

Aspectos geológicos da região do Rio Ibicuí a partir da análise multitemporal de imagens

Roberto Naime^{1,2}, Régis Alexandre Lahm³, Ana Cristina Garcia⁴

¹*Departamento de Engenharia Civil - FENG - PUCRS*

²*Curso de Engenharia Industrial - ICET - FEEVALE*

naimedec@pucrs.br ou rnaime@feevale.br

³*Departamento de Geografia - FFCH - PUCRS*

lahm@pucrs.br

⁴*Curso Engenharia Industrial - ICET - FEEVALE*

anagarcia@feevale.br

Resumo

As determinações geológicas da natureza das rochas em imagens de satélite são geralmente muito dificultadas pela presença de coberturas vegetais mascarando os solos locais. Em regiões de rochas sedimentares, devido a menor resistência aos mecanismos erosivos ocorrem maiores afloramentos de litotipos, possibilitando uma melhor aplicabilidade das rotinas de classificação automática supervisionada, existentes nos programas de sensoriamento remoto para tratamento digital de imagens de satélite. Influem também a maior ou menor presença de cobertura vegetal, devida a vários fatores relacionados entre si. Na região do rio Ibicuí, em São Francisco de Assis, a disponibilidade de imagens multitemporais, alternando períodos de cheias e fases de secas desta bacia hidrográfica, facilitou a tentativa de estabelecer diferenciações litológicas. As rochas sedimentares de natureza pelítica têm maior capacidade de reter água, e desta forma características próprias nas imagens de satélite. Ao contrário, as rochas de natureza psamítica, facilitam o escoamento de água, pelos elevados coeficientes de permeabilidade que tem, dimensionando um outro conjunto de características próprias. Por outro lado, a alternância de

períodos chuvosos e secos na região produz diferenciações importantes nos processos geomorfológicos hegemônicos, em momentos facilitando a erosão, e em outros minimizando os processos erosivos. Em função disto, as aplicações de classificadores automáticos controlados, mostram-se bastante eficientes na separação e classificação dos materiais. Assim, a partir do estudo multitemporal de imagens de satélite Landsat, e com controles de campo, foram aplicados classificadores automáticos supervisionados para a determinação de litologias sedimentares na região do rio Ibicuí e da variação de seu comportamento no tempo.

Abstract

Geologic determination of nature of rocks in satellite images are difficulted because vegetation coverture mask the underground. In regions dominated by sedimentary rocks, device of less resistance for erosion process, there are more exposition of litotypes, and a major application of supervised automatic classification routines of softwares for image treatise and geoprocessing. Another factors influence too, the presence of major or minor vegetable coverture. In the Ibicuí region, the disponibility of multitemporal images, alternating dry and wet periods, of the hidrographic basin, help to establish differentiation. Pelitic sedimentary rocks have major capacity of absorbing water and because this, owner characteristics in satellite image. On the other hand, psamitic sedimentary rocks, facilitate go away of water because the elevated permeability coefficients, and have another owner characteristics in satellite images. Otherwise, the alternating of dry and wet periods in the region, made important differentiation in the geomorphologic hegemonic process, when made easy erosion, and in other made erosion difficult. Because of this, the application of supervised automatic classifiers are efficient in the separation and classification of materials. So, by the multytemporal images of Landsat, and with field controls, supervised automatic classifiers were applied for the determination of sedimentary litologies in the Rio Ibicuí region, testing also the variation of behavior in the time.

Introdução

O processamento digital de imagens auxilia os estudos ambientais, para interpretação das modificações morfológicas e geológicas, permitindo a construção de seqüências evolutivas adequadas sobre o desenvolvimento das áreas (Curran, 1985). O objetivo do presente trabalho é apresentar análises multitemporais de imagens da região de São Francisco de Assis, observando imagens de satélite durante os períodos de cheia de 1.984 e de seca de 1.992.

O local do estudo está indicado na Figura 1.

