

ANÁLISES MINERALÓGICAS E TEXTURAIS COMO INDICADORES DO INTEMPERISMO DIFERENCIAL NA BACIA DO RIO BANANAL (SP/RJ)

Rafael Albuquerque Xavier, GEOHECO-UFRJ. rafaelxavier@ufrj.br
Filipe da Cunha Mosqueira, GEOHECO-UFRJ. filipemosqueira@hotmail.com
Ana Luiza Coelho Netto, Depto. de Geografia/GEOHECO-UFRJ
Apoio financeiro: CNPq, FUJB, PRONEX e FAPERJ

1 INTRODUÇÃO

Os processos de intemperismo constituem em um dos mais importantes fatores que regularam e regulam a evolução da paisagem geomorfológica brasileira. De fato, o Brasil por ser um país de clima tropical úmido na maior parte do seu território, possui altas taxas de alteração das rochas o que disponibiliza material para ser erodido, transportado e depositado. No processo evolutivo do relevo várias são as formas produzidas. As formas côncavas, por exemplo, são áreas onde o rebaixamento do relevo foi mais efetivo que as adjacentes.

A ocorrência de unidades geomorfológicas côncavas com distintas morfologias vem sendo documentadas em ambientes sob diferentes condições geológicas e climáticas. Sua ocorrência está intrinsecamente associada aos processos de formação do relevo do médio vale do rio Paraíba do Sul, onde o controle estrutural é bastante significativo. Uma característica marcante observada nessa região é o paralelismo entre as estruturas geológicas e a orientação das redes de canais. Na bacia do rio Bananal (518 km²), afluente do rio Paraíba do Sul, os canais principais seguem a orientação regional das camadas geológicas (SW-NE) e os tributários seguem as direções SW-NE e SE-NW, em paralelo aos principais “sets” de fraturas regionais. Esse fato peculiar também é notado nas áreas de cabeceiras de drenagem, em que o eixo das concavidades também segue a orientação preferencial das fraturas locais. Trata-se de cabeceiras de drenagem com formato conchoidal e estrangulamento na base, denominadas concavidades estruturais (AVELAR & COELHO NETTO, 1992a). Nesta área os mecanismos de exfiltração de água subterrânea mostram-se bastante efetivos e em associação à rede de fraturamentos (AVELAR & COELHO NETTO, 1992a e 1992b e COELHO NETTO, 1999), confeririam uma elevada eficiência aos processos de intemperismo e erosão (XAVIER, 2001 e 2002). Considerando que as fraturas funcionariam como pontos de alívio de pressão da água confinada, hipotetiza-se que o movimento contínuo dos fluxos ascendentes promoveria ali um intemperismo diferencial. Diante de tal hipótese, pretende-se avaliar a influência das fraturas submetidas a fluxos artesianos sobre o intemperismo diferencial.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para este estudo situa-se no alto curso da bacia do Rio Fortaleza, que é uma bacia de 3ª ordem, com 3,7km² de área, localizada na porção sudoeste da bacia do Rio Bananal (518 Km²), 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, sendo que as chuvas concentram-se no verão,

onde 25% dos meses mais chuvosos ultrapassam 191 mm e 25% dos meses apresentam precipitação inferior a 41 mm (MEIS *et al.* 1981).

Esta área do Vale do Paraíba engloba dois compartimentos fisiográficos principais, representados pelo domínio das colinas rebaixadas com formas convexo-côncavas e pelo domínio montanhoso escarpado da Serra da Bocaina. O alto vale do rio Fortaleza está situado no contato entre os dois compartimentos, porém com características mais marcantes do segmento montanhoso (Leite, 2001).

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) (ver Figura 4). Esta unidade é composta por rochas metassedimentares, gnaisses constituídos basicamente por silimanita, granada, biotita e muscovita. O mapeamento geológico detalhado, escala 1:10.000, permitiu observar algumas relações entre a litologia e a morfologia da bacia. A existência de uma camada xisto-quartzítica mais resistente, associada ao nível altimétrico dos eixos das concavidades estruturais suspensas em relação ao canal principal, em formato de “V” na vertente direita da bacia.

3 METODOLOGIA

Foram realizadas sondagens no sentido longitudinal e transversal de uma encosta retilínea e em uma concavidade estrutural, aproximadamente 500 metros um do outro. Foram feitas 10 sondagens com auxílio de um trado mecânico de caneco para a coleta das amostras. Os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 localizam-se na encosta retilínea e os pontos 7, 8, 9 e 10 na concavidade estrutural. Vale ressaltar que as perfurações atingiram profundidades variadas de acordo com a presença ou não de obstáculos, possivelmente blocos de rocha ou a rocha sã.

