

**ESTUDOS CORRELATIVOS ENTRE RESPOSTAS ESPECTRAIS E  
ÍNDICES DE INTEMPERISMO DE COBERTURAS DE  
ALTERAÇÃO INTEMPÉRICAS**

J.R. Jiménez R.  
DGA - UNESP - Rio Claro  
Caixa Postal 178  
13500 Rio Claro, SP

J.T. de Mattos  
Instituto de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515  
12201 São José dos Campos, SP

P.S. Riedel  
DGA - UNESP - Rio Claro  
Caixa Postal 178  
13500 Rio Claro, SP

RESUMO

Neste artigo estão sintetizados procedimentos de interpretação de imagens com dados de índices de intemperismo de vários solos da região de Piracicaba (SP), combinados e de forma integrada. Para tanto, mostra-se como aplicar técnicas de sensoriamento remoto para correlacionar o manto de alteração, estabelecer parâmetros, seus controles e possíveis reflexos nas características tonais e texturais das imagens Landsat-TM.

ABSTRACT

This paper summarizes procedures in satellite image interpretation as well as weathering index data of several soils in the Piracicaba region (SP), combined in an integrated form. The aim is to apply remote sensing techniques to correlate the depth of the alteration mantle, establish parameters, their controls and possible reflexes in the tonal and textural characteristics of the Landsat-TM.

1. INTRODUÇÃO

Os mapeamentos geológicos/pedológicos, tanto em escala de reconhecimento (nível regional), quanto ao nível de semi-detálhe e de detálhe, têm sofrido muitas alterações quanto à sistemática de avaliação. Isto se deve ao fato de que nas últimas décadas, várias técnicas alternativas têm surgido com o avanço tecnológico, o que permite a otimização e integração dos diversos dados disponíveis, sobre a superfície da Terra.

No presente trabalho procurou-se

utilizar dados espectrais de imagens TM Landsat, sob forma de fitas CCT, para que se pudesse estabelecer parâmetros correlativos entre níveis de cinza (números digitais) e índices de intemperismo dos mantos alterados, visando estabelecer uma relativa correlação com os dados parentais (informações geológicas), com os diversos tipos de solo e com a morfoestrutura da região, sendo esta última informação a que constitui forte indicadora dos processos endógenos e exógenos atuantes.

Tanto a escolha da área como a pré-

seleção de alguns índices de alteração, foram feitos visando caracterizar áreas de influência de clima tropical, onde o intemperismo químico é uma variável relevante, cujo resultado provoca uma forte intemperização das unidades geológicas, o que dificulta seu mapeamento através de técnicas de fotointerpretação analógica

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Na presente pesquisa, selecionou-se parte da quadrícula de Piracicaba (segundo a Divisão Internacional do Mundo ao milionésimo - Escala 1:50.000) compreendida entre os paralelos 22°34' a 22°39' de latitude sul e os meridianos 47°33' a 47°45' de longitude oeste de Greenwich.

Em termos político-administrativos, esta região encontra-se em uma área sob a influência de grandes centros urbanos como: Piracicaba, Limeira, Rio Claro, etc., cujas atividades econômicas são diversificadas, embora predomine a agricultura e indústrias agrícolas sucro-alcooleiras e exploração de argilas minerais.

Sob o ponto de vista geológico, a região faz parte da grande sineclisis da Bacia Sedimentar do Paraná, que corresponde a uma unidade geotectônica de grande expressão sobre a Plataforma Sul Americana, a partir do Devoniano Inferior. Embora preservando as características de uma Bacia tipo intracratônica com acúmulo de sedimentos com mais de 6.000 metros de espessura, as atividades tectônicas gravitacionais somadas a agentes intempéricos a que ela esteve sujeita até os tempos atuais, não permitem a preservação de todos os pacotes sedimentares originais.

Na área de estudo, os efeitos tectônicos rúpteis mais intensos, atestados pelas feições dômicas tipo Pitanga e Morro Azul, fez com que as litologias aflorantes se restringissem às Formações Rio Claro, Pirambóia, Corumbataí, Irati, Tatui, Aquidauana e Itararé as quais se configuram em área de formas irregulares com figuras de interferências exóticas (seus limites). Ora mostram efeitos eminentemente de contatos anormais por descontinuidades (discordâncias estruturais por falhamentos e feixes de fraturamento, como reflexos de estruturas profundas do embasamento), ora contatos eminentemente erosivos, com rupturas de declive fortemente festonadas, atestando ainda corpos semi horizontalizados, mantendo-se bem próximos de sua posição original deposicional.

Quanto aos solos da região, segundo a classificação brasileira (Camargo et alii, 1987), predominam os de horizonte B latossólico, B textural, B câmbico, solos pouco desenvolvidos do tipo

litossolos e solos hidromórficos.

As coberturas latossólicas aqui relacionadas diretamente com os latossolos, foram assim denominadas para uma melhor diferenciação quanto aos seus estágios de intemperização (geralmente avançados). Estas coberturas, em geral apresentam estrutura granular e/ou migalhosa, porosidade variável com espessuras decimétricas a dezenas de metros (relação silte/argila menor de 0,7, presença de minerais facilmente alteráveis menores que 4% e/ou mica muscovita inferior a 6%). Nestas coberturas, os valores de argila devem ser menor que 13 mg/100 g da capacidade de troca catiônica e a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) menores que 2,0 da fração fina do solo. No volume total de alteração, a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  do solo é normalizada em função do mesmo índice da rocha podendo apresentar valores que variam de 0,2 a 1,0.

As coberturas Podzolizadas aqui mencionadas, podem-se diferenciar em dois tipos de coberturas: uma mais intemperizada que outra com solos do tipo podzólico. Estas coberturas apresentam estrutura prismática, espessuras variáveis, dependendo da quantidade de argila dos horizontes relacionados (B/A), a qual não deve ser inferior a 1,5. A capacidade de troca catiônica é variável, mas pode ser superior a 24 meq/100 g de argila para as coberturas saturadas com cation em mais de 35% de V e inferior para as mais alteradas. A relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) é superior a 2,2 para as menos alteradas e inferior para as mais alteradas, da fração fina do solo. Já no volume total de alteração destas coberturas, o índice Ki ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) normalizado em função do mesmo índice da rocha apresenta-se na área em estudo entre 1,1 e 1,3.

