

Por um estudo da evolução da vegetação – da pirâmide ao NDVI

Messias Modesto dos Passos*

Resumo

O presente artigo, pretende demonstrar que é válida a premissa de premiarmos, na análise paisagística, os dados “elementares” – aqui entendidos como a identificação científica das espécies vegetais componentes das formações vegetais de floresta e de cerrado -, com a visão atualizada e ampliada, fornecida pelas imagens de satélites. No sentido de chamarmos a atenção para a contradição interna da Geografia Física - sintética no seu objeto, ela não o é, freqüentemente, no seu método -, explicitamos parte das contribuições de La Blache e de G. Bertrand, para sustentarmos esse pressuposto. A partir dessa reflexão teórica-metodológica, mostramos como a análise de um elemento da paisagem (a vegetação) pode ser efetuada no sentido de compreender-se o elemento (as espécies vegetais) e o conjunto (a formação vegetal), tomando como referência duas formações vegetais tropicais: a floresta e o cerrado. Nós partimos da contribuição da fitossociologia/pirâmides, portanto, deixando à margem a fitogeografia mais descritiva e, mais ao feitio das abordagens lablachianas. Para concluirmos este esboço, explicitamos as estratégias que devem ser adotadas para se chegar ao NDVI – Normalized Difference Vegetation Index - e, finalmente, como os dados de terreno, obtidos a partir dos levantamentos fitossociológicos, e os dados digitais, obtidos a partir das imagens de satélite, devem ser superpostos para alcançarmos maior precisão nos estudos sobre a evolução da vegetação.

* Professor do Departamento de Geografia da UEM-PR.

Introdução

A nossa Iniciação Científica se deu a partir do desenvolvimento da Dissertação de Mestrado¹. Podemos afirmar que, sob a orientação pragmática do Prof. Dr. Helmut Troppmair, colocamos um peso maior sobre a “análise elementarista da paisagem”, ou seja, as etapas da pesquisa (leituras bibliográficas, estudos de campo, estruturação e redação do texto...) obedeciam a concepção teórica-metodológica centrada no “elemento” (solo, clima, vegetação...). Na Tese de Doutorado², evoluímos para a abordagem centrada na análise integrada da paisagem ou, mais precisamente, nos esforçamos para “transladar o esboço metodológico” de G. BERTRAND (1968)³.

O estágio de Pós-Doutorado⁴ – que resultaria na Tese de Livre-Docência⁵ - foi o ponto alto da minha disposição em conciliar os estudos efetuados “no pó colorido da estrada” com a visão sincrônica e ampliada de parcelas mais amplas do território, a partir das imagens Landsat TM.

Ficou-nos uma formação acadêmica que, malgrado as suas carências, leva-nos ao esforço de premiar o “elemento” e o “conjunto” na tentativa de apreender as dinâmicas paisagísticas.

Com essa reflexão pretendemos deixar claro três aspectos da nossa produção geográfica: (a) a valoração dos estudos mais pontuais, mais localizados, mais elementares, cuja iniciação se deu a partir da orientação do ilustre Mestre, Prof. Troppmair; (b) o

¹ PASSOS, M.M. DOS - *Contribuição ao estudo dos cerrados em função da variação das condições topográficas*. USP-São Paulo, 1981.

² PASSOS, M.M. DOS, - *O Pontal do Paranapanema: um estudo de geografia física global*. USP-São Paulo, 1988.

³ BERTRAND, G. - *Paysage et géographie physique globales: esquisse methodologique*. *R.G.P.S.O.*, Toulouse, v.39, p.249-72, 1968.

⁴ No período de outubro/92 a outubro/93 realizamos estágio, a nível de Pós-Doutorado, no Laboratoire Costel/Université Rennes 2/França, cujo objetivo maior foi nos capacitar para o tratamento digital de imagens satelitares.

⁵ PASSOS, M.M. DOS – *Teledetecção Aplicada ao Estudo da Paisagem. Sudoeste do Mato Grosso*. FCT-UNESP, Campus de Presidente Prudente, 1996.

esforço em transladar o esboço geossistêmico de Sochava-Bertrand, a partir da orientação minuciosa e detalhista do Prof. Titarelli; (c) a disposição e consciência da necessidade de passarmos do “complicado” para o “complexo” através do exercício constante de apreendermos a paisagem a partir da conjugação dos dados obtidos sobre o terreno e, dos dados obtidos com a visualização das imagens satelitares.

O presente artigo, pretende demonstrar que é válida a nossa premissa de premiarmos, na análise paisagística, os dados “elementares” – aqui entendidos como a identificação científica das espécies vegetais componentes das formações vegetais de floresta e de cerrado -, com a visão atualizada e ampliada, fornecida pelas imagens de satélites.

No sentido de chamarmos a atenção para esta contradição interna da Geografia Física - sintética no seu objeto, ela não o é, freqüentemente, no seu método -, vejamos parte das contribuições de La Blache e de G. Bertrand, para sustentarmos esse pressuposto.

O elemento e o todo

Na abordagem vidaliana, o estudo da paisagem repousa sobre um quadro rigoroso à base de análises históricas, de referências geológicas e climáticas, de pesquisas pessoais sobre o relevo, enfim, sobre pesquisas e cálculos estatísticos. A fotografia e, sobretudo, a familiaridade com os mapas e com a cartografia multiplicam as referências à paisagem e diversificam as escalas de percepção e os ângulos de visão. Trata-se, pois, de uma descrição enriquecida, quase de uma descrição pseudo-paisagística. É um monumental quadro geográfico, homogêneo, exaustivo, rico de observações e de uma excessiva apresentação literária. A descrição das regiões geográficas sustentava-se, sobretudo, na aparência das coisas, *deixando na sombra a infraestrutura e seu funcionamento*.