Seguiu-se então, as análises mineralógicas e texturais. As análises mineralógicas restringiram-se a fração areia dos materiais do regolito, segundo o método proposto por Hayes & Klugman (1959). Optou-se por trabalhar com as frações arenosas de 0,5mm (ou $+3\phi$) e 0,125mm (ou $+1\phi$) para facilitar a comparação com outros trabalhos. As frações foram obtidas através de análises granulométricas, que, por seu turno, foi realizada segundo o método de Folk (1968). A separação dos minerais leves e pesados foi feita por líquido denso (bromofórmio). Para verificar a intensidade do intemperismo, utilizou-se a razão de intemperismo de minerais pesados (RIP) e dos leves (RIL), proposto por Ruhe (1956). Foi também aplicada as razões texturais areia fina/areia grossa e silte/argila.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises texturais:

De uma forma geral, os resultados de todos os pontos indicaram uma evolução clássica de intemperismo, ou seja, uma intensificação na porcentagem dos materiais finos em direção ao topo do solo. Contudo, alguns perfis mostraram diferenças texturais significativas. Os pontos 1, 2, 3 e 4 apresentaram um enriquecimento no teor de argila somente nos primeiros 1,50 metros, sendo grande parte do perfil constituído por areia. A razão silte/argila confirma esta tendência. Por outro lado, os pontos 5 e 6, mostraram altos teores de argila a 2,5 e 7 metros respectivamente.

Os pontos 7, 8, 9 e 10, localizados na concavidade estrutural, mostraram um predomínio de argila já a 5 metros do topo do solo. Pode-se perceber, também, uma

velocidade de alteração das frações grosseiras para as mais finas maior nesses pontos. Os valores do índice silte/argila mostrou-se mais baixo, indicando um estágio de intemperismo mais avançado (Tabela 1).

Análises mineralógicas:

Os resultados mineralógicos mostraram um predomínio de quartzo, seguido de feldspato. Analisando ao longo dos perfis, evidenciou-se, também, uma evolução padrão de intemperismo, onde os teores de feldspatos são mais significativos próximo a fonte geradora (rocha) e, com o espessamento do perfil, perdem expressividade. Os resultados do índice de intemperismo (RIL) confirmam essa tendência, ou seja, os valores do índice aumentam em direção à superfície, para ambas as frações (Tabela 2).

Analisando o comportamento do índice de intemperismo (RIL) dos pontos localizados no perfil encosta retilínea, verificamos, de uma maneira geral, duas situações distintas. Nos pontos 1, 2, 3 e 4, situados na média-alta encosta, os valores mostraram pouca variação ao longo dos perfis, ou seja, as perdas de feldspato foram pouco pronunciadas, contudo, somente bem próximo a superfície, que o índice variou de forma mais significativa. Destaca-se ainda, nestes mesmos pontos, que em várias profundidades o índice foi inferior a 1, indicando um predomínio de feldspato em relação ao quartzo.

Por outro lado, nos pontos 5 e 6, situados na média-baixa encosta, a variação do índice foi mais significativa apresentando uma inversão entre as frações: enquanto o valor do índice da fração mais grossa diminuiu em direção a superfície, o da fração mais fina aumentou. E, também, em nenhuma amostra a porcentagem de feldspato se mostrou mais significativa que a do quartzo. Essa menor expressividade local dos feldspatos, pode ser explicada pelo fato que no momento da perfuração foi encontrada água nesses pontos, indicando um possível nível d'água suspenso, acarretando na sua maior intemperização.

5 CONCLUSÕES

O índice de intemperismo (RIL) mostrou indícios de um processo diferencial, sendo mais atuante nas áreas próximas aos fluxos artesianos através das fraturas subverticais. Pois o índice mostrou-se mais elevado no perfil concavidade, o que indica baixos teores de feldspato e um predomínio do quartzo. Tal fato, pode ser corroborado a partir da constatação de baixos teores de feldspato, sobretudo, pela variação espacial dos teores de Na-feldspato e K-feldspato, na medida em que próximo a zona de fraturamento seus teores tendem a decrescer.

De uma forma geral, os resultados confirmaram a ocorrência, de forma mais efetiva, de uma alteração mais rápida nos materiais localizados próximo a zona fraturada submetida a fluxos artesianos (pontos 7, 8, 9 e 10) e nos pontos 5 e 6, onde foi encontrado água no ato da sondagem.

TABELA 1A. ANÁLISE TEXTURAL DOS PERFIS.