As coberturas incipientes ou cambissólicas relacionadas diretamente com os cambissolos mostram um estágio de alteração relativamente recente, o qual pode ser evidenciado devido à presença de: minerais facilmente alteráveis (feldspatos, piroxênios, anfibólios, etc) superiores a 4% e/ou mica muscovita superior a 6%; relação de silte/argila superior a 0,7; capacidade de troca catiônica superior a 13mg/100g de argila e a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) superior a 2,2 da fração fina do solo. No volume total de alteração, a relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) normalizado ao mesmo índice da rocha pode apresentar valores superiores a 1,4.

As coberturas litólicas são aquelas que se relacionam com os litossolos mostrando muito pouca e/ou nenhuma alteração da rocha, ou material de origem dos solos.

## 3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

Com o propósito de avaliar, quanti

ficar e correlacionar informações de dados de sensoriamento remoto orbital, com dados pedológicos, geológicos e principalmente geopedológicos, procurou-se utilizar produtos e análises pré-existent da região e disponíveis no Instituto de Geociências da UNESP - Campus de Rio Claro, e no Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE - São José dos Campos.

Tais produtos abaixo mencionados mostraram-se os mais eficientes na caracterização das coberturas de alteração intempéricas e suas relações com o material parental e, portanto, imagens TM-Landsat em reprodução fotográfica na escala 1:100.000, branco e preto, nas bandas 3, 4 e 7 foram utilizadas para a interpretação analógica e na cartografia final pedológica, geológica e morfoestrutural conforme serão apresentadas na descrição dos resultados. Também produtos digitais de imagens TM-Landsat foram empregados sob forma de fitas CCT nas bandas 3, 4 e 7 (órbita 220/68 de 13/09/86) que foram tratadas no sistema SITIM do INPE e obtidos níveis de cinza (número digital), que foram trabalhados e utilizados sob forma de superfícies de tendência com seus respectivos mapas de resíduos (Fig. 6 e 7).

Os dados pedogeoquímicos foram obtidos por análise de fluorescência de raio x e/ou fusão total. Com os valores obtidos calculou-se índices de intemperismo normalizados em relação ao material parental das referidas coberturas de alteração. Estes índices foram tratados pela técnica de "Trend-Analysis", cujos resultados finais são apresentados como mapas de resíduos de Teores de  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_2$ , índice de Parker

$$\left[ 100 \frac{(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO})}{0,25 \quad 0,35 \quad 0,7 \quad 0,9} \right],$$

constantes de intemperismo  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Ki) do solo e da rocha, Bases/ $\text{R}_2\text{O}_3$  ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO}$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  do solo e da rocha, estes últimos normalizados com referência aos mesmos índices da rocha (Colman, 1982).

Os dados pedológicos, geológicos e morfoestruturais interpretados, foram avaliados em trabalhos de campo e comparados com mapas pré-existent para fins de compartilhização terminológica (UNESP/DAEE, 1982; Landim et alii, 1980; IAC/IGC, 1989; Demattê, 1980 e Jiménez et alii, 1989). Trabalhos de Jiménez R., J.R. (1980); Jiménez R.J.R. (1981), Jiménez e Godoy (1982), Riedel et alii (1987), Riedel et alii (1988), Jiménez et alii (1988), Riedel et alii (1989); Mattos e Jiménez (1989), Jiménez et alii (1989), foram utilizados como sistemática de mapeamento, visto que correspondiam a parte da área do atual estudo, e por terem utilizado tecnologia análoga.

Foram empregados critérios de análise comparada para avaliar os diversos planos de informação obtidos pela análise de superfície de tendência. O grau dois (2º grau) foi o que apresentou um ajuste razoável e os dados de resíduos destas superfícies também apresentaram maiores índices de correlação com a informação pré-existente.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de técnicas de sensoriamento remoto para fins de mapeamentos temáticos de uso específico e/ou de múltiplo uso (geomorfológicos, pedológicos, geológicos, geotécnicos, geoambientais, etc), tem mostrado que, tanto os atributos espaciais (principalmente pelas texturas fotográficas) como os atributos espectrais (níveis de cinza ou matizes de cores) tem sido empregados com grande aproveitamento e obtido valiosas informações, em função do seu significado com relação ao problema investigado.

Neste trabalho as informações multifonte permitiram verificar que a resposta espectral registrada pelo sistema Landsat, embora seja uma informação integrada de solo/rocha/vegetação, ela tem relação direta com as razões dos constituintes químicos, responsáveis pelas atuais coberturas intempéricas.

A seguir, serão feitas comparações entre os resultados obtidos, resultados estes, que devem ser testados em outras áreas, para que se possa tornar operacional a sistemática proposta.

- O mapa de resíduos do ferro dois (FIGURA 1), apresenta boa correlação dos valores das classes 5 de 0,00 a 0,23 com as superfícies monossilíticas, as quais estão relacionadas com coberturas latossólicas, representadas por latossolos (roxo, vermelho escuro e amarelo (Fig.8) e mono-bissilíticas relacionadas com coberturas podzolizadas, que contém solos podzólicos (vermelho-amarelo e escuro distróficos e Terra Roxa) desenvolvidos em altos estruturais e topográficos (Fig. 10).

Mostrando, por sua vez, desenvolvimento e comportamento destas superfícies diferenciado em relação aos mapas de resíduos dos níveis de cinza das bandas 3 e 4 da imagem, os quais mantêm as direções predominantes do sistema de estruturação geológica regional (Fig. 9).

A classe 3 de 0,46 a 0,23 mostra relações com litologias arenosas das Formações Rio Claro, Pirambóia e Itararé (Fig. 9), e com superfícies monossilíticas, compostas por coberturas latossólicas, que comportam latossolos vermelho escuros e amarelos (Fig. 8), desenvolvidas em altos estruturais, altos e baixos topográficos (Fig. 10), que respectivamente apresentam diferenciação nas bandas 3 e 4 dos níveis de cinza.

A classe 4, de 0,23 a 0,00, apresenta relações com litologias variadas nos altos estruturais e topográficos, e alguns baixos topográficos com Formação Serra Geral e Formação Corumbataí, que por sua vez, relacionam-se com superfícies monossialíticas, constituídas por coberturas latossólicas e representadas por latossolos vermelho escuro e roxo.

