

RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE CINZA E TEORES DE FERRO, TITÂNIO E ALUMÍNIO
NA CARACTERIZAÇÃO DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS DE UMA REGIÃO DO CEN-
TRO LESTE PAULISTA.

Paulina Setti Riedel
Jairo R. Jiménez Rueda
José Ricardo Sturaro
Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP
Rua 10, 2527, Caixa Postal 178 - CEP 13.500 - Rio Claro - SP

Juércio Tavares de Mattos
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

As formações geológicas intemperizadas denominadas aqui de formações superficiais, são geralmente representadas de modo inadequado, sendo muitas vezes confundidas com coberturas cenozóicas. Em regiões tropicais úmidas, onde o material de origem sempre se encontra bastante alterado, sua caracterização assume grande importância. O objetivo deste trabalho é justamente caracterizar as formações superficiais mediante avaliação das relações existentes entre seus teores de titânio, ferro e alumínio e os níveis de cinza obtidos através da utilização de produtos digitais de imagens do TM-Landsat nas bandas 3, 4, 5 e 7. A aplicação da técnica de Análise de Superfície de Tendência para cada uma das variáveis a serem avaliadas mostrou que existe nítida relação espacial entre os teores de alumínio, titânio e ferro e os níveis de cinza obtidos da área em estudo.

ABSTRACT

The weathered portions of geological units, denominated in this study as superficial formations, are often represented in a inadequate form and usually referred as Cenozoic covers. In humid tropical regions their characterization assumes great importance, since the primary material is always weathered. The objective of this study is to characterize superficial formations through relations between TiO_2 , $Fe_2O_3 + FeO$, Al_2O_3 percentages and the gray levels of digital products TM - LANDSAT, channels 3, 4 and 7. The application of Trend Surfaces Analysis for each variable showed clear spacial relation between the quimical elements percentages and the gray levels obtained from the area.

1. INTRODUÇÃO

Os materiais inconsolidados, que cobrem as formações geológicas são denominados por vários autores de sedimentos pós cretácicos, sedimentos neo cenozóicos, depósitos de cobertura, ou formações superficiais. (Nakashima, 1973).

Os trabalhos de Queiroz Neto (1978), Jost (1978), Trescases (1978) e Ponçano e Mello (1983) entre outros apresentam conceitos de formação superficial e enfatizam a importância do seu estudo em regiões tropicais úmidas, onde quase todo o material de origem se encontra bastante alterado.

Neste trabalho foi adotada para formações superficiais a definição de Dewolf (1965), por ser a mais abrangente. Ao contrário de muitos autores que

consideram como formações superficiais somente os materiais provenientes de transporte e deposição, Dewolf (op cit) cria um conceito mais amplo, onde são considerados formações superficiais todos os materiais de superfície, originários a partir da alteração química e desagregação mecânica das rochas in situ e/ou aqueles que sofreram transporte e deposição. Ainda segundo Dewolf (op cit), muitas vezes estas formações se confundem com o perfil pedológico desenvolvido sobre o substrato de origem.

Este trabalho se propõe a dar uma contribuição ao estudo das formações superficiais. Dessa forma, seu objetivo fundamental é avaliar as relações existentes entre as características espectrais apresentadas por estas

formações em imagens TM-Landsat, com suas propriedades químicas, obtidas em ensaios de laboratório.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo (fig. 1) localiza-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°20' e 22°42' de latitude sul e meridianos 47°45' e 47°15' de longitude oeste de Greenwich. Compreende um total de 1.640km², que engloba os municípios de Rio Claro, Piracicaba e Limeira, e parte do município de Araras, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo que a parte oeste da área compreende a estrutura geológica conhecida como Domo de Pitanga.

Geologicamente a área caracteriza-se por sequências sedimentares da Bacia do Paraná e por rochas intrusivas básicas, representadas pelas seguintes unidades litoestratigráficas:

- Formação Rio Claro - constitui-se essencialmente de arenitos, onde o quartzo é o principal componente, seguido de feldspato (Bjornberg e Landim, 1966).

- Rochas intrusivas básicas - representadas pelos basaltos toleíticos, que ocorrem principalmente na forma de sills de diabásio (Wu, 1981).

- Formação Pirambóia - nesta unidade predominam arenitos, associados a raras camadas de siltitos e argilitos (Soares e Landim, 1983).

- Formação Corumbataí - consiste em argilitos, folhelhos e siltitos de cores cinza escura, na parte inferior e argilitos, folhelhos e siltitos arrexeados na parte superior (Schneider et alii, 1974).

