

## CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DE REGOLITOS EM UMA ENCOSTA MONTANHOSA: BACIA DO ALTO RIO FORTALEZA, BANANAL/SP.

XAVIER, R. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prof. Assistente Depto. Geografia, Fundação Universidade Estadual de Alagoas – FUNESA, Rua Gov. Luiz Cavalcante, s/n, Alto do Cruzeiro, Arapiraca, Alagoas, Cep:57312-000, Tel/fax; (82)3530-3382, e-mail: xavierra@uol.com.br

COELHO NETTO, A. L.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Professora Titular do Depto. de Geografia da UFRJ; Pesquisadora I-B/CNPq; Coordenadora do GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia. E-mail: ananetto@acd.ufrj.br

### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de regolitos em uma encosta montanhosa, situada no alto curso do Rio Fortaleza, município de Bananal/SP. Para tanto, foram realizadas 7 sondagens profundas, em diferentes pontos da encosta, com o objetivo de coletar material para análises mineralógicas que possam indicar o estágio de intemperismo dos regolitos em profundidade e, também, ao longo da encosta. As análises mineralógicas seguiram basicamente dois métodos: o primeiro foi aplicado a fração arenosa, com a finalidade de identificar os minerais leves, principalmente quartzo, feldspato e mica, consiste no princípio da descoloração e tingimento (*staining*), de acordo com o método proposto por Gabriel & Cox (1929); o segundo foi destinado a fração argila, com o intuito de caracterizar os argilominerais presentes no regolito, foi utilizada a difratometria de raios-X. Os resultados mostraram que os regolitos da bacia do alto Rio Fortaleza são, de uma maneira geral, bem desenvolvidos. Essa evolução se traduz tanto na espessura, pois foram observados perfis bastante profundos, quanto no estágio avançado de intemperismo dos materiais encontrados. Em termos mineralógicos, os regolitos foram caracterizados como sendo predominantemente caulíníficos, refletindo intenso intemperismo. As variações mineralógicas, encontradas em determinadas profundidades de alguns regolitos, resultam, na grande maioria dos casos, da influência do gnaiss condicionando os produtos intempéricos. O pleno desenvolvimento desses regolitos está associado, também, a posição topográfica de cada perfil. O perfil 1, localizado próximo ao divisor da encosta, está em situação geomorfologicamente estável, ou seja, quase não há erosão superficial. Essa situação contribuiu para um grande espessamento do perfil (mais de 18m). Conseqüentemente, essa grande profundidade parece limitar a percolação vertical da água por todo o perfil, retraindo o processo de intemperismo na zona saprolítica. Os perfis 5 e 6, situados na média-baixa e baixa encosta respectivamente, apesar da grande espessura (mais de 10 m), não mostraram a mesma tendência. Foi identificada uma grande mobilidade dos minerais na zona pedolítica e, também, na zona saprolítica, inclusive com presença de gipsita a 10 m de profundidade. Assim, esses perfis encontram-se em graus de intemperismo bem evoluídos. Essa diferença ao longo da encosta deve-se a posição topográfica, onde os perfis localizados mais na base da encosta recebem água de três vias diferentes: a chuva que cai diretamente sobre eles e infiltra verticalmente; a água que escoar em subsuperfície em diferentes profundidades; e a água que oscila de baixo para cima do lençol freático.

Palavras-chave: regolitos, posição topográfica, intemperismo, mineralogia, Bananal/SP.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, são extremamente raros os trabalhos que trazem no cerne de sua discussão o desenvolvimento de regolitos e suas relações com a paisagem local. As obras em sua maioria abordam as transformações laterais dos solos ao longo de encostas, possuindo um enfoque na camada pedogenética, negligenciando o saprolito, logo tratam de solos e não de regolitos. Nessa linha destacam-se os trabalhos de Lepsch

*et al.* (1977), Vidal Torrado (1989), Demattê *et al.* (1991), Scatolini & Moniz (1992), entre outros tantos.

Geomorfologicamente, a análise de regolitos é mais esclarecedora no que tange o entendimento da evolução de encostas, visto que, estudar todo o manto de alteração permite acompanhar o desenvolvimento das superfícies topográfica e rochosa em paralelo.

Desde Gilbert (1877), que o desenvolvimento de regolitos está intimamente associado a ocorrência de processos geomorfológicos. Segundo o autor, essa relação se estabeleceria devido o fato de a taxa de intemperismo estar condicionada, entre outros fatores, pelas taxas de erosão sobre o perfil. Para Gilbert (1877), haveria ainda uma espessura ideal do regolito, para que ocorressem as taxas máximas de rebaixamento das superfícies topográfica e rochosa. Diversas relações surgiram

Durante o século XX, diversos trabalhos apontaram na mesma direção (Carson & Kirkby, 1972; Colman, 1981; Ahnert, 1987; Stallard, 1988; Heimsath *et al.*, 1999). Outras relações foram também surgindo, como a de que em áreas de encostas íngremes os solos devem ser pouco espessos, tendendo aumentar sua profundidade com a diminuição da declividade (Hack, 1960; Arnett, 1971; Stallard, 1988; DeRose *et al.*, 1991; Dietrich *et al.*, 1995).

