

# CONCEITOS E METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO DA CAPACIDADE ASSIMILATIVA E DA QUALIDADE DE ÁGUA EM BACIA HIDROGRAFICA

PAULO MARTINS  
BERNARD C.R.J.GASTELOIS  
SIDNEY GONÇALVES ROSA

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC  
Av. José Candido da Silveira, 2000  
Caixa Postal 2306 Belo Horizonte-MG, Brasil  
Tel: (031) 486 1000; Fax: (031) 486 1333  
cetec2@dcc.ufmg.br

**Abstract** : A detailed discussion on concepts is presented as a result of a project of research being developed at CETEC Foundation. The main interest was turned to hydrographic basin environmental management and water quality and quantity control. Input data come from various fields of knowledge and an unified mathematical approach is employed to treat the many variables according to the concept of homogeneous unities which may be represented by three others concepts : morphometry, assimilative capacity of rivers, environmental management of waters. Remote sensing is one of the technics applied to data acquisition which will give input to the proposed mapping products. The mathematical treatment involve principal component analysis, cluster analysis, factorial analysis R and Q modes, and an ensemble of correlation methods. The variables must be calculated by different mathematical procedures but they are not presented in this report. These results are part of a wider application of technics to environmental management and water control.

## INTRODUÇÃO.

A proposição aqui apresentada insere-se no contexto de um projeto de enquadramento de cursos d'água com enfoque de gerenciamento de bacia hidrográfica. A atividade de enquadramento de cursos d'água pode, por certo, ser feita de um modo expedito, considerando-se os usos consuntivos, não consuntivos e os aspectos de qualidade. Todavia esta abordagem, sedutora pela sua simplicidade, pode ser útil para uma ação mais imediata, mas deixa por certo a desejar, no que diz respeito a uma abordagem realmente sistêmica da questão e de suas implicações no hoje e no amanhã do gerenciamento de todo o processo.

Enquadrar cursos d'água deve ser uma atividade que leve em consideração as condições ambientais da qualidade e da quantidade da água e não diz somente respeito aos seus usos. Para se considerar de fato os aspectos ambientais dentro da bacia hidrográfica é mister se considerar todas as questões que influenciam os cursos d'água, a

saber as condições morfodinâmicas e funcionais do sistema.

O enquadramento deve passar pelo estudo das influências dos sistemas terrestres, da identificação de repartições homogêneas de áreas com idêntica propensão a um comportamento sistêmico comum, e por fim ao reconhecimento que os cursos d'água dentro de áreas homogêneas tenderão a manifestar comportamentos próprios que devem ser conservados no sentido da preservação das condições naturais.

Os aspectos metodológicos aqui discutidos visam apresentar o conceito de capacidade assimilativa de cursos d'água, sua expressão cartográfica, incluindo os aspectos da qualidade das águas e o uso de sensores remotos na montagem do quadro de informações necessárias para efetuar tal etapa do projeto.

A questão da qualidade da água visto no tempo, amplia o quadro de referência, permitindo entender-se diversas relações tais como

capacidade de dissolução dos poluentes, volume e fluxo hídrico entre outros. O conceito de capacidade assimilativa fica aqui caracterizado como fundamental e diretivo na avaliação geral de uma bacia hidrográfica no que diz respeito ao enquadramento de cursos d'água e ao gerenciamento.

## **CLASSIFICAÇÃO APLICATIVA POR UNIDADES DE TERRAS**

### **INTRODUÇÃO**

O zoneamento cartográfico de uma região, baseado em múltiplas disciplinas, torna-se uma atividade de carácter interdisciplinar tão somente se envolver o tratamento conjunto de múltiplas variáveis provenientes daquelas diversas ciências no contexto de um modelo unificador.

No caso do uso de sensores remotos nas faixas do visível ao infra- vermelho próximo poder-se-á ter como objeto-alvo uma unidade de malha de pequena área no terreno. Todavia no que diz respeito a bacias hidrográficas, as próprias sub bacias são boas unidades-objeto para serem estudadas, não obstante possam variar muito de superfície no contexto de uma grande bacia. São, portanto, unidades de tamanho variável, mas que refletem aspectos fisiomórficos e funcionais próprios a um zoneamento de unidades sistêmicas de terra.