La Blache, e seus seguidores, esforçavam-se em fazer ressaltar a *individualidade* regional, a descrição se fechava no *excepcionalismo* e bloqueava toda tentativa de conceitualização da paisagem, todo esforço para se chegar até leis gerais. Não se encontra na França um paradigma paisagístico equivalente à *landschaftskunde* que, a despeito de suas fraquezas, assegurou,

através da *landschaftokologie*, algumas bases dos "estudos integrados dos meios naturais" (geossistemas).

O esforço de Bertrand foi no sentido de passar da monografia ao modelo. A reflexão metodológica deve se dar com o objetivo de permitir "apreender *globalmente* a paisagem na sua dimensão sócio-ecológica – o termo "ecológico" sendo compreendido numa perspectiva histórica que é aquela do "estudo das relações entre as sociedades sucessivas e os espaços geográficos que elas transformam para produzir, habitar e sonhar".

Está claro que, a ruptura epistemológica (do excepcionalismo de La Blache para a análise integrada de Bertrand) se deu dentro de um novo contexto das Ciências, ou seja, a interdisciplinaridade, o globalismo, o ambientalismo e a análise dialética da natureza e da sociedade não puderam se desenvolver senão num ambiente científico dominado pelo espírito de sistema. Era o fim de uma longa tradição de setorização da pesquisa ao curso da qual os elementos, isolados de um sistema de referência, conheceram longas derivas. A recentragem em torno dos conceitos de estrutura e de sistema, e do princípio de auto-organização, relançou a Ecologia a partir do conceito renovado de ecossistema e, a Geografia Física, em torno do conceito de geossistema. Este último é lentamente separado da análise paisagística para dar nascimento a um método naturalista às margens das ciências sociais e das práticas de organização do espaço.

O sistema e o elemento tornaram-se termos antagônicos de uma mesma atitude científica. Eles não podem se definir senão um em relação ao outro, no seio de um mesmo projeto. O elemento não é senão uma parte, dito de outro modo, um subsistema. Este elemento pode ser considerado por sua vez, numa outra escala ou numa outra perspectiva, como um sistema. O elemento não é, pois, elementar e ele possui sua própria complexidade. Não se trata portanto de uma simples convenção: o método consiste em considerar organizações e rupturas objetivas entre os elementos e os sistemas, entre as árvores e as formações vegetais:

· O diálogo entre a parte e o todo não pode ser unilateral. A mesma árvore não é a mesma vista por um florestal, um pastor, um cidadão, um fitossociólogo ou fitogeógrafo. O elemento deve ser situado na encruzilhada de muitos sistemas, e este entrecruzamento

funda novas relações interdisciplinares, complementares e multidimensionais, que vão bem além do antigo consenso globalizante.

Lembremos, uma vez mais, que o mérito de G. BERTRAND reside no seu desejo de ultrapassar os estágios da descrição e da classificação para atingir aquele da sistematização dos elementos da paisagem e de seus atributos. Esse autor que preconiza um método "global" *a priori*, fundado sobre a dedução a partir de modelos, está inteiramente consciente do bloqueio atual da metodologia geográfica:

*"A Geografia Física, pelo menos aquela que se pratica habitualmente, repousa sobre uma considerável contradição interna: sintética por seu objeto, ela não o é, freqüentemente, no seu método. Ela tenta entender os conjuntos naturais a partir de passos setoriais (geomorfologia, climatologia, hidrologia, biogeografia...). A síntese intervém, quase sempre, a posteriori... Aliás, trata-se mais freqüentemente de uma síntese com finalidade geomorfológica que de uma apreensão global da paisagem"*⁶.

O estudo da vegetação

A partir dessa reflexão teórica-metodológica, vejamos como a análise de um elemento da paisagem (a vegetação) pode ser efetuada no sentido de compreender-se o elemento (as espécies vegetais) e o conjunto (a formação vegetal), tomando como referência duas formações vegetais tropicais: a floresta e o cerrado. Nós vamos partir da contribuição da fitossociologia/pirâmides, portanto, deixando à margem a fitogeografia mais descritiva e, mais ao feitio das abordagens lablachianas. Para concluirmos este esboço, explicitaremos as estratégias que devem ser adotadas para se chegar ao NDVI – Normalized Difference Vegetation Index - e, finalmente, como os dados de terreno, obtidos a partir dos levantamentos fitossociológicos, e os dados digitais, obtidos a

⁶ G. BERTRAND. *Ecologie de l'espace géographique. Recherche pour une "science du paysage"*. *Compte-Rendu des Séances de la Société de Biogéographie*, jan. 1971, n° 404-406, p. 195-205.

partir das imagens de satélite, devem ser superpostos para alcançarmos maior precisão nos estudos sobre a evolução da vegetação.

A fitossociologia aplicada ao estudo da evolução da vegetação: as fichas e pirâmides de vegetação.

Para a realização dos levantamentos fitossociológicos recomendamos as indicações apresentadas por BERTRAND⁷: em primeiro lugar escolhe-se, sobre o terreno, um setor que represente as características essenciais da formação vegetal, objeto de estudo. Em seguida, delimita-se um círculo de dez metros de raio.