Os baixos estruturais/altos e/ou baixos topográficos, apresentam relações com vários tipos litológicos, e ampla variação das superfícies mono-bissialíticas/bissialíticas, sendo as primeiras relacionadas a coberturas de podzolização avançada e, as segundas a coberturas podzólicas/cambissólicas e litólicas, representadas, estas últimas, por solos menos evoluídos.

O mapa de resíduos de ferro três (Fig. 2), indica boa correlação dos valores da classe 4 com intervalos entre 0,00 e 0,95 com as superfícies monossialíticas-alíticas, as quais estão relacionadas com as coberturas latossólicas representadas na região, pelos latossolos (roxo, vermelho escuro e amarelo) e pelas coberturas monossialíticas-bissialíticas altamente intemperizadas relacionadas com as coberturas podzólicas), as quais são representadas por solos podzólicos vermelho escuros e alguns vermelho amarelos, desenvolvidos em altos estruturais/altos topográficos. Correspondem a litologias variáveis, pertencentes as Formações Serra Geral, Corumbataí, Irati e Tatui (Fig. 9).

Apresentam, devido a sua evolução e origem, diferenciação na sua alterabilidade que refletem na variação de níveis de cinza nas imagens TM Landsat nas bandas 3 e 4, mantendo a direção predominante das estruturas geológicas regionais.

A classe 2, a mais baixa apresenta boa correlação com uma mediana alteração. Seus intervalos entre -1,90 e -1,95 e as superfícies monossialíticas/bissialíticas estão relacionadas com coberturas latossólicas e podzólicas e representadas por latossolos (vermelho escuro e amarelo) e terras roxas estruturadas. Foram desenvolvidas em altos estruturais que podem ser altos e/ou baixos topográficos.

As classes 3 e 5 não mostram boa diferenciação entre superfícies de alteração monossialítica e/ou bissialítica, que em alguns casos, correspondem com coberturas muito intemperizadas constituídas por latossolos roxos e vermelho escuros e as vezes por podzólicos e litólicos de recente alteração; aspecto este que, também se repete em relação ao tipo de estrutura geológica em que se desenvolvem tanto nos altos, como baixos estruturais.

No mapa de resíduos da constante

de intemperismo  $K_i$  ( $SiO_2/Al_2O_3$ ) (Fig.3) normalizado em função da mesma constante da rocha e com base em dados de análise química total dos volumes de alteração total. Pode-se observar que em geral a organização e resposta das classes, tem relação com a orientação das estruturas geológicas regionais e com a distribuição das litologias e suas respectivas alterações, as quais originam superfícies monossialíticas e mono-bissialíticas, que correspondem a coberturas latossólicas e/ou podzólico/latossólicas; que variam entre valores de classes de -0,37 a 0,12, predominantemente desenvolvidas em altos estruturais e altos topográficos. Já nos baixos estruturais, baixos e altos topográficos, apresentam-se superfícies bissialíticas que correspondem a coberturas podzólicas, cambissólicas e litólicas, constituídas por solos podzólicos vermelho amarelo e escuro eutróficos, cambissolos, litossolos e solos hidromórficos, com classes que variam entre 0,12 e 0,37, as quais guardam a mesma relação com a disposição das estruturas geológicas regionais.

A mesma interpretação pode-se entender para o mapa de resíduos do índice de Parker (Bases) (Fig. 4) no qual os valores das classes 1 a 5 estão entre 0,04 e 0,01. Estes valores correspondem a maior lixiviação das bases e portanto relacionam-se com as superfícies monossialíticas-alíticas em condições de altos estruturais e altos topográficos. Já, para as classes 6 e 7, os valores variam entre 0,01 e 0,04, indicando menor lixiviação das bases e portanto, correspondendo a superfícies bi-monossialíticas e/ou mono-bissialíticas, que se relacionam com coberturas podzólicas, cambissólicas e litólicas, onde a alteração é menos intensa, o que está condizente com a posição estrutural de baixos e/ou altos topográficos.

O mapa de razões entre as bases e os óxidos de alumínio, ferro três e titânio (Fig. 5), são as que melhor se relacionam com as superfícies de alteração monossialíticas e bissialíticas, o que por sua vez, correlaciona com o tipo de argilo mineral, que constitui as diversas formações geológicas mantendo ao mesmo tempo a mesma distinção destes elementos, com as estruturas geológicas regionais.

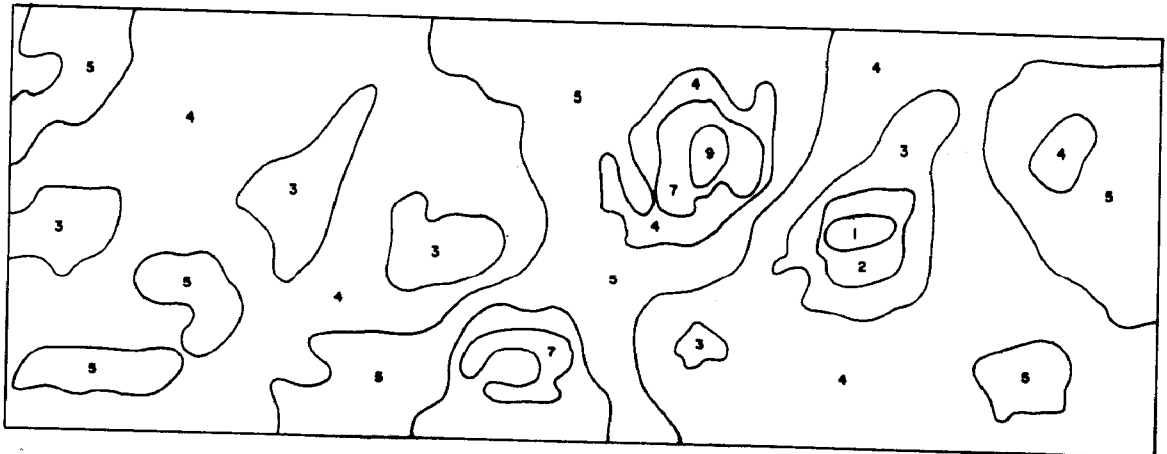
Os valores das classes 1, 2, 3, 4 e 5 entre -0,018 e 0,06, os quais são baixos a muito baixos, indicam a maior alteração, aspecto este que se relaciona perfeitamente não só com os níveis de cinza das bandas 3 e 4 mais baixos, como com as coberturas de alteração latossólicas e podzólicas dominantes na região centro-leste, onde os latossolos vermelho escuros, amarelos e roxos, estão presentes, contribuindo para melhor

caracterizar o comportamento dos altos estruturais e altos e/ou baixos topográficos.