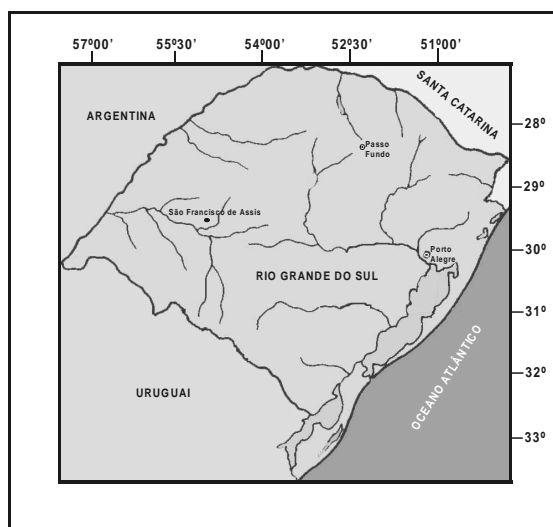


Figura 1. Mapa de localização de São Francisco de Assis

Nesta região as coberturas vegetais são removidas pelos processos erosivos e se torna possível a aplicação de classificadores automáticos supervisionados para separar e avaliar os diferentes tipos de rochas.

São separadas rochas de natureza pelítica e litotipos de origem psamítica, a partir das características diferenciadas que apresentam quanto à capacidade de retenção de água e as conseqüências deste fato nos elementos que interferem com a captação sensorial das imagens.

Também são feitos estudos das variações das quantidades de rochas sedimentares pelíticas ou psamíticas aflorantes, em função das sazonalidades intempéricas que atingem a região.

Materiais e métodos

Os métodos de classificação de imagens são utilizados em sensoriamento remoto para mapear áreas de superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. As modernas técnicas de avaliação geográfica dos terrenos, utilizam as classificações pedológicas e climáticas disponíveis, associando ainda fatores como declividade, cobertura vegetal, ocupação e ação antrópica (Robinov, 1982).

Hoje, é disseminada a concepção do conceito de "paisagem" como expressão do agenciamento dinâmico e superficial dos conjuntos territoriais. Ou seja, não são mais, apenas, os relevos ou os solos as faces mais visíveis do meio físico, e sim a paisagem integradora destes com os demais fatores (Naime et al, 2000).

Este agrupamento, capaz de expressar homogeneidades (Eastman, 1.992) ou realçar diferenciações físicas espaciais e temporais no meio terrestre, origina a conceituação de "geobiossistemas" como unidades territoriais, geográficas ou cartográficas de mesma paisagem, definidas por características estatísticas do meio natural físico, químico ou biológico, hierarquizadas por um mesmo sistema de relações.

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse.

A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada "pixel" têm coordenadas espaciais x , y e uma espectral L , que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais, ou seja para uma imagem de X bandas, existem X níveis de cinza associados a cada "pixel" sendo um para cada banda espectral. O conjunto de característi-

cas espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo atributos espectrais. Os classificadores podem ser divididos em classificadores "pixel a pixel" e classificadores por regiões.

Os classificadores "pixel a pixel", utilizam apenas a informação espectral de cada pixel para definir regiões homogêneas. Estes classificadores podem ser separados em métodos estatísticos (utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (não utilizam probabilidade) (Markham e Baker, 1986). O resultado da classificação digital é apresentado por meio de classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), uma vez que um alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral. É constituído por um mapa de "pixels" classificados, representados por símbolos gráficos ou cores, ou seja, o processo de classificação digital transforma um grande número de níveis de cinza em cada banda espectral em um pequeno número de classes em uma única imagem.

Quando o critério de decisão depende da distribuição de níveis de cinza em vários canais espectrais as técnicas são definidas como de classificação multiespectral. O primeiro passo em um processo de classificação multiespectral é o treinamento. Treinamento é o reconhecimento da assinatura espectral das classes. Existem basicamente duas formas de treinamento: supervisionado e não-supervisionado.