Uma vez definida a área, efetua-se as anotações na ficha biogeográfica que consta de duas partes independentes: na superior, a parte fitossociológica, onde são relacionadas as espécies vegetais mais importantes que ocorrem na formação segundo os estratos (Figura 1); na inferior, a parte geográfica, onde se detalha os fatores biogeográficos que interferem na referida formação vegetal, além de ser assinalada a dinâmica do conjunto observado.

Para se detalhar as características geográficas, na parte inferior da ficha, é necessário um estudo prévio dos fatores do potencial ecológico que intervêm na paisagem. Conhecer, previamente, as características climáticas, os tipos principais de solo e o substrato geológico, supõe uma boa preparação para que, ao tomar contato com o terreno, não surjam dúvidas derivadas de uma falta de estudo. Ainda mais, com uma certa informação prévia, é possível acrescentar-se observações de interesse e matizar a cartografia que existe sobre a área. As medidas de altitude, inclinação da vertente e exposição devem ser tomadas "in situ", com os aparelhos específicos: altímetro, clinômetro e bússola.

Em relação às espécies vegetais, trabalha-se a partir dos parâmetros de análises já clássicos na ciência Botânica, mais precisamente na Fitosociologia: Abundância-Dominância e Sociabilidade.

Abundância-Dominância equívale à superfície coberta pelas plantas. BERTRAND utiliza para seu estudo da Liebana

⁷ BERTRAND, G. (1966): "Pour une étude géographique de la végétation". R.G.P.S-O, t. XXXVII, TOULOUSE, Págs. 129-145.

(1964) a seguinte escala, tomada por sua vez de BRAUN-BLANQUET:

5	cobrindo entre	75% e	100 %.
4	cobrindo entre	50% e	75 %.
3	cobrindo entre	25% e	50 %.
2	cobrindo entre	10% e	25 %.
1	Planta abundante porém com valor de cobertura baixo, não superando a 10%.		
+	alguns raros exemplares		

Sociabilidade indica o modo de agrupamento das plantas. BERTRAND adota a escala estabelecida por BRAUN-BLANQUET (1979: 40), já empregada por nós nos estudos sobre os cerrados brasileiros (PASSOS, 1981: 23):

5	população contínua; manchas densas.
4	crescimento em pequenas colônias; manchas densas pouco extensas.
3	crescimento em grupos.
2	agrupados em 2 ou 3.
1	indivíduos isolados.
+	planta rara ou isolada.

"O grau de sociabilidade da maioria das espécies é fortemente influenciado pelas condições do habitat e da competência" (BRAUN-BLANQUET, 1979: 40). "A sociabilidade de muitas espécies está submetida às grandes oscilações, sobretudo em terras desnudas, cultivos abandonados, zonas submetidas às queimadas, bosques cortados e abandonados, etc." (BRAUN-BLANQUET, 1979: 41).

Além da abundância-dominância e da sociabilidade por espécie vegetal, anota-se, na coluna à direita da ficha biogeográfica, a abundância-dominância por estrato, a qual será representada na pirâmide de vegetação.

Uma vez efetuado o levantamento fitossociológico, conclui-se os trabalhos, de cada lote, com a tomada de fotografias.

Após os inventários, procede-se à construção da pirâmide de vegetação.

A pirâmide de vegetação é uma representação gráfica da estruturação vertical de uma formação vegetal qualquer, cuja metodologia para construí-la foi bem explicitada por BERTRAND (1966: 129-145):

Sobre um papel milimetrado, toma-se um segmento de reta horizontal de 10 cm. de comprimento. Sobre esta base e no seu centro, ergue-se, perpendicularmente, o eixo da pirâmide. Dispõe-se os estratos de vegetação simetricamente em relação ao eixo, considerando sua ordem normal de superposição, de seu índice de recobrimento (abundância-dominância 1 = 1 cm, 2 = 2 cm, 5 = 5 cm). A espessura de cada estrato, representado na pirâmide, está determinada arbitrariamente, de modo a facilitar as interpretações biogeográficas: estrato 1 = 0,5 cm, estrato 2 e 3 = 1 cm, estrato 4 = 1,5 cm, estrato 5 = 2 cm.

A construção da pirâmide é concluída com outras informações:

– na base, coloca-se as informações relativas à serrapilheira (espessura, superfície coberta), pois esta joga um papel essencial no equilíbrio da formação. Abaixo desta, indica-se o tipo de solo (espessura, perfil simplificado) e a rocha-mãe. Para se ter uma imagem precisa das condições estacionais (inclinação, insolação, escoamento...), oscila-se a pirâmide de um ângulo igual ao valor da inclinação da vertente sobre a qual se encontra a formação;

– enfim, as flechas indicam a dinâmica dos diferentes estratos.

No presente estudo, as “pirâmides de vegetação” foram construídas a partir do *software* “VEGET”, elaborado, com uma linguagem informática básica, pelo Prof. Dr. Miguel Angel Luengo Ugidos - Universidad de Salamanca/Espanha.

FICHA BIOGEOGRÁFICA.....		Nº
FORMAÇÃO:		
Região:	Domínio:	
Município:	Série:	
Local:		
ESTRATOS	Por espécie vegetal A/D S	Por estrato A/D
ARBÓREO:		
ARBORESCENTE:		
ARBUSTIVO:		
SUBARBUSTIVO:		
HERBÁCEO-RASTEIRO:		
HUMUS:		
ALTITUDE:	INCLINAÇÃO:	EXPOSIÇÃO:
CLIMA:		
MICROCLIMA:		
ROCHAMÃE:		
SOLO:		
EROSÃO:		
AÇÃO ANTRÓPICA:		
DINÂMICA DE CONJUNTO:		

Figura 1 - Modelo de Ficha Biogeográfica, segundo Bertrand, 1966.