Os valores das classes 6 e 7 entre 0,06 e 0,18 mostram menos alteração, relação com as superfícies bissialíticas-monossialíticas, representadas por coberturas podzólicas, cambissólicas e litólicas da região centro para oeste, onde dominam os baixos estruturais, altos topográficos que favorecem a presença destes argilo-minerais, e, onde níveis de cinzas nas bandas 3 e 4, apresentam valores mais altos.

##### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, M.N.; KLANT, E. e KAUFFMAN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Separata do Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 12(1):11-33. 1987.
- COLMAN, S.M. Chemical Weathering of Basalts and Andesites: Evidence from Weathering Rind. Geological Survey Professional Paper 1246 pg. 51. United States Government Printing Office, Washington. 1982.
- DEMATTE, I.J.L. Levantamento Semidetalhado de Solos da Usina Costa Pinto S/A Açúcar e Alcool. Escala 1:25.000. 1980.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. IAC/IGC. Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo. Quadrícula de Piracicaba. 1989.
- JIMÉNEZ, R.J.R. Índice de Intemperismo e suas Relações com Feições Morfoestruturais e texturais das imagens de satélite. D.M.R.M. - IGCE - UNESP - Rio Claro. Campus de Rio Claro, 1980 (Monografia Datilografada).
- JIMÉNEZ, R.J.R. Modelos Sequenciais de Gênese Aplicados a Solos da Região de Jequitaiá (M.G.). Dissertação Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP. Piracicaba. 1981.
- JIMÉNEZ, R.J.R. e GODOY, M.A. Metodologia para visão tridimensional das imagens "Landsat". Geografia, vol.7, pag. 13 e 14.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; MATTOS, J.T. de; TEIXEIRA, J.A.; MALAGUTTI Fº, W.; SEPE, P.M.; ELIS, V.R. e RIGO Jr., L. Condições Geopedológicas da Região de Piracicaba de Áreas Ocupadas pela Usina Costa Pinto S/A Açúcar e Alcool. 1988.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; MATTOS, J.T. de; MALAGUTTI Fº, W. Estudos Integrados para controlar os impactos ambientais de um sistema de irrigofertilização com vinhoto na região Centro-Leste do Estado de São Paulo. IV Simpósio Latino Americano de Percepcion Remota. IX Reunion Plenaria. SELPER. Bariloche, Argentina. 1989.
- JIMÉNEZ, R.J.R.; MATTOS, J.T. de; MALAGUTTI Fº, W. e RIGO Jr. L. Geologia da Porção Sul do Domo de Pitanga - Folha Piracicaba - SP. I Simpósio Regional do Sudeste. Rio de Janeiro, R.J. Resumos. 1989.
- MATTOS, J.T. de e JIMÉNEZ, R.J.R. Discriminação de Matizes de Cores em Coberturas de Alteração Intempéricas utilizando o método da Distância Generalizada D<sup>2</sup> Mahalanobis. IV Simpósio Latinoamericano de Percepcion Remota. IX Reunion Plenaria. SELPER. Bariloche, Argentina. 1989.
- MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - Parte 1. Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Revista Brasileira de Geociências, 7(4):271-286, 1977.
- MELFI, A.J. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - Parte 2. Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. Revista Brasileira de Geociências, 8(1):11-22, 1978.
- PEDRO, G. A alteração das rochas em condições superficiais (Perimorfismo) - caracterização geoquímica dos processos fundamentais. Notícias Geomorfológicas, 9(17):3-14, jun. 1969.
- RIEDEL, P.S.; JIMÉNEZ, R.J.R.; STURARO, J.R. e MATTOS, J.T. de. Relação entre níveis de cinza e teores de ferro, titânio e alumínio na caracterização das Formações Superficiais de uma região do Centro-Leste Paulista. V Simpósio de Sensoriamento Remoto. Natal, RN. 1988.
- RIEDEL, P.S.; JIMÉNEZ, R.J.R. e MATTOS, J.T. de. Estudo das Coberturas de Alteração de parte do Centro-Leste Paulista através de Dados de Sensoriamento Remoto. IV Simpósio Latinoamericano de Percepcion Remota. IX Reunion Plenaria. SELPER. Bariloche, Argentina. 1989.

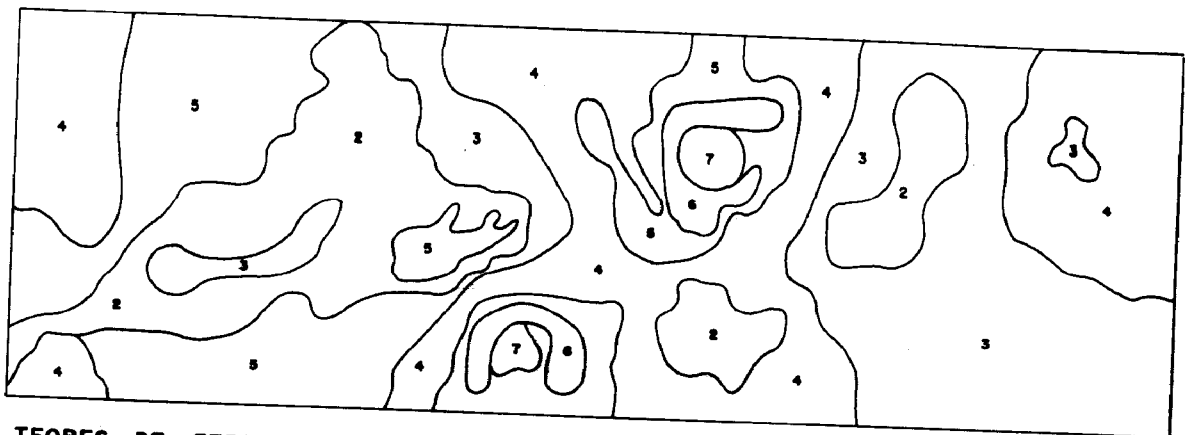


TEORES DE FERRO 2

① < - 0.69 ; ② - 0.69 - - 0.46 ; ③ - 0.46 - 0.23 ; ④ - 0.23 - 0.00 ; ⑤ 0.00 - 0.23 ; ⑥ 0.23 - 0.41 ;  
⑦ 0.46 - 0.69 ; ⑧ 0.69 - 0.91 ; ⑨ > 0.91