O pressuposto de unidades homogêneas de terra pode parecer um pouco contraditório com o se tomar a sub bacia como unidade primeira de avaliação das unidades homogêneas, a não ser que essas sejam consideradas como conjuntos de sub bacias homogêneas. Pode acontecer que uma sub bacia tenha em si mesma uma heterogeneidade significativa, questão esta que fica aberta, por um lado ao próprio uso da sub bacia, e por outro à possibilidade de uso de unidades de malhas com maior resolução no terreno, a fim de se obter uma melhor definição das unidades homogêneas. A escolha de qualquer um dos casos dependerá, por um lado da disponibilidade de se obter dados, e por outro, pela validade intrínseca de se entender as próprias sub bacias no contexto da totalidade da bacia englobante.

## **SIGNIFICADO DA CLASSIFICAÇÃO POR UNIDADES HOMOGÊNEAS**

A simples aplicação da idéia de enquadramento sem se levar em consideração o contexto telúrico pode levar a um certo grau de ineficiência na etapa de efetivação do enquadramento. Assim uma série de razões leva a se adotar uma metodologia de enquadramento que leve em consideração os aspectos telúricos e em particular a idéia de unidade homogênea, a saber:

1. O enquadramento é um instrumento de gerência,
2. Os rios sintetizam e refletem as condições de alguma área a montante dos mesmos,
3. É impossível, a rigor, separar-se as interações dos processos telúricos e dos processos hídricos,
4. Apesar do enquadramento se definir em função dos rios, as condições dos processos telúricos e hídricos são codeterminantes com as condições de uso desde um ponto de vista sistêmico interativo.
5. A efetivação do enquadramento terá que se dar, muitas das vezes, com ações mitigadoras que intervenham em processos telúricos.

## **AS UNIDADES HOMOGÊNEAS**

Algumas definições predeterminam as diretrizes metodológicas bem como conceituam o domínio de ação do método, e o modo de se contextualizá-lo no gerenciamento de bacias hidrográficas, tanto quanto no uso do instrumento de enquadramento de cursos d'água.

A classificação em zonas homogêneas pressupõe que exista nos ambientes naturais um conjunto de situações que possam ser consideradas homogêneas, tanto quanto pela interação dos próprios processos naturais vigentes, quanto pelas respostas que possam dar às interações antrópicas. Desta forma algumas premissas emergem necessariamente do sentido da classificação :

1. Unidades de terras são segmentos completamente integrados nas quais os componentes são funcionalmente interrelacionados uns com os outros,
2. Unidades de terras são segmentos completamente integrados nos quais o fluxo das

águas funciona interrelacionado com os processos telúricos,

3. As ligações funcionais são identificáveis mais efetivamente pelos processos que ligam os componentes entre si,

4. A lógica por trás da classificação é a noção fundamental de integração funcional dos componentes ambientais, individuais entre si dentro de uma área espacialmente delimitada,

5. A lógica do enquadramento é de correlacionar as demandas, os usos reais e potenciais com a realidade ambiental, atendendo às necessidades humanas sem dano às ligações funcionais das unidades sistêmicas.

### **PROPÓSITOS E APLICAÇÕES DA CLASSIFICAÇÃO**

Muitos são os propósitos e aplicações da classificação no contexto do gerenciamento de bacias hidrográficas, gerenciamento de terras e enquadramento de cursos d'água. O mais importante é de que os três enfoques são indissociáveis, associando-se ainda ao diagnóstico das atividades e dos impactos de origem antrópica.

Pode-se enumerar diversos propósitos e aplicações para a atividade de classificação :

1. Delinear zonas homogêneas para o gerenciamento de terras,

2. Delinear zonas homogêneas para o gerenciamento e enquadramento dos cursos d'água,

3. Identificar áreas críticas e/ou sensíveis para o controle e/ou prevenção da poluição por fontes não pontuais,

4. Prover bases para estabelecer-se sistemas de estações de monitoramento de qualidade das águas,

5. Extrapolar resultados de pesquisas e de experiências de gerenciamento entre sub bacias com propriedades similares,

6. Definir o uso potencial da terra por meio da classificação da capacidade da terra em consonância com a integridade daquela e dos recursos hídricos pertinentes,

7. Valoração potencial da terra expressa por meio da produção biofísica natural e/ou antrópica em consonância com as limitações de impactos permissíveis, a preservação das qualidades gerais de produção do sistema natural,

8. As atividades de gerenciamento das águas e do seu enquadramento deve levar em consideração as conseqüências dos efeitos das características das terras na capacidade assimilativa dos rios e riachos,

9. As atividades de gerenciamento e efetivação do enquadramento deve levar em conta o impacto potencial dos processos telúricos na qualidade das águas superficiais devido a práticas inadequadas de gerenciamento das terras,

10. Deve-se levar em conta as prioridades relativas do gerenciamento da qualidade da água para a sociedade humana, e para os ecossistemas privilegiando a compatibilização dos mesmos.