De maneira geral, certo consenso estabeleceu-se em todos os trabalhos, o da importância da geomorfologia para o desenvolvimento dos regolitos, e o contrário também é verdadeiro. Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo central avaliar a influência da posição topográfica na distribuição espacial dos regolitos ao longo de uma encosta, na bacia do alto rio Fortaleza, área montanhosa da bacia do rio Bananal/SP.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

A área selecionada para este estudo situa-se no alto curso da bacia do Rio Fortaleza (Figura 1), que é uma bacia de 3ª ordem, com 3,7km<sup>2</sup> de área, localizada na porção sudoeste da bacia do Rio Bananal (518 Km<sup>2</sup>), entre as latitudes 22°43'30'' e 22°43'28'' S e as longitudes 44°22'30'' e 44°24'35'' W. Esta parte da bacia do Rio Bananal é representativa da vertente norte da Serra da Bocaina, a qual drena para o médio curso do Rio Paraíba do Sul, próximo à fronteira entre os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

A região caracteriza-se, atualmente, por apresentar clima do tipo mesotérmico (Cwa na classificação de Köppen), com temperaturas médias anuais próximas a 20°C. A pluviosidade média anual é de 1.500 mm.

Esta bacia encontra-se inserida em uma zona caracterizada por um substrato rochoso homogêneo com variações sutis na composição mineralógica, cuja litologia pertence à Unidade São João inserida no Grupo Paraíba do Sul, descrito por Almeida *et al.* (1999). Esta unidade é composta por rochas metassedimentares, gnaisses constituídos basicamente por silimanita, granada, biotita e muscovita.

De acordo com Fernandes (2000), uma investigação para fins de reabilitação de áreas degradadas na Serra da Bocaina, em um exame mais detalhado numa área representativa da bacia do Rio Bananal, observou-se a ocorrência predominante de três classes de solos: Latossolos, Argissolos e Cambissolos.

A encosta estudada apresenta topo plano/suave ondulado e segmentos superior e médio predominantemente retilíneos, enquanto o segmento inferior apresenta áreas convexas e côncavas intercaladas. A declividade média da encosta está entre 20° e 35°. Observa-se nesta vertente um desnivelamento topográfico de quase 250 m.

### **3. METODOLOGIA**

Para analisar o desenvolvimento espacial dos regolitos, foram realizadas sondagens com o auxílio de um trado mecânico para coleta das amostras de solos. A distribuição espacial dos perfis na encosta levou em consideração a forma da encosta. A profundidade dessas prospecções variou segundo características locais – visto que o trado mecânico não perfura blocos de rocha. As amostras foram coletadas a profundidades variáveis, em função dos limites entre as distintas camadas encontradas. Objetivou-se, com essas sondagens, coletar amostras para análises físicas e mineralógicas, a fim de caracterizar o manto de intemperismo em profundidade e ao longo da encosta.