O limiar de aceitação indica o percentual de "pixels" da distribuição de probabilidade de uma classe que será classificada como pertencente a esta classe. Um limite de 99%, por exemplo, engloba 99% dos "pixels", sendo que 1% será ignorado (os de menor probabilidade), compensando a possibilidade de alguns "pixels" terem sido introduzidos no treinamento por engano, nesta classe, ou estarem no limite entre duas classes. Um limiar de 100% resultará em uma imagem classificada sem rejeição, ou seja, todos os "pixels" serão classificados. Para diminuir a confusão entre as classes, ou seja, reduzir a sobreposição entre as distribuições de probabilidades das classes, aconselha-se a aquisição de amostras significativas de alvos distintos e a avaliação da matriz de classificação das amostras (Lanthrop e Lillesand, 1986).

A técnica de classificação multiespectral "pixel a pixel" utilizada nes-

te trabalho foi a Máxima Verossimilhança - MAXVER. MAXVER é o método de classificação, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos.

Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento. Para duas classes com distribuição de probabilidade distintas, as distribuições representam a probabilidade de um "pixel" pertencer a uma ou outra classe, dependendo da posição do "pixel" em relação a esta distribuição. Pode ocorrer uma região onde as duas curvas sobrepoem-se, indicando que um determinado "pixel" tem igual probabilidade de pertencer às duas classes. Nesta situação estabelece-se um critério de decisão a partir da definição de limiares.

As quantificações das áreas dos alvos foram calculadas através de percentagens em relação à área total de cada imagem.

Desenvolvimento

Afloram na região, seqüências de rochas sedimentares integrantes do Grupo Rosário do Sul. É sobre este substrato que ocorrem as ações geradas pela dinâmica fluvial atual do rio Ibicui. O Grupo Rosário do Sul é dividido em 3 unidades lito-estratigráficas menores (Andreis et al, 1.980): Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita.

A principal característica destes depósitos fluviais, com fácies de rios e planícies de inundação, é a alternância de finas camadas de rochas de natureza pelítica com rochas de natureza psamítica. A espessura destes estratos varia de alguns centímetros, até poucas dezenas de centímetros, sendo comuns intercalações de 5 a 10 cm de rochas de granulação fina (pelíticas) e rochas de granulação grosseira (psamíticas).

Este tipo de ocorrência torna possíveis as diferenciações evolutivas mesmo em espaços de tempo que possam ser considerados curtos em escala geológica. Em poucos anos de diferença, entre estações de seca e estações de chuva, é possível notar o incremento e a diminuição relativa, entre os dois

tipos de rochas sedimentares.

No mesmo período, ocorrem variações de vegetação, em função da resistência que as rochas tem aos mecanismos erosionais, que facilitam ou dificultam a erosão. Mas é importante notar que a variação de vegetação não é tão expressiva quanto a variação apresentada pelos afloramentos de rocha.

A formação Sanga do Cabral é constituída basicamente por sedimentos psamíticos. A formação Santa Maria é essencialmente pelítica, com lentes arenosas intercaladas. A formação Caturrita, no topo do Grupo Rosário do Sul, está integrada em proporções iguais por arenitos e seqüências de pelitos. Nas Figuras 2 e 3 são mostradas composições coloridas e classificações destas áreas nas cheias de 1984 e secas de 1992.

Quando existem regiões da imagem em que o usuário dispõe de informações que permitem a identificação de uma classe de interesse, o treinamento é dito supervisionado. Para a obtenção do treinamento supervisionado foi identificada na imagem uma área representativa de cada classe. É importante que a área de treinamento seja uma amostra homogênea da classe respectiva, mas ao mesmo tempo deve-se incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza.

Foram adquiridas várias áreas de treinamento, utilizando o maior número de informações disponíveis, como trabalhos de campo, mapas, etc. Para a obtenção de classes, estatisticamente confiáveis, foram selecionados de 10 a 100 "pixels" de treinamento por classe. O número de "pixels" de treinamento necessário para a precisão do reconhecimento de uma classe aumenta com o aumento da variabilidade entre as classes.

A matriz de classificação apresenta a distribuição de porcentagem de "pixels" classificados correta e erroneamente. Uma matriz de classificação ideal deve apresentar os valores da diagonal principal próximos a 100%, indicando que não houve confusão entre as classes. No entanto, esta é uma situação difícil em imagens com alvos de características espectrais semelhantes, como neste caso. Para diminuir a confusão entre as classes foi feita a análise individual das amostras.