### **ASPECTOS SIGNIFICATIVOS PARA A REALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO**

Todo zoneamento que vier a ser feito de um modo interdisciplinar não poderá, por certo, contemplar todas as variáveis que são atuantes nos sistemas avaliados, a saber mesmo, que algumas são mais relevantes e outras de pouca influência. Esta metodologia já contempla 'a priori' pelo menos variáveis que são reconhecidamente significativas neste tipos de sistemas concernidos , a saber : os geossistemas , os hidrossistemas e os biossistemas. O modo de abordar as variáveis é o de identificá-las pelo seus significados quanto a :

o Forma e dinâmica de longo prazo dos sistemas.

o Forma e dinâmica de curto prazo dos sistemas.

o Capacidade de suporte dos sistemas.

o Processos telúricos e hidrodinâmicos.

o Processos termodinâmicos irreversíveis na manutenção e transformação das interações da biomassa com o meio ambiente de suporte desta.

o Processos climáticos mais interativos.

### **BASES PARA CLASSIFICAÇÃO APLICATIVA DE UNIDADES DE TERRAS PARA GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

#### **A Classificação por Sub bacias.**

A bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica natural da crosta terrestre recente, que tem em sua história traços marcantes de variáveis das dinâmicas de longo e de curto prazo, determinadas por estruturas, processos geológicos e biológicos os mais diversos.

A escolha de bacias e sub bacias com vistas a determinação de áreas homogêneas de terras e da interação terra-água, distintamente da determinação em eco-unidades, trata mais especificamente dos aspectos estruturais geo-hidrodinâmicos que poderão vir a ser integrados com os processos ecodinâmicos conforme descrito na etapa anterior.

A bacia hidrográfica e suas sub bacias são, portanto, unidades significativas em virtude desta sub divisão ser natural e representar aspectos próprios aos sistemas telúricos de dinâmica de mais longa duração como também de mais curta duração.

Fator de máxima significância é o da definição das variáveis (tab.1) egressas das diversas disciplinas que tenham significado próprio para caracterizar qualquer tipo de classificação que represente a estrutura e a dinâmica das terras e das águas. A escolha das variáveis é de fato predeterminante aos próprios resultados, entre os quais pode-se citar :

1. Delinear áreas homogêneas para o gerenciamento de terras,
2. Identificar áreas críticas para o controle de fontes de poluição não-pontuais,
3. Prover bases para se estabelecer sistemas de monitoramento,
4. Prover bases para o zoneamento de terras e recursos hídricos que permitam o enquadramento e os estudos das medidas de efetivação do enquadramento.

O propósito da classificação dos sistemas geo-hidrodinâmicos deve atingir objetivos bem precisos que são ainda parte daqueles indicados anteriormente, a saber :

1. determinar as conseqüências dos efeitos das características das terras na capacidade assimilativa das águas superficiais,
2. o impacto das atividades antrópicas nos processos telúricos que afetem a qualidade das águas em virtude de gerenciamento inexistente ou mal adequado de terras,
3. estabelecer as prioridades classificatórias dos cursos d'água em função da capacidade assimilativa dos mesmos e do uso real e potencial por comunidades humanas.

É sempre oportuno reenfatar a necessidade de se abordar de modo integrado as características ecossistêmicas, os recursos hídricos e as

características das terras com fins de gerenciamento. A integração da totalidade destas informações é que forma - o todo - que permite decisões compatíveis com a realidade, diminuindo por certo o nível de arbitrariedade e de ineficiência entre as intenções da lei, a efetivação de sua aplicação, e as correções necessárias de serem realizadas. Este enfoque metodológico foi muito bem traduzido por Huang & Ferng (1990).