| TIPOS DE SOLOS                           | TIPOS LITOLÓGICOS            | ESTRUTURAS<br>(ALTO BAIXO) | BANDAS  |        |
|------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------|--------|
|                                          |                              |                            | 3       | 4      |
| 1   LE                                   | Pi+Pe                        | (+)                        |         | 1      |
| 2   LE                                   | Pi+Pe                        | (+)                        |         |        |
| 3   (LE+PV)(LE)(LUA)                     | (Pi+Pe+JCSB)(Pe+Pt)(TIJP)    | (+) (-)                    | 1457    | 134567 |
| 4   (LR+LE+PV+HI)(LE+PV+LI+HI+TEP+TE+PE) | (JCSB+Pe+Pi+Pt+Pei)          | (+) (-)                    | 134567  | 134567 |
| 5   (LE+LR)(LV+PV+PE+LI+LE)(TE+TEP+LV)   | (JCSB+PE)(Pe+Pi+Pt+Tôre+Pei) | (+) (-)                    | 1234567 | 12345  |
| 6   LE+LUA                               | (Tôre+Pe)                    | (+)                        |         |        |
| 7   (LVA+LE+LI+PV)(PE+PV+LI)             | (TIJP+Tôre+Pe)(JCSB+Pe+Pi)   | (+) (-)                    | 2       | 2      |
| 8   LI+PV                                | (Pe)                         | (+)                        |         |        |

FIGURA 1 - MAPA DE RESÍDUOS (2) - TEORES DE FERRO 2

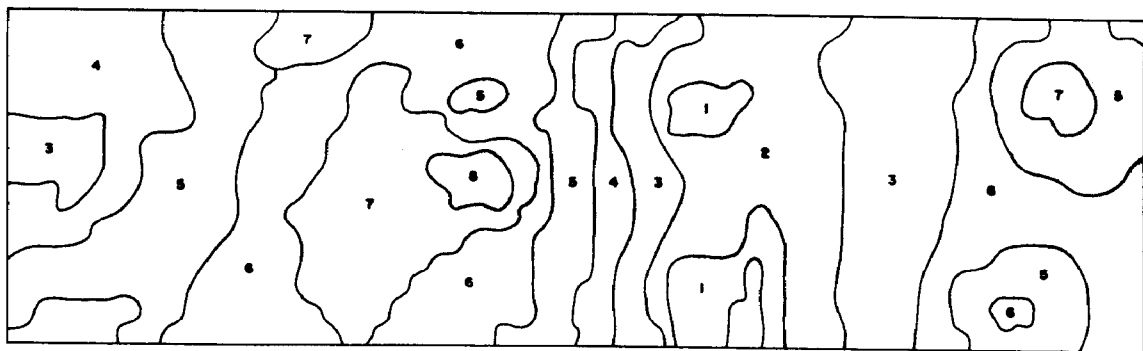


TEORES DE FERRO 3

① < (-2.84) ; ② (-1.90) - (-0.95) ; ③ (-0.95) - 0.00 ; ④ 0.00 - 0.95 ; ⑤ 0.95 - 1.90 ; ⑥ 1.90 - 2.84 ;  
⑦ > 3.79

| CLASSES DE RESÍDUOS | TIPOS DE SOLOS              | TIPOS LITOLÓGICOS         | ESTRUTURAS<br>ALTO E BAIXO | BANDAS<br>1 3 4              |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                   | LVA, LE, TE                 | (Tôre)(Pei)(Pc)           | (+)                        | 1,3, 1,3,<br>4,5, 4,5<br>6,7 |
| 2                   | LR+LE, LR, LE, PVA, LI, TEP | (JSG)(Pe+JSG)(Pe)(Pi)(Pt) | (+) (-)                    | 1,3, 1,3,<br>4,5, 4,5<br>6,7 |
| 3                   | LE, LR, PE, LI              | (JSG)(Pc)(Pi)(TI.P)(Pei)  | (+) (-)                    | 1,2, 1,2,<br>7 3,4,<br>7     |
| 4                   | LI, LVA, PV                 | (Tôre);Pe,Pt,Pi           | (-)                        | 1                            |
| 5                   | LI, LVA, PV                 | (Tôre),(Pe),(Pi)          | (-)                        | 1 2                          |
| 6                   | LI                          | (Pe+Tôre)                 | (+)                        | 1 2                          |

FIGURA 2 - MAPA DE RESÍDUOS (2) - TEORES DE FERRO 3



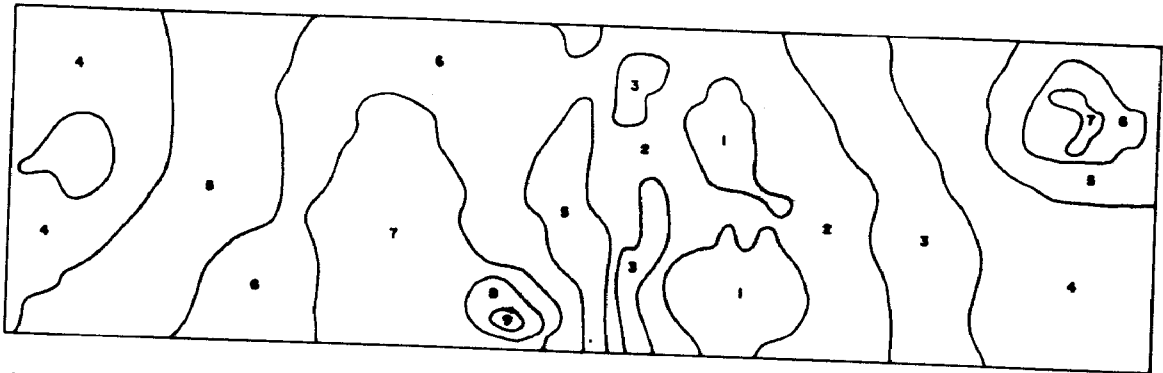
CONSTANTES DE INTEMPERISMO (KI) =  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ S}' / \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ R}'$