Para ilustrarmos e, ao mesmo tempo sermos mais didático, na transmissão do procedimento para se chegar ao resultado final, ou seja, à construção da pirâmide de vegetação, vejamos: (a) as fichas de campo, preenchidas, (b) as respectivas pirâmides, efetuadas a partir do Programa VEGET (esclarecemos que a pirâmide pode ser construída manualmente, seguindo-se as instruções anteriores) e, (c) as respectivas fotografias, tomadas sobre o terreno.

Lote nº 1. FORMAÇÃO VEGETAL DE CERRADO (SAVANA).					
Chapada dos Parecis. FAZENDA BRANCA/MT.					
DOMÍNIO TROPICAL			Série de Cerrado Aberto/Parque		
Data: 08-I-1994.					
Espécies por ESTRATOS	Nº de Indiv.	Alt (m) (aprox.)	Espécies		Estrato
			A/D	S	A/D
ARBÓREO:					
ARBORESCENTE:					
"Pau-terra"/ Qualea sp	1	8	1	+	1
"Pau-santo"/ Kielmeyera sp	1	8	1	+	=
"Pequi"/ Caryocar brasiliensis	1	6	1	+	
ARBUSTIVO:					
SUBARBUSTIVO:					
HERBÁCEO/RASTEIRO:					
"Capim flechinha"/ Aristida sp	30	0,5	2	3	
"Capim-colchão"/ Andropogon sp	30	0,4	2	3	4
"Grama-do-campo"/ Echinolaena inflexa	30	0,3	3	4	=
HUMUS: pouco significativo.					
ALTITUDE: 740 m INCLINAÇÃO: 1 % EXPOSIÇÃO: Indiferente					
CLIMA: Tropical, quente e subúmido. Precipitação: 1.500 mm a 1.700 mm. O período seco é bem marcado. As temperaturas médias são mais altas entre 24⁰ C e 25⁰ C e a umidade relativa reduz-se a valores abaixo de 60 % nos meses de estiagem. Os meses mais quentes são os compreendidos entre agosto e novembro, quando a radiação é intensa e o ar está seco; com a chegada das chuvas a temperatura diminui.					
MICROCLIMA: A vegetação aberta ao lado da forte insolação reduz as possíveis diferenciações microclimáticas...					
ROCHA-MÃE: Arenitos do Grupo Parecis.					
SOLO: Areia Quartzosa (relevo plano).					
EROSÃO: Ausente. Contudo, acreditamos que a eliminação da cobertura de cerrado para a implantação de extensos projetos agropecuários sustentados, principalmente, na monocultura da soja cujo manejo exige elevado índice de mecanização, desencadeará um rápido processo de erosão laminar e em sulco com assoreamento das nascentes localizadas no "segundo degrau" da Chapada dos Parecis.					
AÇÃO ANTRÓPICA E DINÂMICA DE CONJUNTO: A construção da BR-364, acompanhada do avanço da fronteira agrícola verificado com maior intensidade a partir da segunda metade dos anos 70, "reorganizou" o espaço na Chapada dos Parecis: invasão de reservas indígenas, especulações as mais diversas pela posse da terra, "modernização" agrícola, transformação radical da paisagem					

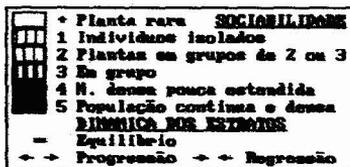
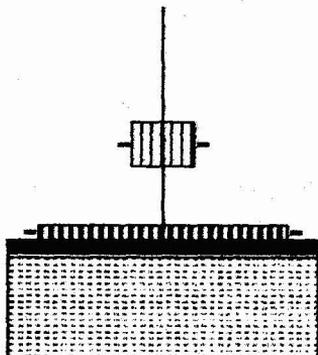
Lote nº 2 FORMAÇÃO: FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL					
Município: Jauru/MT - "Fazenda Triângulo/Guapé". Margem esquerda do R. Guaporé, a aproximadamente 80 km. ao Sul de suas nascentes. Próximo da ponte sobre o Guaporé, na MT 358.					
Domínio Tropical. Série da floresta climática submontana. Data: 9-IX-94.					
Espécies por ESTRATOS	Nº de Indiv.	Alt (m) (aprox.)	Espécies		Estrato
			A/D	S	S
ARBÓREO:					
"Jacatã	5	25	1	1	
"Pimenteiro"	3	28	1	1	
"Mogno"/ <i>S. macrophylla</i>	1	35	+	1	3
"Giloção"	1	37	+	1	
<i>Myroxilon peruiferum</i>	2	37	1	1	=
<i>Pterodon emarginatus</i>	1	39	+	1	
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	2	40	1	1	
<i>Micandra elata</i>	2	35	1	1	
<i>Chorisia speciosa</i>	1	40	+	1	
ARBORESCENTE					
"Embaúba"/ <i>Cecropia</i> sp	2	20	1	1	
"Cauíuba"	2	20	1	1	2
<i>C. gossypiosperma</i>	6	16	2	1	↔
"Canela"/ <i>Nectandra</i> /sp	2	15	1	1	
ARBUSTIVO					
"Cana-de-pito"	4	8	2	1	+
"Sete-pernas"	1	3	+	1	=> <=
"Arapoquinha"	4	3	2	1	
SUBARBUSTIVO					
"Arapoquinha"	20	2	3	3	↔
HERBÁCEO/RASTEIRO					
"Arapoquinha"	20	1	2	3	1
Outras			2	1	↔
HUMUS: Matéria orgânica sem decomposição (folhas secas e raízes)					
ALTITUDE: 285 M INCLINAÇÃO: 1 % EXPOSIÇÃO: Indiferente					
CLIMA: Tropical, quente e subúmido. Precipitação anual: 1.500 a 1750 mm. com caráter estacional: seca no inverno (de 4/6 meses) e chuvas no verão (5/7 meses). Temperatura média anual de + ou - 23 °C com altas oscilações térmicas diárias no inverno.					
MICROCLIMA: umidade elevada pela ação do dossel arbóreo. ROCHA MÃE: Embasamento cristalino de rochas metamórficas que bordejam pelo Sul a Chapada dos Parecis. Complexo Xingu, próximo do contacto com as rochas sedimentares mesozóicas.					
EROSÃO SUPERFICIAL: Desprezível. AÇÃO ANTRÓPICA: Atualmente nenhuma, porém há sinais de retirada de madeira. DINÂMICA DE CONJUNTO: Com o cessar da exploração madeireira ("mogno"), observa-se que as "clareiras" começam a ser recuperadas por exemplares jovens. O conjunto da formação, portanto, está em equilíbrio com uma clara tendência à progressão por regeneração.					