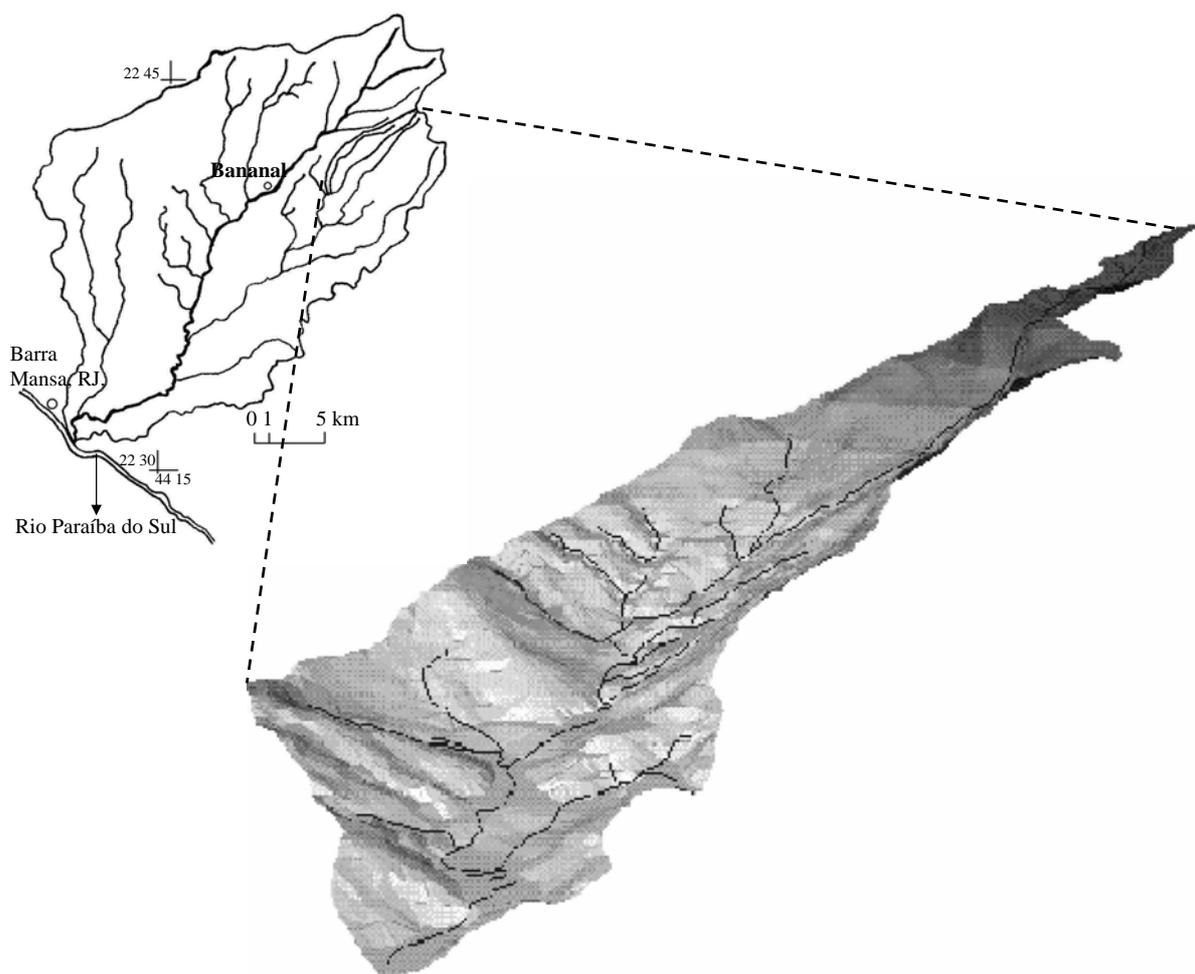


Figura 1. Localização da Bacia do Alto rio Fortaleza, Bananal/SP. Bacia do rio Bananal no canto superior esquerdo, e abaixo a bacia do rio Fortaleza.

Neste trabalho, foram realizadas análises mineralógicas com a finalidade de caracterizar a composição dos regolitos. As análises mineralógicas objetivaram determinar os minerais leves na fração areia e os minerais na fração argila. Optou-se por trabalhar somente com os minerais leves nas frações arenosas  $+3\phi$  (0,50 mm) e  $+1\phi$  (0,125 mm), pois essas condições permitem a comparação com outros trabalhos. Essas frações foram avaliadas em todas as amostras de forma qualitativa e quantitativamente de acordo com a técnica de descoloração e tingimento (*staining*) proposta por Gabriel & Cox (1929). Neste estudo foram identificados e contados em termos percentuais os seguintes minerais: quartzo, k-feldspato (ortoclásio), Na-feldspato (plagioclásio), Muscovita e outros.

Para avaliar a distribuição dos minerais dentro do perfil foi utilizado o método proposto por Brewer (1976), o qual baseia-se em uma mobilidade relativa em função dos valores iniciais contidos no material de origem. Neste estudo foi utilizado o índice quartzo/feldspato, reconhecido na literatura como indicador do estágio de intemperismo

(Ruhe, 1956; Pollack, 1961; Monteiro *et al.*, 1974; Coelho Netto *et al.* 1980; Xavier *et al.*, 2002).

As análises mineralógicas da fração argila foram realizadas por difratometria de raios-X, no laboratório do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A identificação dos argilominerais foi feita seguindo as orientações de Jackson (1969). Devido a falta de recursos somente dois perfis foram analisados: os perfis 1 e 6, por serem os mais profundos e estarem em posições topográficas opostas.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Foram realizadas 7 sondagens ao longo da encosta, e os perfis estão distribuídos conforme a figura 2. As profundidades variaram de acordo com as condições locais, onde a presença de blocos de rocha, camadas mais resistentes, ou a presença de água, impediu a continuidade de algumas sondagens. Esta característica explica a grande variação de profundidade entre os perfis, como a encontrada entre os perfis 1 e 2, por exemplo. A perfuração dos perfis 5, 6 e 7, situados na média-baixa e baixa encosta, foi interrompida quando foi atingido um nível d'água, que não sabemos se é suspenso ou não.

Foi observada uma grande diferenciação de regolitos ao longo da encosta, (figura 2). Dentre os perfis amostrados, o perfil 1 foi o mais profundo, atingindo 18 m. De maneira geral, o perfil 1, assim como todos os outros, apresentou uma evolução clássica de intemperismo em profundidade, ou seja, um aumento do teor de material mais fino de baixo para cima, ou seja, em direção ao topo do perfil. O perfil 2, logo abaixo do perfil 1, apresentou a menor profundidade dentre todos, iniciando, a partir daí, um aumento progressivo na espessura do regolito em direção ao sopé da encosta.