① < (-0.37) ; ② (-0.37) - (-0.25) ; ③ (-0.25) - (-0.12) ; ④ (-0.12) - 0.00 ; ⑤ 0.00 - 0.12 ; ⑥ 0.12 - 0.25 ; ⑦ 0.25 - 0.37 ; ⑧ > 1.50

| RELACÃO DE RAÍZES<br>Ki (RESÍDUOS) | TIPOS DE SOLOS             | TIPOS LITOLÓGICOS     | ESTRUTURAS<br>(ALTO(+)) BAIXO(-) | MAIORES<br>3 | 4       |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1                                  | LV+PV                      | Tôre+Pe+Pi            | (+)                              | 1            | 1,2     |
| 2                                  | LE+PV+LV                   | Tôre+Pe+Pi+KSG        | (+)                              | 1            | 1,2     |
| 3                                  | (LR+CE)(PE)(LV+Li)(LE)(LV) | Pc+KSG+Tôre+Pi+Pt+TLP | (+) (-)                          |              | 1,2,7   |
| 4                                  | (LE+LR)(PE)                | (Pe+KSG)(Pi+Pe+Pt)    | (+) (-)                          | 1,2,6,7      | 1,2,6,7 |
| 5                                  | LE, LE+LR, PV, Li+TE+PE    | (Pe)(Pe+KSG)(Pe+Pi)   | (+) (-)                          | 1,2,5,6,7    | 1,2,5,6 |
| 6                                  | Li+Hi+PV+PE                | KSG+Pi+Pt+Pe+Pe       | (+) (-)                          | 3,4,5        | 2,3,4,5 |
| 7                                  | PE+PV+Li+Te+Pe             | Pi+Pe+Pt+Pe+KSG+Pc    | (+) (-)                          | 3,4          | 3,4,5   |

FIGURA 3 - MAPA DE RESÍDUOS (2) - CONSTANTES DE INTEMPERISMO (KI) =  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3\text{S}/\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3\text{R}$



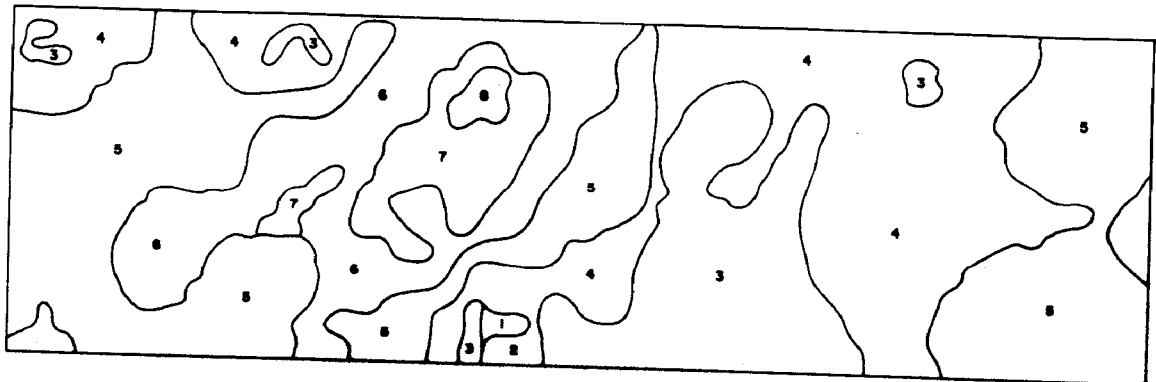


INDICES DE PARKER =  $100 \left( \frac{K}{0,25} + \frac{Na}{0,35} + \frac{Ca}{0,7} + \frac{Mg}{0,9} \right)$

- ① < (-0,04) ; ② (-0,03) - (-0,01) ; ③ (-0,03) - (-0,01) ; ④ (-0,01) - 0,00 ; ⑤ 0,00 - 0,01 ; ⑥ 0,01 - 0,03 ;  
⑦ 1,03 - 1,04 ; ⑧ 1,04 - 1,05 ; ⑨ > 1,05

| CLASSES DE RAZÕES<br>(RESÍDUOS) | TIPOS DE SOLOS                  | TIPOS LITOLÓGICOS                  | ESTRUTURAS |           | BANDAS  |           |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------|-----------|---------|-----------|
|                                 |                                 |                                    | ALTOS(+)   | BAIXOS(-) | 3       | 4         |
| 1                               | (LR+LVH+LE)PVA+Li               | (Pc+Pi+Tôre+JSSG)                  | (+)        |           |         |           |
| 2                               | (LR+PV+LE+LVA)(LVA+PVA)         | (Pi+Pe+JSSG)(TIJP+Pc)              | (+)        | (-)       |         |           |
| 3                               | (LR+PV+LE+LVA)(LVA+PVA)         | (Pi+Pe+JSSG)(TIJP+Pc)              | (+)        | (-)       | 1,2,7   | 1,2,7     |
| 4                               | (LE+CR)(LE+LVH+PV+PE+Li)(Li+PV) | (Pe+JSSG)(Tôre+JSSG)(Pe)(Pi)(Pe+T) | (+)        |           | TODOS   | TODOS     |
| 5                               | (LE+CR)(PV+Li)(PE+TEP+TE+Li)    | (Pe+JSSG)(Pi+Pi+Pc)                |            |           | 1,2,5,6 | 1,2,5,6,7 |
| 6                               |                                 |                                    |            |           |         |           |
| 7                               | (PE+PVA+Li)                     | (Pi+JSSG+Pe)                       |            | (-)       | 2,3,4   | 2,3,4     |

FIGURA 4 - MAPAS DE RESÍDUOS (2) - ÍNDICES DE PARKER =  $100 \left( \frac{K}{0,25} + \frac{Na}{0,35} + \frac{Ca}{0,7} + \frac{Mg}{0,9} \right)$



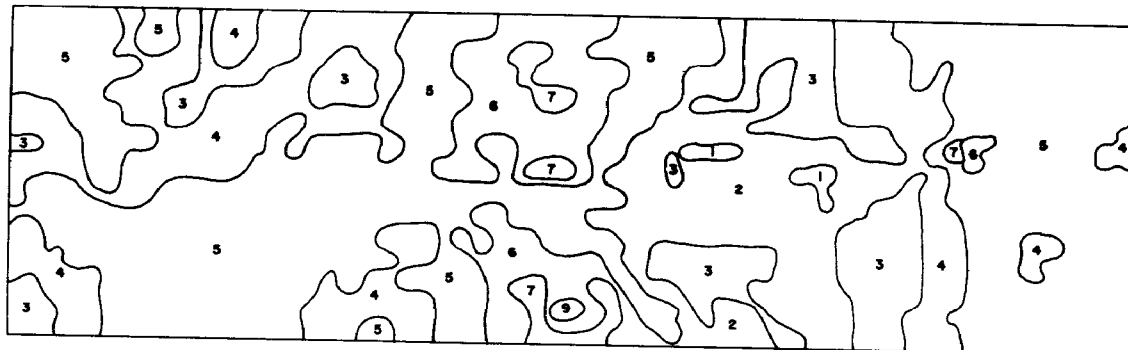
RAZÕES BASES : R 203 =  $\frac{Ca+Mg+k+Na}{Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3}$