cerrado

Nº chave: Branca
Data.....: 88-1-94

Fazenda Branca
Campos Novos dos Parecis
Mato Grosso - Brasil

Latitude: 14 ° 45 ' S
Longitude: 58 ° 50 ' W
Temp. média anual: 24 °C
Prec. anual.....: 1650 mm
Altitude.....: 740 m
Sem inclinação = superfície plana
Exposição.....: indiferente



Arquiteto

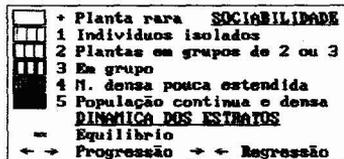
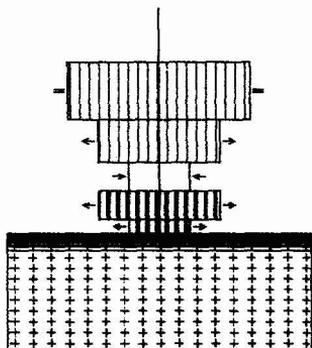
FIGURA 2 – Pirâmide resultante de estudos fitossociológicos (ver Ficha/lote 1) realizados na Chapada dos Parecis – Fazenda Branca/MT.

Floresta Estacional Semidecidual

Nº chave: Guape
Data.....: 9-IX-94

Fazenda Guape
Jauru
Mato Grosso - Brasil

Latitude: 15 ° 10 ' S
Longitude: 58 ° 57 ' W
Temp. média anual: 23 °C
Prec. anual.....: 1600 mm
Altitude.....: 285 m
Sem inclinação = superfície plana
Exposição.....: indiferente



Complexo Kingu

FIGURA 3 – Pirâmide resultante de estudos fitossociológicos (ver Ficha/lote 2) realizados no Vale do Guaporé – Fazenda Triângulo/Guapé/MT.



FOTO 1 Vegetação de cerrado (parque) observada no Lote 1 – Figura 2 (Pirâmide) e, assinalada (esfera branca) na Figura 4 (NDVI). Fazenda Branca/Chapada dos Parecis/MT.

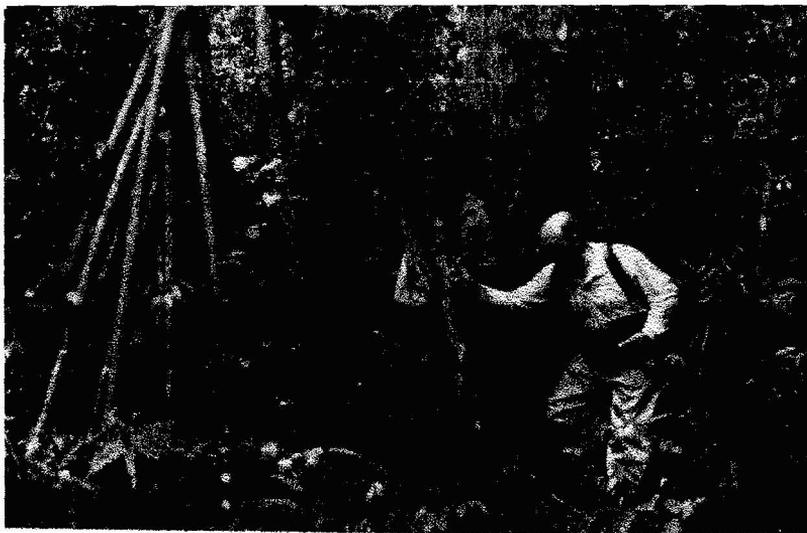


FOTO 2 – Vegetação de floresta tropical observada no Lote 2 – Figura 3 (Pirâmide) e, assinalada (esfera branca) na Figura 5 (NDVI). Fazenda Triângulo/Guapé – Vale do Guaporé – Sudoeste do Mato Grosso.