##### **4.1 Mineralogia da fração areia**

Apesar da grande expressividade da biotita na rocha sã, esse mineral não foi significativo nas amostras analisadas do regolito e, por isso, não incluso na análise. Não obstante, esse fato era esperado, pois este mineral é caracterizado como sendo de baixa resistência ao intemperismo, e os regolitos dessa área são bem desenvolvidos, possuindo materiais bastantes intemperizados.

Da mesma forma, os feldspatos possuem resistência inferior ao quartzo e a muscovita, principalmente o plagioclásio, e, por conseguinte, foram menos presentes. Esse processo pode ser observado mais claramente quando analisamos a porcentagem dos minerais nas duas frações; onde ocorreu um aumento do teor dos minerais menos

resistentes da fração mais grossa (0,5 mm) para a fração mais fina (0,125 mm). Esta característica também foi observada por Pollack (1961), ao estudar solos aluviais no Texas e em Oklahoma, pois os minerais menos resistentes tendem a se fragmentar mais rapidamente, através dos planos de clivagem e também pelo intemperismo.

Em relação à estabilidade relativa dos minerais ao longo dos perfis, percebeu-se um aumento na mobilidade dos minerais em direção ao sopé da encosta. Foi evidenciado, também, mudanças bruscas nos percentuais relativos dos minerais em relação à profundidade, refletindo alternâncias de bandas mais e menos resistentes do protolito.

O perfil 1, apresentou baixa mobilidade dos minerais em quase todo o regolito, inclusive o plagioclásio, mesmo sendo um mineral de baixa resistência ao intemperismo. Dois fatores podem ter contribuído para tal situação: a proximidade com o divisor contribui para que a água escoe em superfície rapidamente pela encosta; o segundo parece confirmar as idéias contidas na literatura, onde a grande espessura do perfil estaria funcionando como limitante de chegada de água no saprolito e, principalmente, na frente de intemperismo.

Os perfis 2, 3 e 4 mostraram características bem diferentes do perfil 1. A mobilidade dos minerais é bastante pronunciada com a profundidade. Em linhas gerais, os percentuais dos minerais resistentes, o quartzo, por exemplo, aumentam gradativamente em direção ao topo do regolito. Já as porcentagens dos minerais mais vulneráveis, como a dos feldspatos, diminuem com o espessamento do perfil rumo à superfície.

Essas tendências revelam uma alteração rápida e progressiva dos materiais dentro do perfil. A posição de meia encosta favorece maior aporte de água em subsuperfície para o perfil, visto que foram identificadas descontinuidades texturais no sentido vertical, também observada por Fernandes (2000). Outra característica pode estar favorecendo a intensa alteração no perfil seria o seu caráter menos espesso (5 m).