- Formação Irati - nesta unidade ocorrem argilitos e folhelhos cinza escuros, silticos e folhelhos cinza escuros a pretos, pirobetuminosos associados a níveis de rochas carbonáticas. (Fúlfaro et alii, 1980).

- Formação Tatuí - caracteriza-se por siltitos, com camadas subordinadas de arenitos, calcários e folhelhos (Almeida et alii, 1980).

- Formação Itararé - constituída por arenitos, com granulações variadas, associados a diamictitos e tilitos, siltitos, argilitos e folhelhos. (Almeida et alii, 1980).

As unidades litoestratigráficas apresentam-se em diferentes graus de alteração, o que gerou formações superficiais com perfis pedológicos distintos.

Desta forma, ocorrem na área de estudo as seguintes associações de so-

los (Oliveira et alii, 1982 e 1984):

Latossolos - solos em adiantado estágio de alteração, onde estão ausentes os minerais primários menos resistentes ao intemperismo e predominam argilas caoliníticas.

Podzólicos - solos onde ocorre um aumento da concentração de argila no horizonte B, caracterizados por grau de alteração inferior com relação aos latossolos.

Cambissolos - apresentam horizonte B com baixo grau de intemperismo e são comuns minerais primários menos resistentes ao intemperismo.

Litossolos - solos rasos, imaturos, com altos teores de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e minerais de argila do grupo das esmecitas (2:1).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

Para a realização do trabalho foram utilizadas imagens em papel preto e branco, do TM-LANDSAT 5 na escala de 1:100.000, bandas 3, 4 e 7 e a fita compatível com o computador (CCT), correspondente à órbita 220, ponto 76, de 14/09/86. Além das imagens foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:50.000, publicadas pelo IBGE; mapa geológico do Estado de S. Paulo, na escala 1:250.000 (UNESP) e levantamentos pedológicos semidetalhados do Estado de São Paulo, quadrículas Araras (Oliveira et alii, 1982), São Carlos (Oliveira et alii, 1984) e Campinas (Oliveira et alii, 1979).

3.2. Métodos

As formações superficiais em diversos graus de alteração foram identificadas nas imagens através da interpretação visual baseada na análise das tonalidades de cinza e da densidade textural dos elementos de drenagem e relevo.

Após a delimitação das várias formações superficiais, procedeu-se o trabalho de campo com o objetivo de se coletar amostras para a realização de análises químicas. Estes ensaios visaram o estabelecimento de relações entre os teores de Al₂O₃, Fe₂O₃ + FeO, TiO₂ e as características observadas na imagem, uma vez que é esperado que variações nos teores destes elementos, correspondam a variações na cor do material e dos níveis de cinza das imagens.

Para se avaliar as relações existentes entre os dados de níveis de cinza extraídos no I-100 e os teores de Fe₂O₃ + FeO, TiO₂ e Al₂O₃, decidiu-se aplicar a técnica de Análise de Superfície de Tendência, uma vez que a mesma possibilita a visualização do comporta-

