

## O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) E A PIRÂMIDE DE VEGETAÇÃO: - Abordagens complementares -

Prof. Dr. 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 feito 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.

**Palavras Chaves:** índice de vegetação, pirâmide de vegetação, fitossociologia.

### INTRODUÇÃO

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.

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”.

---

(\*) Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP  
Câmpus de Presidente Prudente –

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"<sup>1</sup>.

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 feito 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 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 BERTRAND<sup>2</sup>: 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

<sup>1</sup> G. BERTRAND, Ecologie de l'espace géographique. Echerche pour une "science du paysage". *Compte-Rendu des Séances de la Société de Biogéographie*, jan. 1971, n° 404-406, p. 195-205.

<sup>2</sup> BERTRAND, G. (1966): "Pour une étude géographique de la végétation". **R.G.P.S-O, t. XXXVII, TOULOUSE, Págs. 129-145.**

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

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

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

<b>5</b>	população contínua; manchas densas.	
<b>4</b>	crescimento em pequenas colônias; manchas pouco extensas.	densas
<b>3</b>	crescimento em grupos.	
<b>2</b>	agrupados em 2 ou 3.	
<b>1</b>	indivíduos isolados.	
<b>+</b>	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, pág. 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, pág. 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, págs. 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 e, traduzido pelo Prof. Dr. Messias Modesto dos Passos - UNESP, câmpus de Presidente Prudente.

FICHA BIOGEOGRÁFICA ..... No .....		
FORMAÇÃO: .....		
Região: .....		Domínio: .....
Município: .....		Série: .....
Local: .....		
<hr/>		
E S T R A T O S	Por espécie vegetal A\ D                      S	Por estrato A\ D
<hr/>		
ARBÓREO:		
<hr/>		
ARBORESCENTE:		
<hr/>		
ARBUSTIVO:		
<hr/>		
SUBARBUSTIVO:		
<hr/>		
HERBÁCEO-RASTEIRO:		
<hr/>		
HUMUS:		
<hr/>		
ALTITUDE: ..... INCLINAÇÃO: ..... EXPOSIÇÃO: .....		
CLIMA: .....		
MICROCLIMA: .....		
ROCHA-MÃE: .....		
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.

<b>Lote nº 1. FORMAÇÃO VEGETAL DE CERRADO (SAVANA).</b>					
Chapada dos Parecis. FAZENDA BRANCA\MT.					
<b>DOMÍNIO TROPICAL</b>			<b>Série de Cerrado Aberto\Parque</b>		
<b>Data:</b> 08-I-1994.					
Espécies por ESTRATOS	Nº de Indiv.	Alt (m) (aprox.)	ESPÉCIES		ESTRATO
			A/D	S	A/D
<b>ARBÓREO:</b>					
<b>ARBORESCENTE:</b>					
- "Pau-terra"\ Qualea sp	1	8	1	+	1 =
- "Pau-santo"\ Kielmeyera sp	1	8	1	+	
- "Pequi"\ Caryocar brasiliensis	1	6	1	+	
<b>ARBUSTIVO:</b>					
<b>SUBARBUSTIVO:</b>					
<b>HERBÁCEO\RASTEIRO:</b>					
- "Capim flechinha"\ Aristida sp	30	0,5	2	3	4 =
- "Capim-colchão"\ Andropogon sp	30	0,4	2	3	
- "Grama-d0-campo"\ Echinolaena inflexa	30	0,3	3	4	
<b>HUMUS:</b> pouco significativo.					
<b>ALTITUDE:</b> 740 m <b>INCLINAÇÃO:</b> 1 % <b>EXPOSIÇÃO:</b> Indiferente					
<b>CLIMA:</b> 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 24 0 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.					
<b>MICROCLIMA:</b> A vegetação aberta ao lado da forte insolação reduz as possíveis diferenciações microclimáticas...					
<b>ROCHA-MÃE:</b> Arenitos do Grupo Parecis.					
<b>SOLO:</b> Areia Quartzosa (relevo plano).					
<b>EROSÃO:</b> 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.					
<b>AÇÃO ANTRÓPICA E DINÂMICA DE CONJUNTO:</b> 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					

<b>Lote nº 2 FORMAÇÃO: FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL</b>						
Município: Jauru\MT - "Fazenda Triângulo/Guaporé". Margem esquerda do R. Guaporé, a aproximadamente 80 km. ao Sul de suas nascentes. Próximo da ponte sobre o Guaporé, na MT 358.						
<b>Domínio Tropical. Série da floresta climática submontana. Data:</b> 9-IX-94.						
Espécies por ESTRATOS	Nº DE Indivíduos	Altura (m) (aprox.)	ESPÉCIES		ESTRATO	
			A/D	S	S	
<b>ARBÓREO:</b>						
- "Jacatιά	5	25	1	1	3	
- "Pimenteiro"	3	28	1	1		
- "Mogno"\ S. macrophylla	1	35	+	1		
- "Giloção"	1	37	+	1	= = =<=>	
- Myroxilon peruiferum	2	37	1	1		
- Pterodon emarginatus	1	39	+	1		
- Aspidosperma polyneuron	2	40	1	1		
- Micandra elata	2	35	1	1		
- Chorisia speciosa	1	40	+	1		
<b>ARBORESCENTE</b>						
- "Embaúba"\ Cecropia sp	2	20	1	1		2 =<=>
- "Cauituba"	2	20	1	1		
- C. gossypiosperma	6	16	2	1		
- "Canela"\ Nectandra\sp	2	15	1	1		
<b>ARBUSTIVO</b>						
- "Cana-de-pito"	4	8	2	1	+ => <=	
- "Sete-pernas"	1	3	+	1		
- "Arapoquinha"	4	3	2	1		
<b>SUBARBUSTIVO</b>						
<b>2</b>						