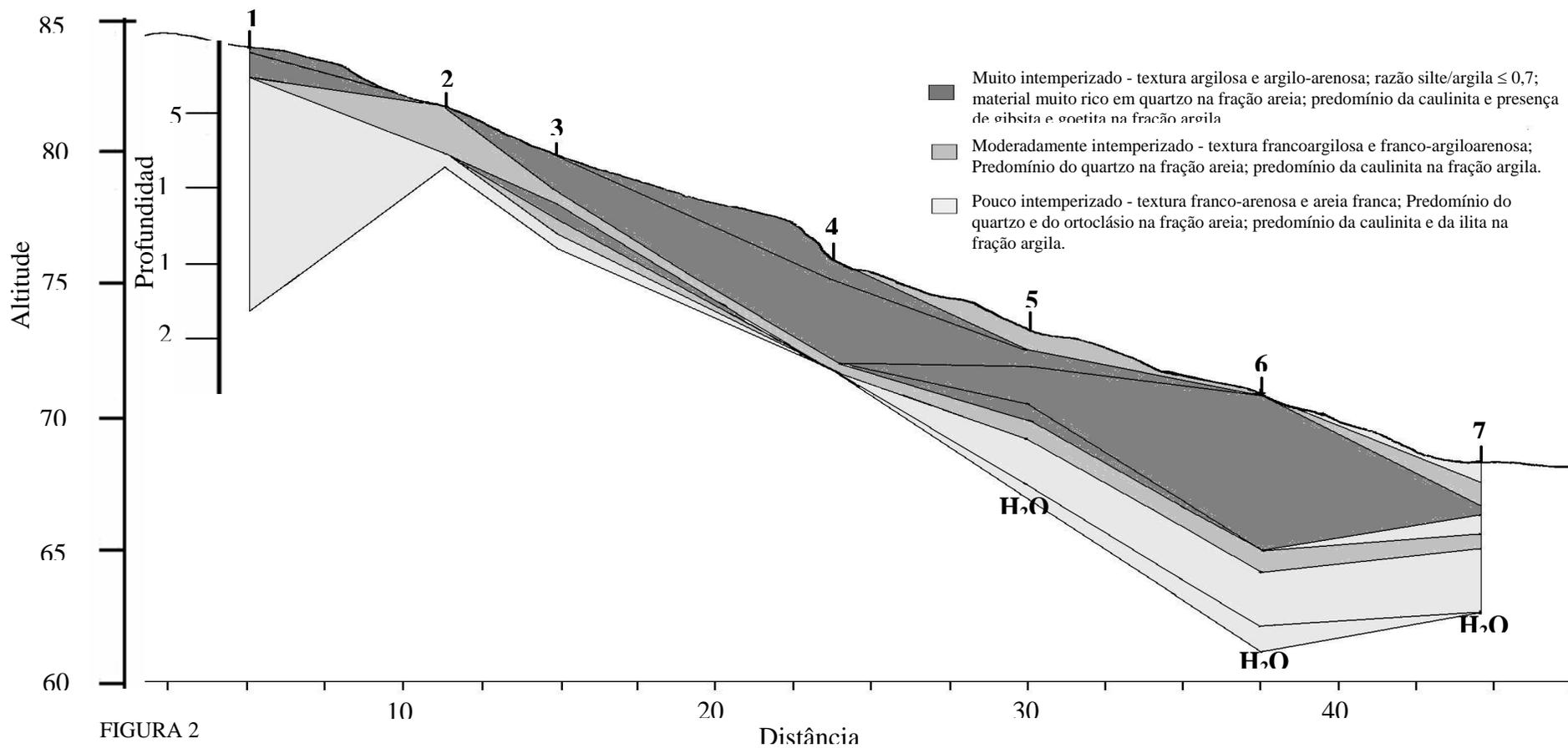


FIGURA 2

Figura 2. Distribuição espacial dos regolitos ao longo da encosta. Os materiais foram divididos em três classes de estágios de alteração. O cinza com tom mais escuro representa os materiais mais intemperizados desses regolitos. O cinza médio representa camadas do regolito que encontram-se moderadamente alteradas. Os materiais menos alterados, ou mais conservados, estão representados pelo cinza mais claro. Notar a ocorrência de água em profundidade nos perfis 5, 6 e 7.

Os perfis 5 e 6 caracterizaram-se, também, pela intensa mobilidade dos minerais com a profundidade, contudo ocorreram pequenas mudanças nos percentuais, o que pode estar refletindo as variações litológicas, ou a sobreposição de diferentes materiais deposicionais.

O fato de possuírem uma espessura mais pronunciada, parece que não foi suficiente para criar uma situação mais estável dentro do perfil, pois os minerais sofreram alterações em suas proporções, mesmo no segmento mais profundo. Esta característica foi associada ao fato de ambos apresentarem água, e, dessa forma, esse lençol d'água pode estar promovendo uma alteração de baixo para cima, independente da percolação vertical de água até este nível (Figura 2).

O perfil 7, situado na baixa encosta, exibiu características diferentes das dos perfis 5 e 6. Sua mobilidade foi um pouco mais tímida, principalmente na fração 0,125mm.

Analisando a fração 0,5mm, pode-se dividir o perfil em dois segmentos distintos quanto ao ritmo de mobilidade dos minerais. Em outras palavras, o trecho compreendido entre 0 e 7 m foi caracterizado como sendo um material não muito intemperizado, visto a baixa mobilidade do plagioclásio. Situação oposta foi observada entre 7 e 10 m de profundidade. Neste último segmento, foram apresentados baixíssimos teores de feldspatos, chegando até a inexistência em determinadas profundidades.

Acreditamos, para este caso, tratar-se de um processo diferencial de intemperismo, pois o perfil 7 também apresentou água em profundidade. Descartando, assim, a possibilidade de uma camada mais rica em quartzo e muito pobre em feldspato, pois não há associação desta característica com a fração mais fina (0,125mm).

Os resultados do índice quartzo/feldspato confirmam as tendências apresentadas anteriormente, sobre a mobilidade dos minerais. Nas amostras mais profundas, as proporções entre quartzo e feldspato são relativamente mais próximas, pois estão mais perto da rocha, exibindo valores em torno de 1, principalmente na fração mais fina.

Com o gradativo espessamento do perfil, os feldspatos alteram-se mais rapidamente, acarretando na diminuição de seus percentuais. Como o quartzo resiste mais tempo ao intemperismo e, dessa forma, não se altera, sofre um aumento relativo no seu percentual. Assim, de uma maneira geral, as curvas iniciam-se próximo a 1 e evoluem para valores maiores. O mais importante é observar o grau de inclinação para a

direita da curva, entre uma profundidade e outra, pois indica a velocidade de alteração do feldspato.

Nesse sentido, destacam-se os perfis 3, 4, 5 e 6 com curvas bastante inclinadas para à direita. Os perfis 1 e 2, e, mais especificamente o perfil 1, não evidenciaram claramente esta inclinação, sugerindo a manutenção, ou baixíssima degradação, dos teores de feldspato. O perfil 7 mostrou uma condição específica na fração mais grossa, entre 7 e 10 m de profundidade, na qual ocorreram altos valores (Figura 3).