Na Figura 2, é apresentada a classificação automática da região do rio Ibicuí, na estação chuvosa de 1984. Nesta figura são apresentadas as áreas

com rochas sedimentares pelíticas, rochas sedimentares psamíticas e vegetação, estando representadas em preto, as áreas não classificadas em nenhum dos tipos anteriores, para os quais foram selecionadas áreas de treinamento com supervisão de campo.

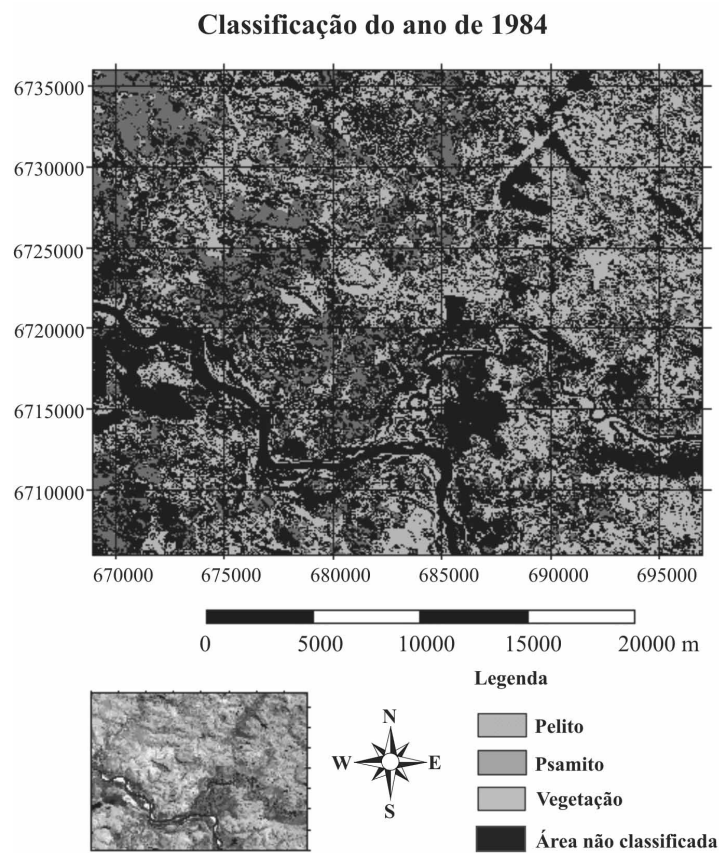


Figura 2. Classificação automática supervisionada da região do Rio Ibicuí na cheia de 1984

Na Figura 3, é apresentada a classificação automática supervisionada dos mesmos materiais, e da mesma forma, está indicada em preto a área não classificada em nenhum dos materiais anteriores.