O Índice de Vegetação: Normalized Difference Vegetal Index/NDVI

A identificação das diversas coberturas vegetais e sua cartografia espacial tornaram-se possíveis graças aos tratamentos aplicados às imagens satelitares. Muitas combinações lineares de canais AVHRR são utilizadas para este fim, de maneira a obter indicações as mais precisas possíveis do desenvolvimento da vegetação e de acompanhar sua evolução têmporo- -espacial (J.C. Price, 1983, 1986 e 1990; Cassels et al. 1984; G. Gutman, 1987; J. P. Laguarde, 1987; B. Seguin, 1989; L. Hubert, 1989; J. Mounier, 1990).

O princípio destas combina es denominadas * ndices de vegeta o*, se apoia sobre o cálculo da diferença das respostas espectrais dos vegetais nos comprimentos de ondas do visível e do infra-vermelho próximo (canais 3 e 4 do LANDSAT TM). As varia es espaciais destas respostas permitem dissociar as superficies vegetais daquelas de solos nus ou fracamente cobertas.

Na verdade, cada superficie reage diferentemente segundo a gama de comprimento de onda considerada. Existe um contraste marcante entre o comportamento espectral de um vegetal e aquele de um solo nu ou de uma vegeta o aberta ou desidratada. A vegeta o densa, por exemplo, reflete muito da energia solar incidente no PIR (infra-vermelho próximo), enquanto que, no visível, ela absorve mais e reflete menos, seguida da absor o da radia o solar pelos pigmentos foliares. Ao contrário, o solo possui uma reflectância mais elevada no visível; este comprimento de onda fornecer , sobretudo, indica es sobre o estado da vegeta o e sua cobertura do solo.

Os  ndices de vegeta o têm por objetivo estudar as varia es espaciais da vegeta o em crescimento ou submetida a um *stress* e mais particularmente, a um *stress* hídrico. Eles se exprimem por combina es matemáticas de valores de luminância nos diferentes gama de comprimento de onda das radia es refletidas, notadamente os gamas do visível e do PIR. Numerosos  ndices foram ajustados em fun o do número de canais dos satélites. A este respeito nos apoiaremos nos dossiês de R. BARIOU et al., (1985), sobre os * ndices de vegeta o*.

O NDVI (Normalized Difference Vegetal Index), é uma relação de uma diferença de canais, sobre uma soma de canais (J.W.ROUSSE & al., 1973).

Ele se calcula como segue:

$$\text{PIR} - \text{R} / \text{PIR} + \text{R} = \frac{\text{CANAL TM4} - \text{CANAL TM3}}{\text{CANAL TM4} + \text{CANAL TM3}}$$

Obtendo-se assim, um neocanal composto do canal TM3 e TM4.

A aplicação desta fórmula, a cada pixel da imagem, resulta na caracterização das variações da densidade e da qualidade da vegetação e, pois, na identificação/visualização dos diferentes níveis/índices de cobertura vegetal de cada uma das *unidades básicas* em estudo. Teoricamente, os valores do NDVI estão compreendidos entre 0 (solo nu) e 1 (forte cobertura vegetal).

Na realidade, um estudo multi-temporal da vegetação exige numerosas correções, de maneira a melhorar a qualidade dos dados e a torná-los comparáveis. É preciso levar em conta muitos efeitos que alteram a qualidade das medidas radiométricas: os efeitos atmosféricos que intervêm na difusão; as variações das condições de iluminação (ângulos solares); os ângulos de visada; problemas dos captores, etc.

Para a nossa escala de estudo, somente os efeitos do ângulo solar e das alterações atmosféricas foram corrigidos segundo o método proposto por P.S. Chaves, 1989 (L. Hubert, 1989):

$$C' = \cos z (C-H)$$

C : é o valor bruto do pixel.

C' : é o valor corrigido,

z : é o ângulo zenital do sol.

H: é o valor numérico exprimindo a difusão devida aos efeitos atmosféricos; ele é o valor minimal de toda a imagem, correspondendo normalmente àquela do mar, próximo de zero.

O NDVI elimina quase todas as difusões atmosféricas e o efeito das sombras, mas é mais sensível para o ângulo de visada.

No NDVI da Chapada dos Parecis (lote 1, Figura 2) a densidade da cobertura vegetal é baixa (cerrado), conforme podemos constatar pela visualização da Figura 4. Ao contrário, o NDVI da Fazenda Triângulo/Guapé - Vale do Guaporé (lote 2, Figura 3) é alto (floresta tropical), conforme podemos constatar pela visualização da Figura 5.