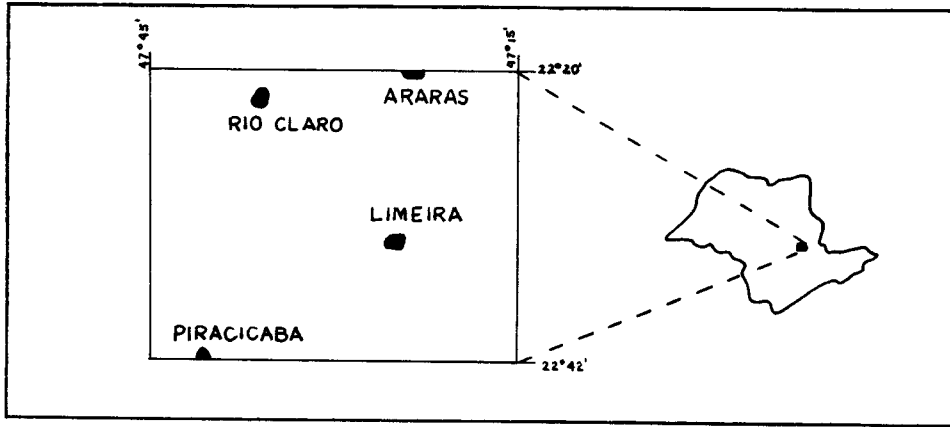


Fig. 1 - Mapa de localização da área

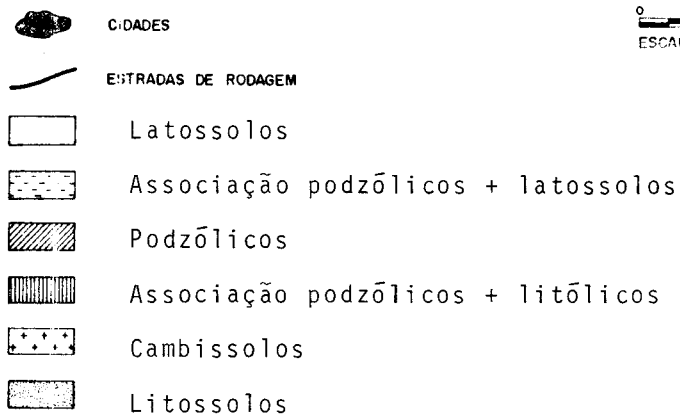
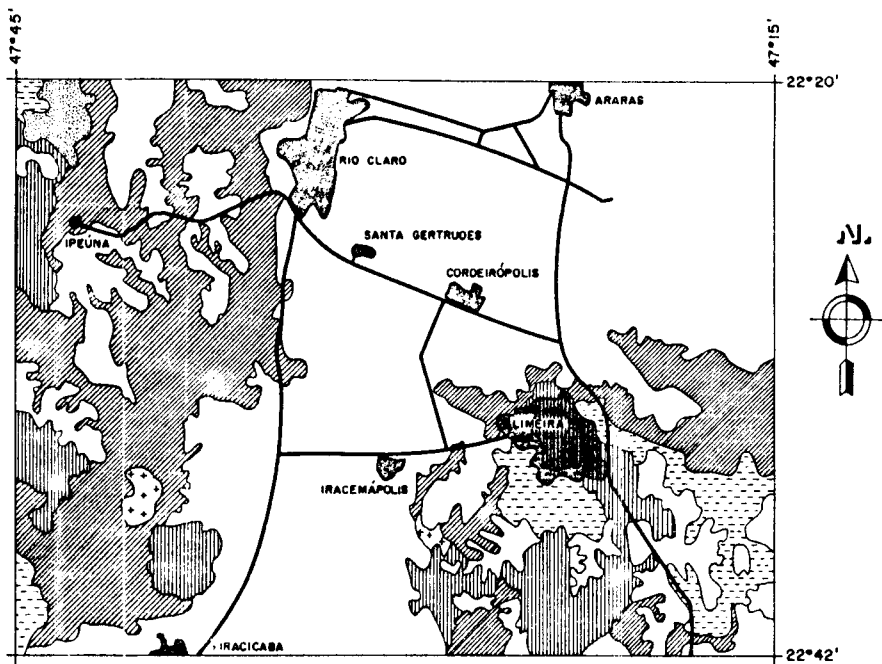


Fig. 2 - Mapa dos grandes grupos de solos da área

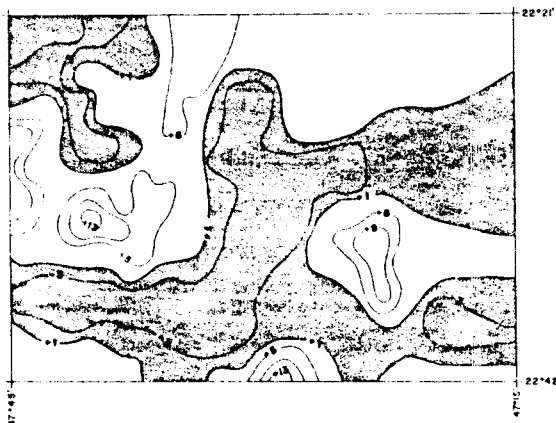


Fig. 3 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: níveis de cinza da banda 3

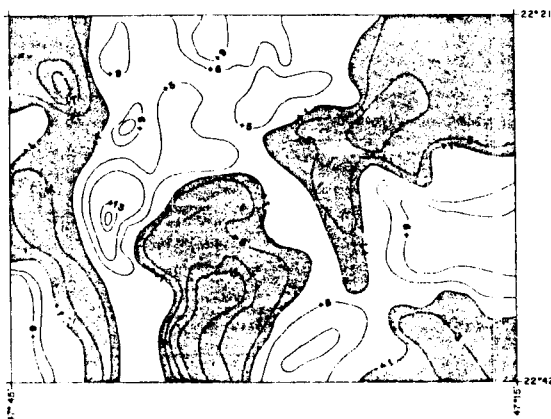


Fig. 4 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: níveis de cinza da banda 4.