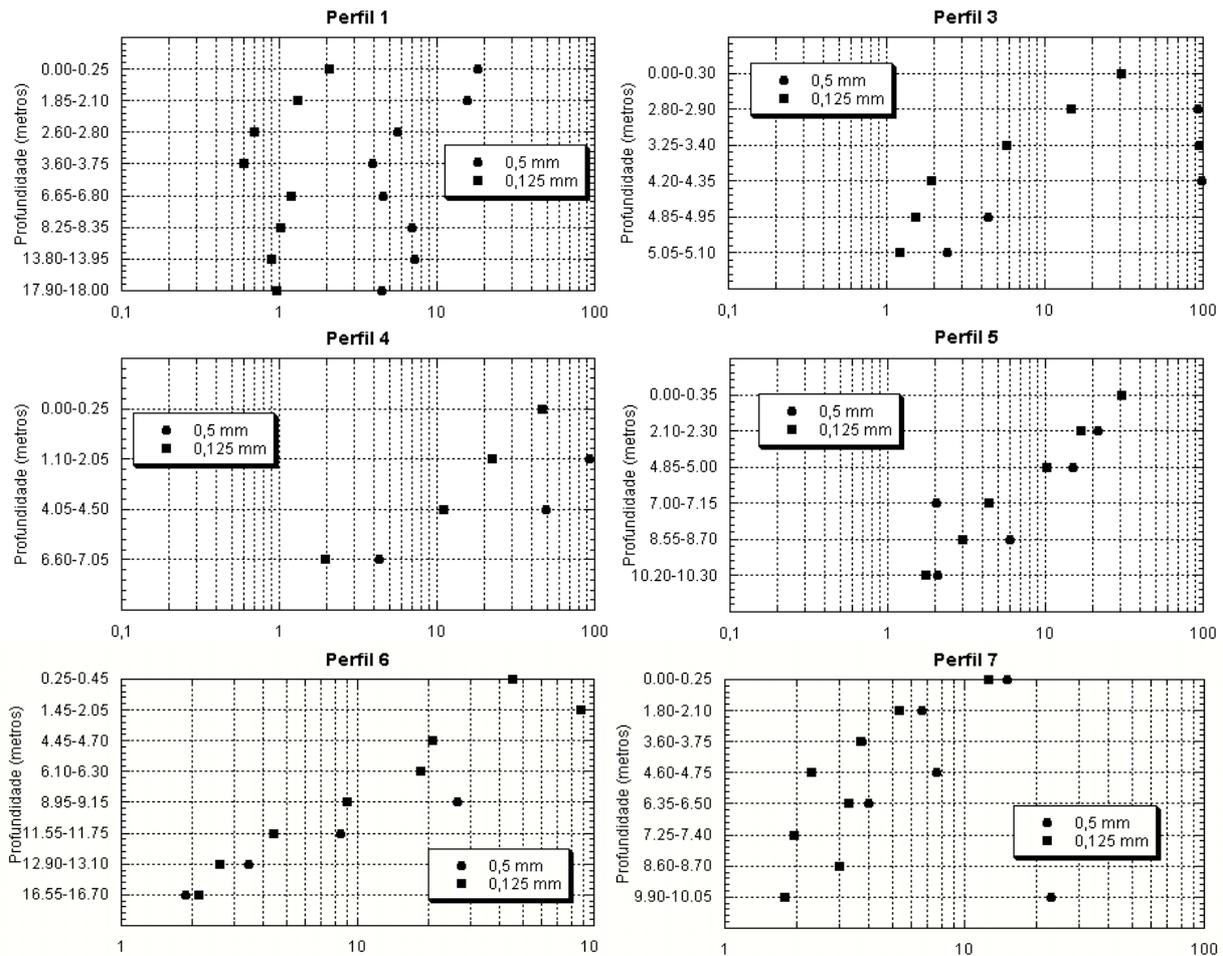


Figura 3. Gráficos da razão quartzo/feldspato em ambas as frações granulométricas.

#### 4.2 Mineralogia da fração argila

O difratograma de raios-X do perfil 1, mostrou se tratar de um material predominantemente caulinítico. De baixo para cima, o perfil apresentou a predominância de caulinita, seguida da illita e do quartzo (Figura 4a). Essa representatividade praticamente não se altera entre as amostras de 10 e 5 m. Na amostra de 1,8 m ocorre uma suave diminuição da illita, um aumento da caulinita, e o aparecimento da gibsita e da goetita.

Os gráficos do perfil 6, revelaram um predomínio da caulinita, seguida pela ilita, gibsita e goetita (Figura 4b). Quando comparado com o perfil 1, o perfil 6 mostra um incremento no teor da caulinita e uma diminuição da proporção da ilita. Outro aspecto a ser destacado no perfil 6 é o aparecimento da gibsita em todas as profundidades analisadas, e da goetita nos primeiros 5 metros. Isto pode ser explicado devido a maior disponibilidade de água no perfil. Dessa forma, do perfil 1 para o perfil 6 há um aumento do teor dos óxidos e hidróxidos, bem como dos minerais 1:1, indicando estágios mais avançados de intemperismo.