A classificação para ser eficiente deve diminuir o grau de opiniões subjetivas, geralmente viesadas pela mentalidade especialista, visando aumentar o grau de eficiência na espacialização covariante dos diversos parâmetros que apresentem quaisquer tipos de sinergia dentro do sistema (fig.2). A obtenção de tais resultados no âmbito dos sistemas geo-hidrodinâmicos tem os seguintes enfoques aplicativos aplicáveis na escla desejada:

- (1) Morfometria de bacias
- (2) Capacidade assimilativa de rios
- (3) Gerenciamento da qualidade das águas
- (4) Zoneamento geotécnico
- (5) Zoneamento eco-silvi-agrícola.

#### **Metodologia de avaliação da erosão superficial**

Por meio de processamento digital das imagens multi-espectrais da área de bacias hidrográficas do Alto Rio das Velhas, obtidas pelos satélites ambientais LANDSAT (218-74 D do 30.07.92, 7 bandas) e SPOT (720-390 e 391 do 29.08.88, 3 bandas), serão pesquisados os parâmetros que intervêm no comportamento hidrológico da bacia. Após um pré-tratamento estatístico baseado na análise de componentes principais [I.T.C. (1976)], [Rimbert-Vogt] serão geradas e selecionadas as composições coloridas de três canais e os índices de vegetação os mais adequados para o estudo de erosão.

Este trabalho será executado pelo Sistema de Tratamento de Imagens de Satélite-SISAT desenvolvido no CETEC. [Hadad (1990)].

As imagens serão visualizadas num monitor colorido de alta resolução. Nesta fase serão tiradas fotografias coloridas das imagens das áreas de estudo e ampliadas para a escala de 1:25.000.

Nestas imagens, por fotointerpretação manual, com base em critérios de textura, forma, coloração, relações de contexto, [Stuebe (1990)], [Mehl (1991)] serão identificadas e localizadas as fontes de produção dos sedimentos de forma a

subsidiar a adoção de medidas mitigadoras contra o processo de erosão na bacia vertente e os estudos de capacidade assimilativa.

Paralelamente, por interpretação automática, usando o índice de vegetação, [CNES (1984)], [INPE (1987)], [Moreira (1991)], estratificar-se-á a cobertura vegetal em 10 classes.

Esta informação relativa a proteção do solo pela biomassa [Anderson (1969)], [Prado (1991)], entrará como um dos parâmetros que modelam o comportamento da qualidade de água da bacia.

Para realizar a cartografia, os limites de todas as 110 pequenas sub-bacias hidrográficas serão lançadas e registradas de modo digital para permitir a caracterização de cada unidade. No território das sub-bacias serão lançados os limites das áreas de ocorrência e o coeficiente de um a dez de qualidade relativo a cobertura vegetal para entrar na equação de perda universal de solos [Dune-Leopold (1978)], [Lagouade (1986)].

Um trabalho de integração permitirá depois expressar a área de erosão atual por sub-bacia, por unidade mórfica ou por unidade litoestratigráfica [Benzécri (1980)], [Jusserand (1974)].

#### **Metodologia Matemática. Modelo Unificador.**

A identificação de áreas homogêneas será feita pelo uso de análise hierárquica ascendente, que permitirá identificar um determinado número de áreas homogêneas tendo como unidades originais as sub bacias.

Muitas das variáveis são de extração complexa, exigindo tratamento matemático próprio. Estas mesmas variáveis serão tratadas por análise fatorial de modo R, para se determinar no conjunto da bacia, as variáveis mais significativas e suas covariâncias e correlações conforme o número de fatores que vierem representar o maior variância do sistema.

Dever-se-á também tratar as sub bacias de modo a representá-las por seus pesos extraídos do número total de fatores que representam a maior variância do sistema. Então os próprios pesos podem ser usados na análise hierárquica ascendente e obter-se por este caminho a classificação em áreas homogêneas.

Conforme o número de sub bacias agregadas numa área homogênea poder-se-á usar a análise fatorial para identificar as variáveis mais

significativas, ou então uma análise de correlação múltipla para avaliar-se aquelas que mais significativas e ou sensíveis. Este conjunto de operações poderá por fim permitir definir o zoneamento da bacia. Os sensores remotos deverão ser amplamente utilizados conforme os diversos interesses específicos e sua potencialidade em detectá-los sobretudo na extração das variáveis..