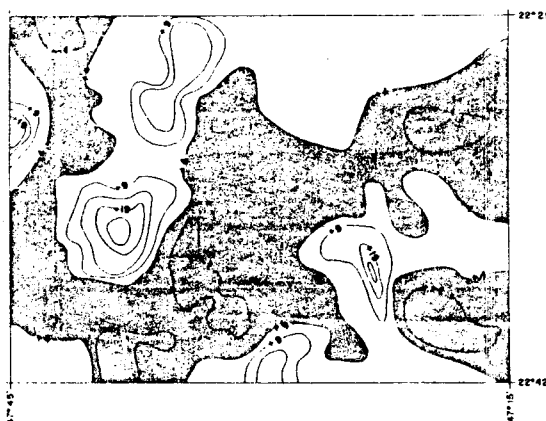


Fig. 5 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: níveis de cinza da banda 7.

LEGENDA



RESÍDUOS NEGATIVOS - Áreas localizadas abaixo da superfície ajustada
RESÍDUOS POSITIVOS - Áreas localizadas acima da superfície ajustada

0 4 8 km
ESCALA



Fig. 6 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: teores de alumínio.



Fig. 7 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: teores de ferro.

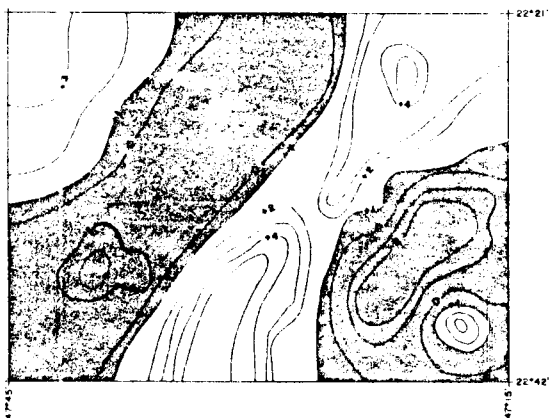


Fig. 8 - Mapa de resíduos da superfície de tendência de grau 2: teores de titânio.

LEGENDA

0 4 8 km
ESCALA



RESÍDUOS NEGATIVOS - Áreas localizadas abaixo da superfície ajustada.



RESÍDUOS POSITIVOS - Áreas localizadas acima da superfície ajustada.

mento espacial das variáveis envolvidas no estudo, através de mapas de superfícies ajustadas.

A Análise de Superfície de Tendência é um método estatístico, derivado da Análise de Regressão Múltipla, que visa a obtenção de superfícies matemáticas, ajustadas através do método dos mínimos quadrados, de tal forma que se visualize a tendência regional dos dados (Davis, 1986).

São gerados mapas das superfícies ajustadas, bem como mapas dos seus resíduos, onde são representados espacialmente os resíduos positivos e negativos, calculados pelo método dos mínimos quadrados.

Os pontos para a obtenção dos níveis de cinza no I-100 foram extraídos por meio de uma grade regular de 2,5km por 2,5km e suas coordenadas geográficas quilométricas foram devidamente anotadas, uma vez que a Análise de Superfície de Tendência se baseia no fato de que as observações (variável dependente) são função das coordenadas geográficas (variáveis independentes).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas das superfícies de tendência de grau 2, geradas a partir dos dados de níveis de cinza das bandas 3, 4 e 7 do TM e dos dados de teores de Al_2O_3 , $Fe_2O_3 + FeO$ e TiO_2 forneceram o comportamento regional destas variáveis.

Notou-se ao observar resíduos das superfícies de tendência para os níveis de cinza das bandas 3, 4 e 7, que os resíduos negativos, aliados às tonalidades de cinza mais escuras da imagem, encontram-se distribuídos da região central da área de estudo e em dois núcleos, um a SE e outro a NW da área, comforme pode ser constatado nas figuras 3, 4 e 5.

Os mapas gerados para os dados geoquímicos, mostraram em todas as análises de tendência, um aumento dos teores em direção à região central, confirmada pela distribuição dos resíduos positivos, que também aparecem a NW e SE da área de estudo.

Os resíduos negativos das três superfícies, por sua vez ocorrem nas regiões centro leste e centro oeste da área de estudo (figs. 6, 7 e 8).