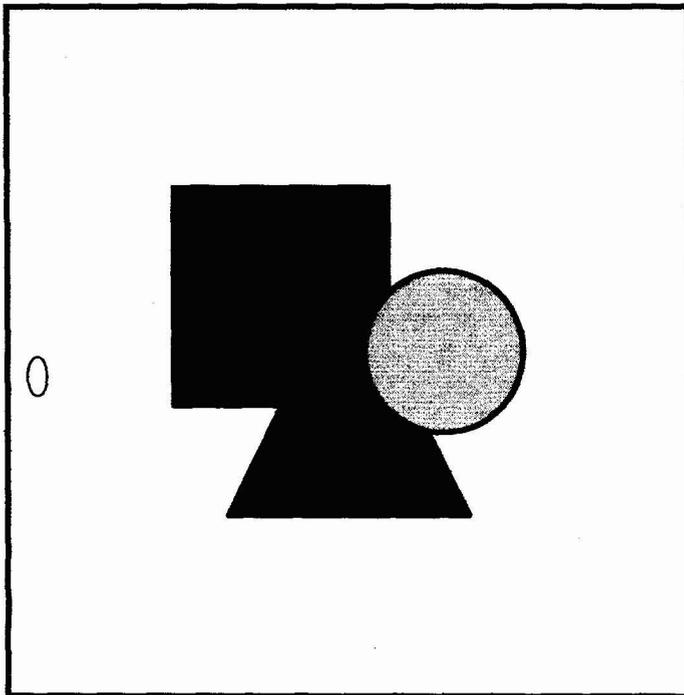


FIGURA 4 – NDVI da Chapada dos Parecis (Fazenda Branca, lote 1, Figura 2), que acusa a baixa *Densidade da Cobertura Vegetal* desse setor da Chapada dos Parecis. A tonalidade vermelha refere-se aos mais baixos índices de vegetação, conforme se constata pela legenda colocada à direita da “foto”. A tonalidade amarelada acusa a ocorrência da área de cana-de-açúcar degradada e, ainda, de vegetação de cerrado aberto (parque) com predomínio do estrato rasteiro (gramíneas). A tonalidade esverdeada focaliza os mais elevados índices de vegetação, junto às nascentes dos rios Guaporé e Jauru e, ainda, no retângulo ocupado por *Eucalyptus sp*, cujos exemplares estão dispostos de forma a representarem as letras da palavra BRANCA. A mancha (esfera branca) assinala o local onde efetuamos os levantamentos fitossociológicos (Lote 1/Foto 1/ Figura 2).

Embora o NDVI forneça um certo número de informações, ele não é suficiente, por si só, para o estudo completo da "cena"/da unidade básica e, portanto, é imprescindível que se faça algumas correlações, com as observações sobre o terreno.

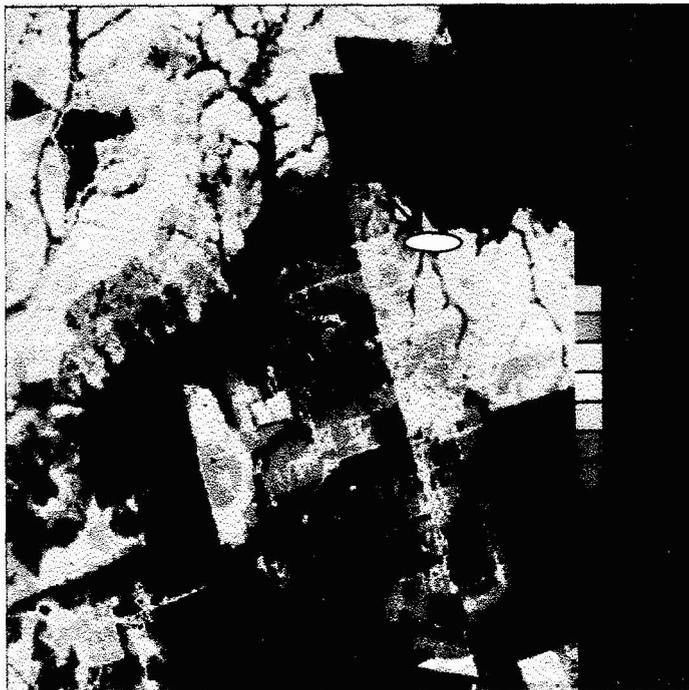


FIGURA 5 – O Índice de Vegetação da Fazenda Triângulo/Guapé (lote 2, Figura 3) acusa elevada *Densidade da Cobertura Vegetal* (tonalidade esverdeada). A diferença de tonalidade observada na área com *Hevea* deve-se à perda parcial das folhas na estação seca do ano (julho), mais acentuada em determinados lotes. A tonalidade amarelada indica as áreas de pastagens artificiais. A tonalidade avermelhada indica as áreas de solo nu, como está definido na mancha vermelha entre os dois córregos que aparecem a noroeste da figura e, ainda, na faixa retangular formada pelo campo de pouso da fazenda, localizado a sudeste da "foto". A mancha (esfera branca) assinala o local onde efetuamos os levantamentos fitossociológicos (Lote 2/Foto2/Figura 3).

Considerações finais

Não é possível entendermos o todo se não termos o conhecimento suficiente das partes. Lamentavelmente, muitos estudos que se propõem à análise integrada da paisagem – explicitando tal objetivo na abordagem teórica-metodológica – acabam realizando uma análise setorizada, regra geral, muito superficial.

Uma contribuição significativa, para a análise integrada da paisagem, somente será dada quando for possível fazermos figurar sobre um documento único a vegetação e os principais fatores do meio que a condiciona ou, que ela (a vegetação) permita, inversamente, analisar. Quando chegarmos a esse nível, realizaremos uma verdadeira cartografia ecológica. O geógrafo não vê a floresta porque as árvores não deixam...

O método dos inventários fitossociológicos aplicado à Biogeografia e a sua representação através de gráficos tipo pirâmide, ou seja, sustentado no estudo vertical da vegetação, é de grande importância no sentido de revelar, ao mesmo tempo, a evolução da vegetação e as condições biogeográficas do tapete vegetal que nas imagens satelitares, embora apareçam bem nos seus aspectos de espacialização, não é possível, por exemplo, determinarmos os estratos e a identificação das espécies.

A comparação entre as pirâmides permite algumas interpretações a respeito da evolução/dinâmica da vegetação e, ainda, fornece parâmetros importantes à aplicação da teledeteção ao estudo da paisagem.