① < (-0.018) ; ② (-0.02) - (-0.018) ; ③ (-0.12) - (-0.06) ; ④ 0.06 - (-0.06) ; ⑤ 0.00 - 0.06 ; ⑥ 0.06 - 0.12  
⑦ 0.12 - 1.18 ; ⑧ > 1.24

| CLASSES DE RAZÕES<br>BASES (RESÍDUOS) | TIPOS DE SOLOS          | TIPOS LITOLÓGICOS             | ESTRUTURAS<br>(ALTOS(+)) BAIXOS(-) | DANHAS<br>3 4 |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------|
| 1                                     |                         |                               |                                    |               |
| 2                                     |                         |                               |                                    |               |
| 3                                     | LVA                     | (Tôre+Pe+Pi)                  | )(+)                               | 1 1,2         |
| 4                                     | LE+LR                   | (JSSB+Pe+Pi)                  | )(+)                               | 1,2 1         |
| 5                                     | (LE+PE)(PVA+LI)(LI)(PE) | (Pe)(Pe+Tôre)(Pi+JSSB)        | )(+)                               | (-)           |
| 6                                     | (LI+PV)(TE+PU)(LE)      | (JSSB+Pi)(Pe+Pe)(JSSB)(Pe)Pei | ((+)                               | (-)           |
| 7                                     | (LI+PV)(PV+LE)(PE)      | (Pi+Pei)(Pe+Pi)(Pi)           | ((+)                               | (-)           |
| 8                                     |                         |                               |                                    |               |

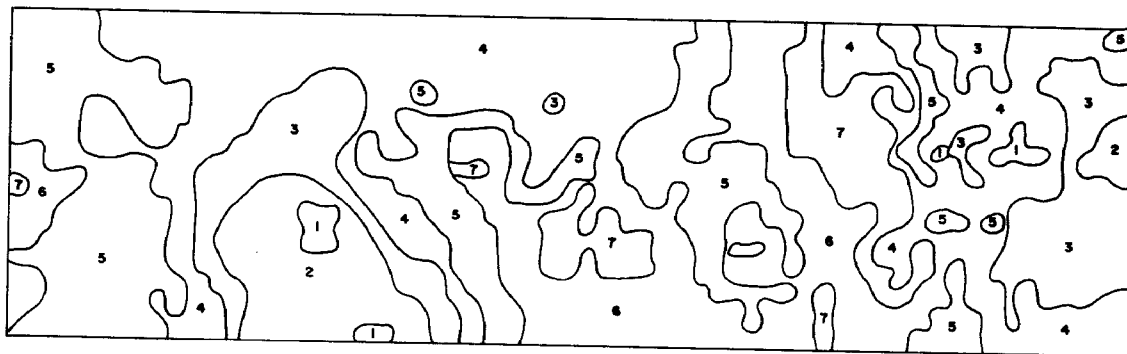
FIGURA 5 - MAPA DE RESÍDUOS (2) - BASES: R203 =  $\frac{Ca+Mg+k+Na}{Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3}$

Banda 3



① (-15.61) ; ② (-10.41) - (-15.61) ; ③ (-11.41) - (-5.20) ; ④ (-5.20) - 0.00 ; ⑤ 0.00 - 5.20 ; ⑥ 5.20 - 10.41 ;  
⑦ 10.31 - 15.46 ; ⑧ 15.46 - 20.82 ; ⑨ 21.61

Banda 4



① (-15.46) ; ② (-10.31) - (-15.46) ; ③ (-10.31) - (-5.15) ; ④ (-5.20) - 0.00 ; ⑤ 0.00 - 5.15 ; ⑥ 5.20 - 10.31 ;  
⑦ 10.31 - 15.46 ; ⑧ 15.46 - 20.82 ; ⑨ 21.61