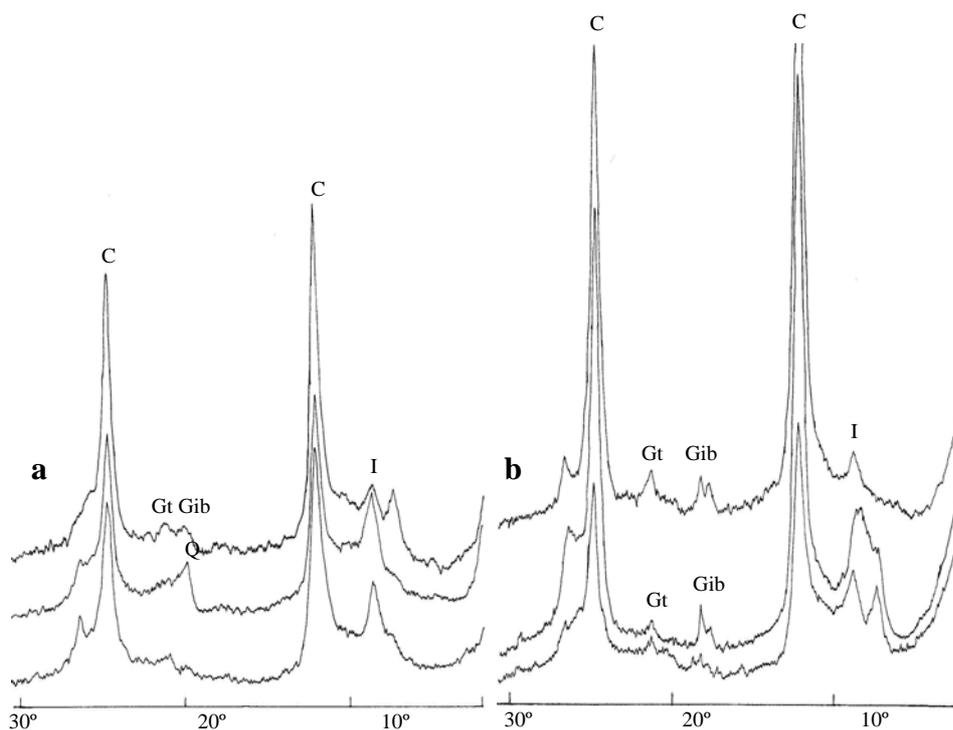


Figura 4. Difratogramas de raio-x da fração argila. Figura 4a difratograma do perfil 1. C: caulinita, Gb: gibsita, Gt: goetita, I: ilita. Figura 4b. Difratograma da fração argila do perfil 6. C: caulinita, Gb: gibsita, Gt: goetita, I: ilita.

## 5. CONCLUSÕES

Os regolitos da bacia do alto Rio Fortaleza são, de uma maneira geral, bem desenvolvidos. Essa evolução se traduz tanto na espessura, pois foram observados perfis bastante profundos, quanto no estágio avançado de intemperismo dos materiais encontrados. Em termos mineralógicos, os regolitos foram caracterizados como sendo predominantemente caulíníticos, refletindo intenso intemperismo.

As variações mineralógicas, encontradas em determinadas profundidades de alguns regolitos, resultam, na grande maioria dos casos, da influência do gnaiss condicionando os produtos intempéricos. Em algumas situações, como no perfil 7, as mudanças nas características dos materiais derivam da sobreposição de camadas