#### **As Unidades Finais de Classificação.**

Por fim estas unidades homogêneas, como base da cartografia de capacidade assimilativa, são inteiramente voltadas para a necessidade de descrever os sistemas de rios. A lógica de se agrupar sub bacias em unidades homogêneas está baseada no fato de que os rios traduzem toda a convergência dinâmica de uma área sistêmica. Embora o recorte de sub bacias não coincida, necessariamente, ou mesmo muito raramente, com o recorte em eco-unidades a integração perspectiva de ambos os recortes permitirá expectativamente a apreensão das verdadeiras unidades ecológico funcionais que compartilham, em diferentes graus, da dinâmica de variáveis idênticas e mesmo daquelas específicas.

#### **Das escalas de Observação e Representação.**

Dado que o recorte de terras homogêneas é distinto para eco-unidades e para geo-hidro-sistemas aconselha-se, todavia, conforme haja a integração das duas tendências de pesquisa a se adotar, deste modo diferenciado, a nomenclatura canadense de Moss (1985), a saber :

o eco-província	escala 1:3.000.000
o eco-região	escala 1:1.000.000
o eco distrito	escala 1:120.000 a 1:150.000
o eco secção	escala 1:50.000
o eco sítio	escala 1:10.000
o eco elemento	escala 1:2.500

As informações descritivas e os critérios vão ser distintos de escala para escala, envolvendo sejam os processos ecológicos termodinâmicos, os processos telúricos, os processos hídricos e os processos climáticos. Tudo isto implica em se identificar critérios rigorosos para as diversas situações, sem negligenciar as variáveis sensíveis

para os tipos de impactos específicos a serem estudados e controlados.

A escolha da escala, ademais, contempla o grau de acurácia com que alguma decisão gerencial deverá ser tomada no enquadramento, na efetivação do enquadramento e no gerenciamento como tal.

#### DAS VARIÁVEIS

A metodologia integradora aqui proposta (tab.1) parte do fato de que algumas variáveis, embora mais ou menos sensíveis, são na sua totalidade indispensáveis descritores dos tres enfoques aplicativos considerados em primeira instância (tab.1) e mais tres outros não tratados neste texto.

As ramificações destes enfoques aplicativos, em si mesmos verdadeiros sistemas cartográficos, são os seguintes :

- o Pesquisa do uso hídrico eco-direcionado
- o Pesquisa do uso agrícola eco-direcionado
- o Pesquisa tipológica de terrenos com vistas a características geotécnicas
- o Pesquisa de processos geológicos dinâmicos
- o Zoneamentos integrados das eco-unidades e dos geo-hidrosistemas
- o Zoneamento de adequação geotécnica para as construções
- o Zoneamento de áreas de restrição geotécnica e ambiental
- o Proteção de geo-recursos
- o Determinação da vulnerabilidade geo-ambiental
- o Adequabilidade optimal dos manejos agrícola e da vegetação
- o Adequabilidade de uso optimal da terra
- o Uso optimal dos recursos hídricos
- o Quadro matricial para a decisão de enquadramento legal de cursos d'água em função das unidades de áreas homogêneas, de suas susceptibilidades efetivas, e de suas propensões a respostas próprias aos diversos tipos de impactos antrópicos
- o Quadro matricial da sensibilidade de cada área homogênea e de eventuais medidas mitigadoras que se façam necessárias.

#### Referências

- ANDERSON, D.J. ; JACOBS, S.W.L. & MALIK, A.R. Studies on stucture in Plant Communities VI the Significance of Pattern Evaluation in some Australian Dry-land Vegetation Types. Aust. J. Bot., 17(2): 315-22, 1969.
- BENZÉCRI, J.-P. e F.; Pratique de l'Analyse des Données 1- Analyse des Correspondances. Exposé Elémentaire, Bordas, Paris, 1980, 424p.
- CNES/SPOT IMAGE. Indice de végétation. Nouvelles de SPOT Image, 1984.
- DUNE, T. & LEOPOLD, L.B. -Water in Environmental Planning. (1978) San Francisco : W.H. Freeman and Co.
- HADAD, R.M. ; VELASCO F.R.D. Um sistema de processamento de imagens de satélites de baixo custo que auxilia na tarefa de interpretação In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, Manaus, 1990. Anais... São José dos Campos: ITA, CETEC, Instituto de Pesquisas Espaciais, 1990. 276p. p.142-145.
- INPE. Satélite mostra índices Vegetativos. In: Boletim de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, jul./set., 1987.
- Huang S-L & Ferng J-J. -Applied Land Classification for Surface Water Quality Management : I Watershed Classification Journal of Environmental Management, 31 (1990), pp : 107-126.
- I.T.C. Eigenvector Method for Image Processing, separata, Delft 1976.
- JUSSERAND, C.; Contribution à l'Analyse de la Pluviométrie sur le bassin da Cher. Rev. de Géographie Physique et de Géologie Dynamique (2), vol XIII, Fasc.5, 1974: 505-514.
- LAGOUARDE, J.P. et al. Intérêt de l'indice de végétation des satellites NOAA-AVHRR pour le suivi des cultures. Agronomie, Bondy, v 6 , n.10, p. 945-954. 1986.