Classificação do ano de 1992

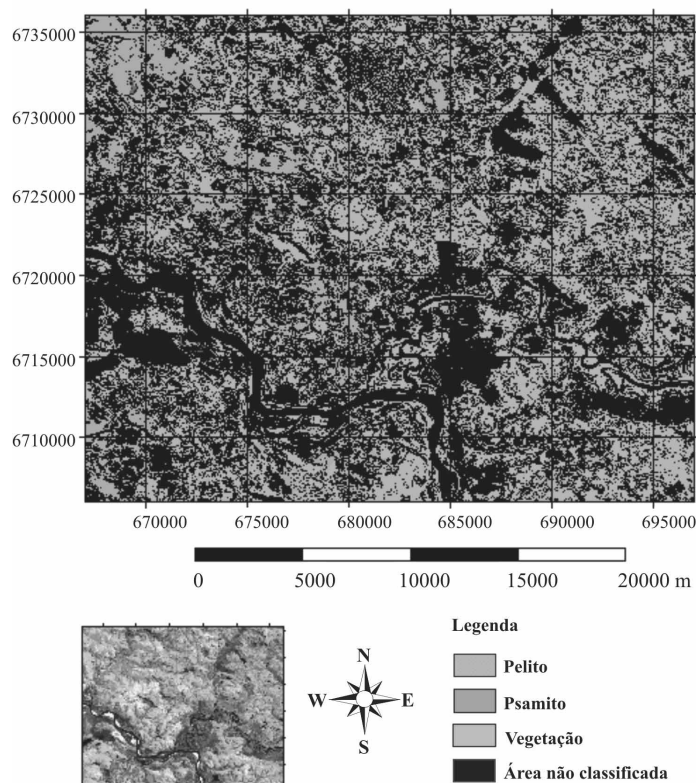


Figura 3 - Classificação automática supervisionada da seca de 1992 na região do Rio Ibicuí

A Tabela 1 apresenta as quantidades de rochas pelíticas expostas durante o período chuvoso de 1984 e a estação das secas de 1992. E, da mesma forma, os quantitativos referentes à vegetação.

Observa-se um incremento de 67% na área de rochas sedimentares pelíticas expostas entre os 2 períodos, considerando que foram usados os mesmos critérios de classificação na seleção e treinamento de amostras.

Já os termos psamíticos sofreram um decréscimo de 94%, possivelmente em função da erodibilidade muito maior destes materiais. Um eventual

aumento na quantidade de psamitos expostos deve-se ao virtual afloramento de novas litologias desta filiação.

A vegetação sofreu um incremento de 12% entre os períodos considerados.

Estas relações calculadas em função da área podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Variações relativas entre rochas pelíticas, psamíticas e vegetação, nos períodos considerados

Alvo	%	Alvo	%	Incremento ou Decréscimo
Pel 84	6,93	Pel 92	11,60	+67%
Psam. 84	3,10	Psam 92	0,16	-94%
Veget 84	35,77	Veget 92	31,38	-12%

As principais observações da análise multitemporal realizada com as imagens de satélite da região do rio Ibicuí registram que:

- 1- As áreas de rochas psamíticas expostas tendem a ser erodidas;
- 2- Os terrenos pelíticos tendem a maior estabilidade;
- 3- A vegetação tende a diminuir nos períodos secos, facilitando processos erosivos.

Conclusões

As diferentes características apresentadas pelos materiais em função das propriedades singulares de retenção de água são potencializadas pelo período de cheias e período de secas, alternadamente. Desta forma, os classificadores automáticos conseguem "separar" adequadamente os diferentes tipos litológicos.

O método comprova que em rochas com diferentes capacidades de retenção de água, a separação através de classificadores automáticos é perfeitamente possível, ainda mais se houver a potencialização destas propriedades pela alternância de imageamentos em períodos de cheia e períodos de secas.

A metodologia de classificação automática comparada multitemporal de imagens de satélite com os devidos controles de campo e interpretações fundamentadas em critérios geológicos se mostra muito adequada para execução de estudos sobre o meio físico, em aplicações que avaliem e determinem o comportamento relativo dos tipos litológicos e de sua evolução temporal.

Referências bibliográficas

- ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E.; MONTARDO, D. K. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul - Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 31 Anais... Balneário Camboriú, SC, v.2 p 659-673, 1.980.
- CURRAN, P. J. **Principles of Remote Sensing**. New York: Longman. 1.985. 282p.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi** Version 4.0 Technical Reference. Worcester: Clark University, 1.992. 221p.
- LANTHROP, R. J.; LILLESAND, T. M. Use of thematic mapper data to assess water quality in green bay and central lake Michigan. **Photogrametric engineering and remote sensing**. v. 53, n. 5, p.670-679, 1986.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. **Landsat Technical Notes**, EOSAT, Lanham, Mariland, 1986.
- NAIME, R. H.; LAHM, R. A.; KLEIN, M. Aplicação de geofísica elétrica e tratamento de imagens de aerofotos em prospecção hidrogeológica na fazenda Retiro do Meio em Brasília. In: **CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUASI/CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS XI**, Fortaleza, Anais... CD ROM, 2000.
- ROBINOV, C. J. Computation with physical values from Lansat digital data. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 48. p. 781-784, 1982.