Analisando-se o mapa fotointerpretado das formações superficiais, constatou-se que as regiões de resíduos positivos dos teores dos elementos avaliados correspondem às ocorrências de formações superficiais latossolizadas das unidades Corumbataí, Tatuí e das rochas básicas, enquanto que os resíduos negativos às formações, podzolicizadas e litó-

licas das unidades Itararé, Tatuí, Irati e Corumbataí (fig. 2).

Tal fato é coerente com o processo de evolução dos solos e com a resposta dos elementos químicos ao processo intempérico. Os latossolos são solos bastante desenvolvidos e maduros, onde ocorre o empobrecimento em bases e o aumento relativo dos teores de alumínio, ferro e titânio, elementos menos móveis durante o processo intempérico (Krauskopf, 1972). É esperado que as formações superficiais alteradas a nível de podzolicos, cambissolos e litossolos, menos maduros que os latossolos, apresentem menor enriquecimento relativo destes elementos, uma vez que a perda de bases não é tão acentuada.

5. CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia desenvolvida neste trabalho vem demonstrar que existe relação entre os teores de Al_2O_3 , TiO_2 e $Fe_2O_3 + FeO$ e os níveis de cinza das imagens TM-LANDSAT nas três bandas analisadas. Os teores dos elementos em questão aumentam com o avanço do processo intempérico e são acompanhados por uma correspondente diminuição nos valores de níveis de cinza, associada às tonalidades mais escuras nas imagens.

Geologicamente pode-se constatar que uma mesma unidade geológica engloba várias zonas homólogas associadas às diferentes formações superficiais em vários graus de alteração. Constatou-se também que a ação do intemperismo compromete a separação das unidades geológicas existentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D. R.; MELLO, M.S.; BISTRICHI, C.A. Mapa geológico do Estado de São Paulo: escala de 1:500.000. São Paulo, IPT, 1980. v. 1/2. (Monografias, 6).
- BJORNBERG, A.J.S.; LANDIM, P.M.B. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenoico). Soc.Bras.Geol., São Paulo, 15 (4): 42-67, 1966.
- DAVIS, J.C. Statistics and data analysis in geology. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1986. 646 p.
- DEWOLF, Y. Interêt et principes d'une cartographie des formations superficielles. Caen, Association de publications de la Faculte des Letters et Sciences Humaines d L'Université de Caen, 1965. 183 p.
- FÚLFARO, V.J.; GAMA JR., E.G.; SOARES, P.C. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo, Consórcio CESP-IPT, 1980. 155 p. (Paulipetro,

- Relatório BP - 008/80).
- JOST, H. Formações superficiais e sua importância para alguns ramos da geologia: síntese do relator. In: COLÓQUIO ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS, São Paulo, 1978. vol. 1, p. 55-72.
- KRAUSKOPF, K.B. Introdução à geoquímica. São Paulo, EDUSP, 1972. v.1, 294 p.
- NAKASHIMA, P. Estudo das formações superficiais na área de Campinas - Viracopos (S.P.): suas relações com a evolução geomorfológica e os solos. Dissertação de Mestrado em Geografia. São Paulo, USP, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas de São Paulo, 1973. 128 p.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L.; TRECOMOLDI, W. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras. Bol. Tecn. Inst. Agron., Campinas, sv. (71): 180 p., 1982.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; ROTTA, C.L.; Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo: quadrícula de Campinas. Rio de Janeiro, SUPREN - IBGE, 1979. 172 p.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos. Memorial descritivo. Bol. Tec. Inst. Agron., Campinas, 98: 1-188, 1984.
- PONÇANO, N.L.; MELLO, M.S. Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozoicos do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT, 1983. 74 p. (Monografias, 9).
- QUEIROZ NETO, J.P. Sistemas de representação cartográfica empregados nas regiões de Parateí, São Pedro e Marília. In: COLÓQUIO ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS, São Paulo, 1978. v. 1, p. 23-36.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, E.T.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, SBG, 1974. v.1, p. 41-65.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. Anais. Aracaju, SBG, 1973. v.1, p.243-256.
- TRESCASES, J.J. Formações superficiais desenvolvidas a partir das rochas ultrabásicas: interesse geomorfológico, geológico e mineiro (o exemplo de Nova Caledônia). In: COLÓQUIO ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS, São Paulo, 1978. v.1, p.121-134.
- WU, F.T. Minerais pesados das sequências arenosas paleozóica e mesozóica no Centro-Leste do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP, Instituto de Geociências, 1981.