Fig. 6 e 7 - MAPAS DE RESÍDUOS DE NÍVEIS DE CINZA

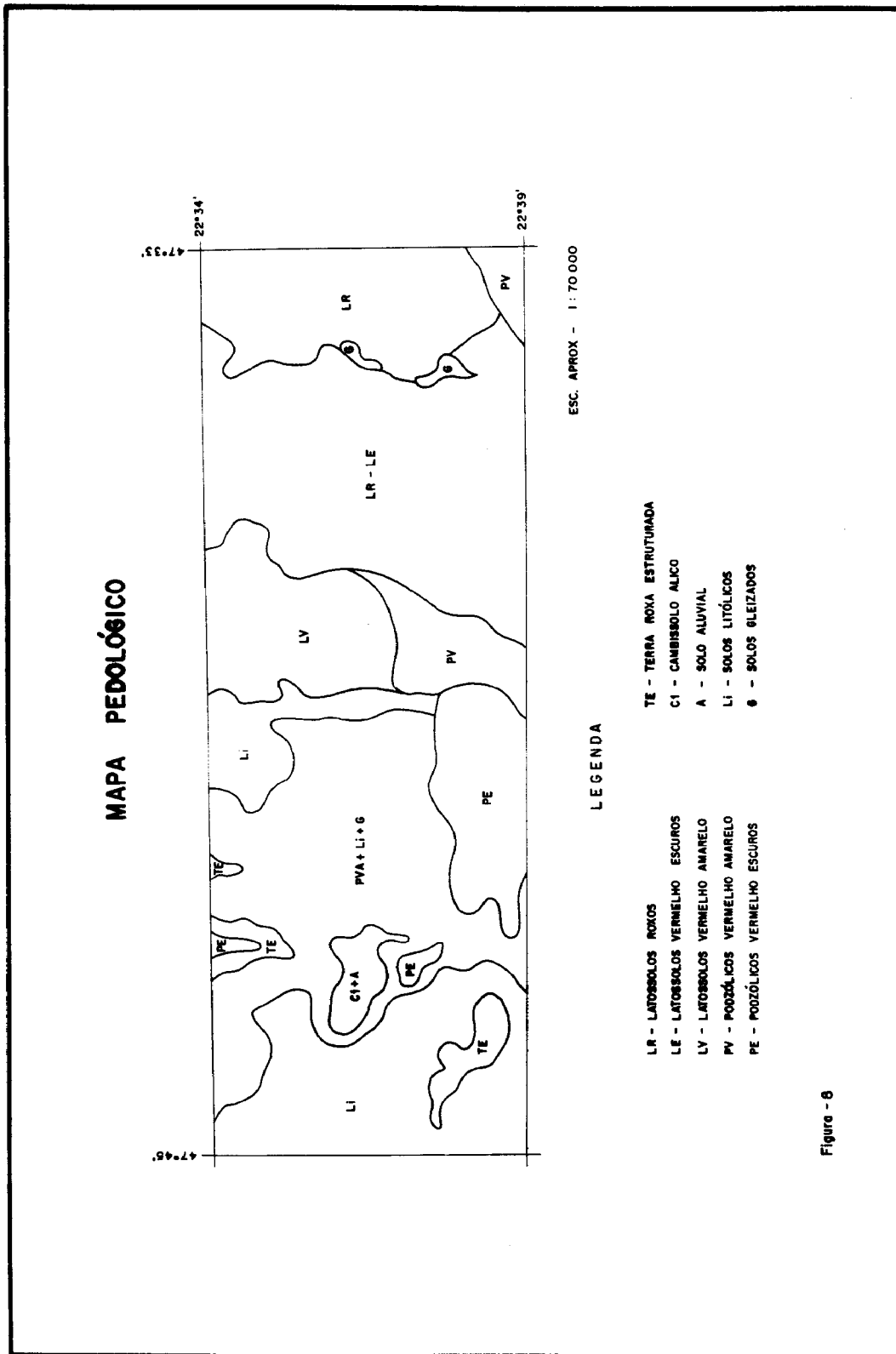
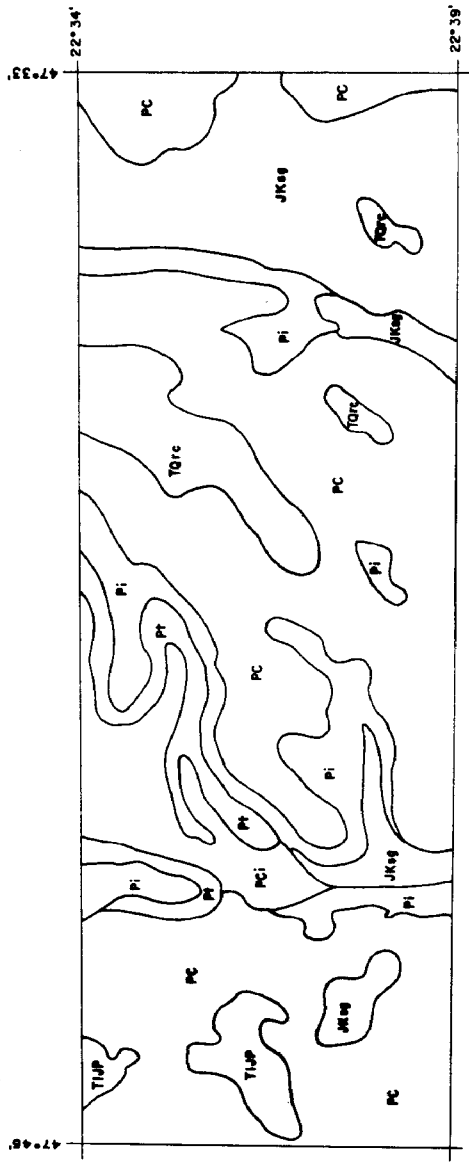


Figura - 8

# MAPA LITOLÓGICO



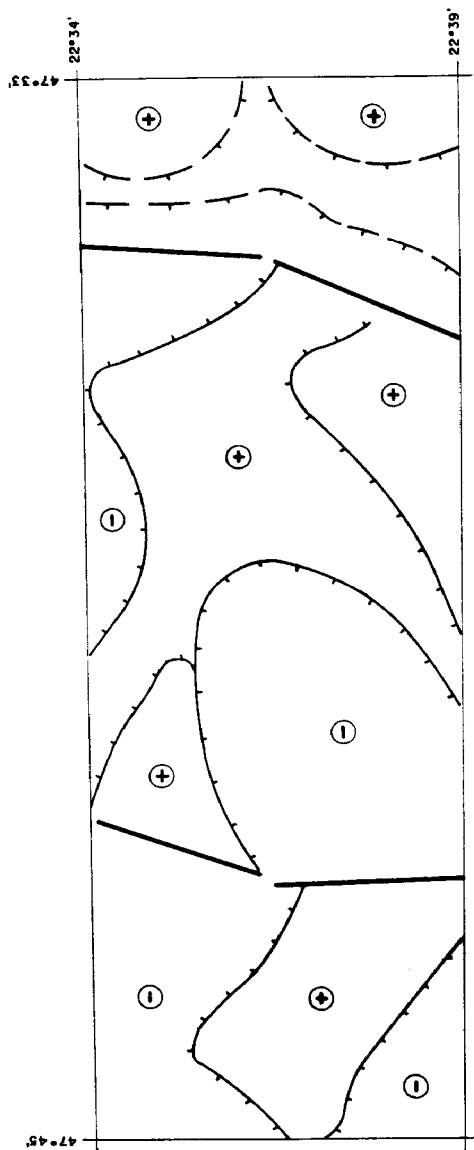
ESC. APROX - 1 : 70 000

## LEGENDA

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| TIJP - FORMAÇÃO RIO CLARO   | PI - FORMAÇÃO IRATI    |
| JKsg - FORMAÇÃO SERRA GERAL | PI - FORMAÇÃO TATUI    |
| TIJP - FORMAÇÃO PRAMBUÍ     | PCI - FORMAÇÃO ITABARÉ |
| PC - FORMAÇÃO CORUMBATAÍ    |                        |

Figure - 9

# MAPA MORFOESTRUTURAL



ESC. APROX. - 1:70 000

## LEGENDA

- ⊕ - ALTO ESTRUTURAL
- ⊖ - BAIXO ESTRUTURAL

Figure - 10