 93-06

Brondizio, E.S., E.F. Moran, P. Mausel, and Y. Wu. "Dinâmica na Vegetação do Baixo Amazonas: Análise temporal do Uso da Terra integrando imagens Landsat TM, levantamentos florísticos, e etnográficos". *Anais do VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 2: 38-46.

No. 93-07

Moran, E.F. "Minimum Data for Comparative Human Ecological Studies: Examples From Studies in Amazonia." *Advances in Human Ecology* 2:187-209.

No. 93-08

A. Siqueira, E. Brondizio, R. Murrieta, H. da Silva, W. Neves, R. Viertler. "Estratégias de Subsistência da População Ribeirinha Do Igarapé Paricatuba, Ilha de Marajó, Brasil." *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldt. Sér Antropol.* 9(2): 153-170. 1993.

No. 92-01

R. Murrieta, E. Brondizio, A. Siqueira, E.F. Moran. "Estratégias de Subsistência da Comunidade de Praia Grande, Ilha de Marajó, Pará, Brasil." *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldt. Sér Antropol.* 8(2): 185-201. 1992.