As pirâmides traduzem perfeitamente a concorrência entre as espécies. Nas formações florestais, os estratos superiores sufocam as plantas dos estratos inferiores, interferindo na evolução da vegetação. Ao contrário, as áreas desmatadas e posteriormente abandonadas são invadidas por espécies subarbustivas muito competitivas que, ao recobrirem o solo, atuam no sentido de protegê-lo da erosão.

A floresta tropical biodiversa do Alto Guaporé-Jauru passa do estágio de biostasia para o de resistasia muito abruptamente. O aprofundamento do lençol freático, observado 4/5 anos após o

desamamento é, no meu entender, o maior obstáculo a uma dinâmica progressiva da vegetação.

Para se estudar o equilíbrio de uma formação vegetal e suas relações com a erosão, é preciso, pois, considerar, em primeiro lugar, a "abertura" ou a "fechadura" do tapete vegetal ao nível do solo. Na zona tropical úmida, as formações abertas secundárias associadas às séries regressivas agudizam o já delicado problema das relações dinâmicas entre a vegetação e a erosão "biológica". A erosão é um fator de mobilidade ecológica. Os ravinamentos provocam o desaparecimento do solo, a migração dos substratos coloidais e a seca biológica do substrato. O complexo absorvente se empobrece. A vegetação não pode mais se regenerar normalmente. As espécies exigentes desaparecem. O tapete vegetal se modifica. A floresta abatida não se reconstitui e deixa o espaço livre à erosão. Os elementos climáticos se "transformam em agentes morfogenéticos". O super-uso e as queimadas anuais abrem o tapete vegetal, os solos são erodidos e a evolução da vegetação, certamente irreversível, resulta em formações secundárias constituídas por espécies menos exigentes. Muitas espécies estabelecidas em fases de *otimum climaticum*, não têm "valência ecológica" suficiente para resistirem às novas condições ambientais. A erosão torna-se então um rigoroso "fator-limitante".

Apesar da baixa fertilidade das areias quartzosas, a área de cerrado da Chapada dos Parecis se mostra, ecologicamente, apta para produzir culturas anuais com uso sustentado de corretivos e fertilizantes em um sistema de rotação de lavouras durante ciclos mais ou menos prolongados, segundo o grau de tolerância dos solos. Diante da "marcha do capital para o campo", pode-se prever que o processo de eliminação das atuais áreas de cerrado para introdução da soja ou mesmo para a formação de pastagens (em áreas de topografia mais movimentada), que vem ocorrendo na área a partir de 1970, seja mantido, em detrimento da proteção das cabeceiras dos rios Guaporé e Jauru e, pior, em total desrespeito às Reservas Indígenas aí existentes.

– Descendo a Chapada dos Parecis em direção ao Sul, chega-se à área de floresta do Planalto do Alto Jauru, Vale do Guaporé. É nessa porção do território que o desmatamento foi mais

intenso; no início, para o plantio de culturas anuais e após, para a formação das fazendas. Com exceção da Fazenda Triângulo/Guapé onde observa-se a área de *heveacultura* (sudoeste da área), há predomínio das áreas de pastagens com destaque de algumas manchas significativas de mata que aparecem "ilhadas" pelo capim colômbio ou pela *brachiária*, em claro processo de coalescência.

– As pequenas áreas de solo nu são, na verdade, pastagens em processo de renovação, ou seja, o capim colômbio introduzido no início (1972), já não apresenta o mesmo vigor e está sendo gradeado para ceder o espaço à *brachiária*, mais tolerante às pragas, ao período seco e à perda de fertilidade do solo.

Finalmente, queremos deixar claro que, a aplicação da Teledeteção ao estudo da paisagem requer o conhecimento de cada detalhe em si mesmo e, ainda, da integração dos elementos do meio natural.

Tais pesquisas devem se fundar principalmente, sobre a óptica naturalista. Na verdade, a natureza das interações no interior das paisagens, difere segundo os tipos de meios naturais. Será, pois, ilusório e incorreto quereremos estabelecer um tipo de catálogo de descrição das paisagens identificáveis sobre os diversos tipos de Teledeteção.

É bom lembrar que o uso da Teledeteção não é totalmente válido e eficaz, senão quando inserido no conjunto dos nossos conhecimentos sobre a dinâmica da paisagem.

O satélite e seus captores, como também seu sistema de transmissão de dados e as estações terrestres de recepção representam uma grande realização técnica que oferece grandes possibilidades à pesquisa. Contudo, para que estas possibilidades sejam plenamente utilizadas, é preciso que os pesquisadores, entre eles os geógrafos, desenvolvam métodos que lhes permitam tirar proveito do arsenal técnico disponível.

Referências bibliográficas

- BARIOU, R. Manuel de télédétection. Paris: Sodipe, 1978.
- BERTRAND, G. Esquisse biogéographique de La Liebana (Massif Cantabrique, Espagne): la dynamique des paysages. R.G.P.S.O. Toulouse, v.35, p.225-61, 1964a.
- BRAUN BLANQUET, J. Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: Blume, 1979.
- HUBERT-MOY, L. Télédétection et zones inondables: approche théorique et applications du visible a l'infrarouge moyen. In: BARIOU, R. Dynamique de l'eau et télédétection. Rennes: Université Rennes 2, 1994. p.361-80.
- PASSOS, M.M. dos *Teledeteccão aplicada ao estudo da paisagem. Sudoeste do Mato Grosso*. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente/SP: FCT-UNESP, 1996, 362 pp.