TABELA DE VARIÁVEIS

Contexto	Variáveis	Aplicações		
		morfo- metria	capaci- dade assim.	gerenc. qual.de águas
métrica e confi- guração	área de drenagem	o		
	comprimento axial	o		
	fator de forma ou índi- ce de conformação		o	
	coeficiente de compac- idade	o	o	
fisio- grafia	altitude máxima	o		
	altitude mínima	o		
	altitude média	o		
	índice de diversidade de terreno	o	o	o
	índice morfolitográfico	o	o	
	índice paedogeomórfico	o	o	
	direções angulares de dre- nagem	o		
	índices polinomiais múlti- plos de rugosidade superf.	o	o	o
	índices não-polinomias múltiplos de rugosidade superficial	o	o	o
	rugosidade de superfície	o	o	o
solos	áreas de tipos de solos	o	o	
	drenagem de solos	o	o	
	textura de solos	o	o	
	capacidade de acumulação po- tencial de umidade dos solos			
hidrolo- gia	no.de drenos na sub bacia	o	o	o
	taxa de bifurção de drenagem	o		
	densidade de drenagem	o		
	taxa de bifurc./dens.dren.	o		
	decliv.do talvegue principal			
	decl.máxima	o	o	o
	decl.mínima	o	o	o
decliv.ponderada	o	o	o	
clima	compr.total da drenagem	o	o	o
	evapotranspiração potenc.	o	o	o
	evapotranspiração real	o	o	o
eco-din.	precipitação total anual		o	o
	índ. de perfomance do solo			o

continua ...

Contexto	Variáveis	Aplicações		
		morfo- metria	capaci- dade assim.	gerenc. qual.de águas
fundo hi- drogeoquí- mico	escoamento superf.acumulado		o	o
	capacidade de acumulação			o
	áreas de assembléias vegetais			o
	pH			o
	Eh			o
	condutividade em micro S/cm			o
	temperatura em graus C			o
	oxigênio dissolvido			o
	vazões		o	o
	índice de qual.da água		o	o
irrigação	SAR taxa de absorção do Na			o
	CSR Na CO 3 residual			o
	nível freático			o
geolap/ geotécnica	direções angulares fraturas		o	o
	fontes e nascentes área de se- gurança			o
	área de erosão atual		o	o
	profundidade de nível freático		o	o
	áreas de instabilidade			o
	taxa de progressão da erosão			o
	zonas de recargas de aquíferos			o



MEHL, H. The Norwest of Buenos-Ayres Province Floods, Multitemporal Analyse by Principal Component Method from TMS Data; xerox Sep. # 28 arq. BG; 34th ERIM CONGRESS, Rio de Janeiro, Maio 1991; 12p.

Moreira, M.A.; Nitzche, R.P. 1991: Análise de índices de vegetação obtidos do LANDSAT/TM e do SPOT/XS. V Latin American Remote Sensing Symposium. 28 oct.- 01 nov. 1991, Cuzco, Peru. Anais... Lima-Peru, 1991 : 1190-1199.

NOAA ; NESDIS. Vegetation cover mapping for satellites. LANDSAT Data Users Notes. Washington. 1984.

Prado, H. 1991: Inventario de la tierra de una zona de selva alta con imagenes Spot.V Latin American Remote Sensing Symposium. 28 oct.- 01 nov. 1991, Cuzco, Peru. Anais... Lima-Peru, 1991 : 816-824.

RIMBERT, S.; VOGT, Théa. Données Satellitaires et Paysages Factoriels; cha. 22: 321-332.

STUEBE, M.M., JOHNSTON, D.M. Runoff Estimation Using GIS Techniques. In : Water Resources Bulletin. Water Resources Association, Vol 26, n.4, August 1990, p. 611.