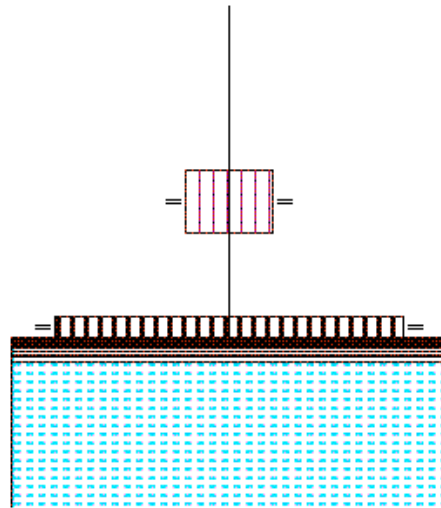
- "Arapoquinha"	20	2	3	3	<==>
<b>HERBÁCEO/RASTEIRO</b>					
- "Arapoquinha"	20	1	2	3	1
- Outras			2	1	<==>
HUMUS: Matéria orgânica sem decomposição (folhas secas e raízes)					
ALTITUDE: 285 M		INCLINAÇÃO: 1 %		EXPOSIÇÃO: INDIFERENTE	
<b>CLIMA:</b> Tropical, quente e subúmido. Precipitação anual: 1.500 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 oC com altas oscilações térmicas diárias no inverno. <b>MICROCLIMA:</b> umidade elevada pela ação do dossel arbóreo. <b>ROCHA MÃE:</b> Embasamento cristalino de rochas metamórficas que bordejam pelo Sul a Chapada dos Parecis. Complexo Xingu, próximo do contacto com as rochas sedimentares mesozóicas. <b>EROSÃO SUPERFICIAL:</b> Desprezível. <b>AÇÃO ANTRÓPICA:</b> Atualmente nenhuma, porém há sinais de retirada de madeira. <b>DINÂMICA DE CONJUNTO:</b> 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....: 08-I-94

Fazenda Branca  
Campos Novos dos Parecis  
Mato Grosso - Brasil

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



+ Planta rara	<u>SOCIABILIDADE</u>
1 Indivíduos isolados	
2 Plantas em grupos de 2 ou 3	
3 Em grupo	
4 M. densa pouca estendida	
5 População contínua e densa	<u>DINÂMICA DOS ESTRATOS</u>
=	Equilíbrio
<- ->	Progressão -> <- Regressão

Arenito

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

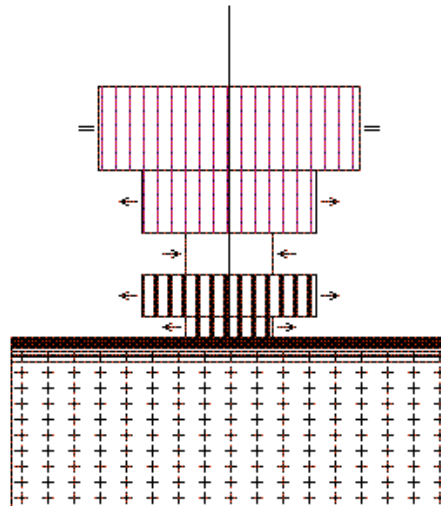
FIGURA 3 – Pirâmide resultante de estudos fitossociológicos (ver Ficha/lote 2) realizados no Vale do Guaporé – Fazenda Triângulo/Guapé/MT.

**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. media anual: 23 °C  
Prec. anual.....: 1600 mm  
Altitude.....: 285 m.  
Sem inclinação = superfície plana  
Exposição.....: indiferente



+	Planta rara	<b>SOCIABILIDADE</b>
1	Indivíduos isolados	
2	Plantas em grupos de 2 ou 3	
3	Em grupo	
4	M. densa pouca estendida	
5	População contínua e densa	
<b>DINÂMICA DOS ESTRATOS</b>		
=	Equilíbrio	
← →	Progressão	← Regressão

Complexo Xingu

**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 tempo-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 combinações denominadas *índices de vegetação*, se apoia sobre o cálculo da diferença das respostas espectrais dos vegetais nos comprimentos de ondas do visível e do infravermelho próximo (canais 3 e 4 do LANDSAT TM). As variações espaciais destas respostas permitem dissociar as superfícies vegetais daquelas de solos nus ou fracamente cobertas.

Na verdade, cada superfície 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 vegetação aberta ou desidratada. A vegetação 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 absorção da radiação solar pelos pigmentos foliares. Ao contrário, o solo possui uma reflectância mais elevada no visível; este comprimento de onda fornecerá, sobretudo, indicações sobre o estado da vegetação e sua cobertura do solo.

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



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:

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

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 4) 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.

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.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é possível entendermos o todo se não temos 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 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 teledetecção 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".

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 querermos 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 captadores, 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 Teledeteção aplicada ao estudo da paisagem. Sudoeste do Mato Grosso. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente/SP: FCT-UNESP, 1996, 362 pp.