deposicionais. Entretanto, o pleno desenvolvimento desses regolitos está associado, também, a posição topográfica de cada perfil (Figura 2). O perfil 1, localizado próximo ao divisor da encosta, está em situação geomorfologicamente estável, ou seja, quase não há erosão superficial. Essa situação contribuiu para um grande espessamento do perfil (mais de 18m). Conseqüentemente, essa grande profundidade parece limitar a percolação vertical da água por todo o perfil, retraindo o processo de intemperismo na zona saprolítica. Os perfis 5 e 6, situados na média-baixa e baixa encosta respectivamente, apesar da grande espessura (mais de 10 m), não mostraram a mesma tendência. Foi identificada uma grande mobilidade dos minerais na zona pedolítica e, também, na zona saprolítica, inclusive com presença de gibsita a 10 m de profundidade. Assim, esses perfis encontram-se em graus de intemperismo bem evoluídos (Figura 2). Essa diferença ao longo da encosta deve-se a posição topográfica, onde os perfis localizados mais na base recebem água de três vias diferentes: a chuva que cai diretamente sobre eles e infiltra verticalmente; a água que escoia em subsuperfície em diferentes profundidades; e a água que oscila de baixo para cima do lençol freático.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, J.C.C., EIRADO SILVA, L. G., VALERIANO, C. & HEILBRON, M. (1999) Structural framework and landscape evolution between Bocaina and Mantiqueira Ranges, Southeastern Brazil. International Geographical Union – IGU-GERTEC meeting. Bol. de Resumos. Rio de Janeiro.
- ARNETT, R. R. (1971) Slope form and geomorphological process: an Australian example. Institute of British Geographers, Special Publication 3, 81-92.
- AHNERT, F. (1987). Process-response models of denudation at different spatial scales. *Catena Supplement*. 10:31-50.
- BREWER, R. (1976). Fabric and mineral analysis of soils. New York, John Wiley & Sons, 470p.
- CARSON, M. A. & KIRKBY, M. J. (1972) Hillslope form and process. Cambridge University Press, New York, 475p.
- COELHO NETTO, A. L.; SANTOS, A. A. M.; MEIS, M. R. M., (1980). Os solos e a hidrologia das encostas do alto rio Cachoeira, RJ – estudo preliminar. *Revista Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, 42(3):585-611, jul/set.
- COLMAN, S. M. (1981). Rock weathering rates as function of time. *Quaternary Research*, 15:250-264.
- DEMATTÊ, J. L. I.; MARCONI, A.; SPAROVEK, G. & VIDAL TORRADO, P. (1991) Estimativa da evolução do intemperismo mediante ganhos e perdas de íons numa seqüência de solos desenvolvidos de diabásio e influenciados pela drenagem em Piracicaba, SP. *Revista Bras. Ci. Solo.*, Campinas, 15:69-73.
- DEROSE, R. C.; TRUSTRUM, N. A. & BLASCHKE, P. M. (1991) Geomorphic change implied by regolith-slope relationships on steep land hillslopes, Taranaki, New Zealand. *Catena* 18, 489-514.

- DIETRICH, W. E.; REISS, R.; HSU, M. L. & MONTGOMERY, D. R. (1995) A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. *Hydrological Processes* 9, 383-400.
- FERNANDES, M. R. (2000) Evolução pedogeomorfológica de vertentes: o caso da bacia do Fortaleza, Bananal/SP, Relatório final Faperj, Geoheco – Laboratório de Geo-hidroecologia, Departamento de Geografia, UFRJ. No prelo.
- GABRIEL, A. and COX, E. P. (1929). A staining method for the quantitative determination of certain rock minerals. *Amer. Miner.*, (14):290-292.
- GILBERT, G. K. (1877). Report on the geology of Henry mountains. *U.S. Geog. & Geol. Survey of the Rocky Mountain Region*. Department of the Interior. Washington. 151p.
- HACK, J. T. (1960). The interpretation of erosional topography in humid temperate regions. *Am. J. Sci.* 258A, 80-97.
- HEIMSATH, A. M.; DIETRICH, W. E.; NISHIZUMI, K. e FINKEL, R. C. (1999). Cosmogenic nuclides, topography, and the spatial variation of soil depth. *Geomorphology* (27):151-172.
- JACKSON, M. L. (1969). Soil chemical analysis: advanced course. Madison, University of Wisconsin, 895p.
- LEITE, A. F. (2001). Estudo hidrogeoquímico em uma pequena bacia de drenagem montanhosa-rural: alto vale do rio Fortaleza, Bananal – SP. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ. 96p.
- LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W. & DANIELS, R. B. (1977) Soil landscape relationships in the Ocidental Plateau, of São Paulo State, Brazil. II. Soil morphology, genesis and classification. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 41(1):109-115.
- MONTEIRO, A. M. F.; COELHO NETTO, A. L. et al, (1974). Considerações sobre os alúvios recentes da região da Serra do Mar, RJ, Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, vol 1, pp. 421-426.
- OLLIER, C. (1969) Weathering. Edinburgh, Oliver & Boyd, 304p.
- POLLACK, J. M., (1961). Significance of compositional and textural properties of South Canadian river channel sands, New México, Texas and Oklahoma, *Journal Sed. Petrol.*, 31, pp. 15-37.
- RUHE, R. V. (1956) Geomorphic surfaces and the nature of soils. *Soil Sci.*, 82:441-465.
- SCATOLINI, F. M. & MONIZ, A. C. Influência do material de origem, do lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 16:379-388, 1992.
- STALLARD, R. F. Weathering and erosion in the humid tropics. In: *Physical and chemical weathering in geochemical cycles*. Editores: Lerman, A. E Meybeck, M. NATO ASI Series. Kluwer Academic Publishers, 1988, 225-246pp.
- VIDAL TORRADO, P. Relações solo x relevo em Mococa (SP): influência das características topográficas e posição na vertente nos atributos do solo. Piracicaba, ESALQ-USP, Dissertação de mestrado, 1989, 205p.
- XAVIER, R. A.; LEITE, A. F. & COELHO NETTO. Fraturas e artesianismo como condicionantes do intemperismo diferencial na bacia do alto rio Fortaleza, Bananal/SP: evidências mineralógicas. Anais do X Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental (CD-Rom), Ouro Preto/MG, 2002.