PONTO	AMOSTRA	AREIA FINA	AREIA GROSSA	SILTE	ARGILA	AR. FINA/AR. GROSSA	SILTE/ ARGILA
PONTO 1	0-0.25	31,68	18,32	16,64	33,34	0,58	0,50
	0.35-0.50	23,34	13,67	10,53	52,43	0,59	0,20
	1.85-2.10	31,36	22,65	30,72	15,25	0,72	2,01
	2.80-3.00	35,05	22,99	28,73	13,21	0,66	2,17
	360-3.75	26,20	34,68	27,96	11,16	1,32	2,51

	4.30-4.40	37,65	23,87	28,68	9,79	0,63	2,93
	5.10-5.30	27,52	33,89	32,25	6,32	1,23	5,10
	6.65-6.80	38,02	26,93	24,86	10,17	0,71	2,44
	8.25-8.35	31,39	31,17	26,69	10,72	0,99	2,49
	9.15-9.25	33,62	33,55	20,81	12,01	1,00	1,73
	10.15-10.25	37,88	27,03	23,09	11,98	0,71	1,93
	13.80-13.95	17,72	48,44	19,67	14,15	2,73	1,39
	15.35-15.50	40,01	32,66	15,54	11,78	0,82	1,32
	17.90-18.00	37,61	34,27	16,48	11,62	0,91	1,42
PONTO	0,00-0,20	32,97	24,11	12,35	30,55	0,73	0,40
2	1,05-1,30	25,58	32,91	18,26	23,24	1,29	0,79
	2,70-2,90	24,88	41,92	25,83	7,35	1,68	3,51
	4,20-4,25	66,69	16,13	13,39	3,77	0,24	3,55

TABELA 1B. ANÁLISE TEXTURAL DOS PERFIS.

PONTO	AMOSTRA	AREIA FINA	AREIA GROSSA	SILTE	ARGILA	AR. FINA/AR. GROSSA	SILTE/ ARGILA
PONTO	0,90-1,05	25,96	22,74	14,79	37,48	0,88	0,39
3	1,15-1,20	25,74	23,76	18,19	32,31	0,92	0,56
	1,50-1,65	27,15	37,04	20,41	15,38	1,36	1,33
	2,50-2,90	58,35	18,66	17,47	5,51	0,32	3,17
	5,35-6,00	35,81	38,78	15,27	11,26	1,08	1,36
	7,80-8,05	39,71	32,56	19,89	7,82	0,82	2,54
PONTO	0,45-1,15	36,24	20,51	15,64	27,6	0,57	0,57
4	1,15-1,75	40,78	30,39	14,18	14,63	0,75	0,97
	1,75-1,95	67,59	14	7,59	10,81	0,21	0,70
PONTO	0,70-1,40	36,38	18,41	10,91	34,29	0,51	0,32
5	1,60-2,05	30,71	21,86	15,02	32,38	0,71	0,46
	2,40-2,55	28,33	22,84	19,23	29,57	0,81	0,65
PONTO	1,10-2,05	24,61	16,41	4,46	54,51	0,67	0,08
6	4,05-4,50	25,98	18,61	8,31	47,08	0,72	0,18
	6,60-7,05	28,05	23,21	23,56	25,15	0,83	0,94
PONTO	0,50-0,80	23,03	14,21	9,95	52,79	0,62	0,19
7	1,40-1,60	20,99	11	37,27	30,73	0,52	1,21
	1,90-2,00	26,31	27,15	22,13	24,39	1,03	0,91
PONTO	0,00-0,30	28,19	15,72	9,48	46,59	0,56	0,20
8	2,80-2,90	31,56	24,18	20,85	23,39	0,77	0,89
	3,25-3,40	30,49	19,24	11,99	38,26	0,63	0,31
	4,20-4,35	23,66	14,48	21,27	40,57	0,61	0,52
	4,85-4,95	44,97	22,32	14,58	18,11	0,50	0,81
	5,05-5,10	43,13	34,91	8,76	13,17	0,81	0,67
PONTO	0,00-0,35	31,68	18,32	36,64	33,35	0,58	1,10
9	1,15-1,30	20,41	19,32	11,61	48,64	0,95	0,24
	2,10-2,30	29,09	16,75	7,58	46,56	0,58	0,16
	3,80-3,90	29,03	20,95	11,47	38,52	0,72	0,30
	4,85-5,00	27,53	17,98	15,08	39,39	0,65	0,38
	5,90-6,05	34,53	20,37	23,4	21,67	0,59	1,08
	7,00-7,15	43,93	26,69	17,25	12,12	0,61	1,42

	7,65-7,80	35,55	32,64	21,19	10,61	0,92	2,00
	8,10-8,25	39,08	25,85	22,19	12,86	0,66	1,73
	8,55-8,70	37,48	31,21	18,72	12,56	0,83	1,49
	9,40-9,55	49,33	26,88	15,99	7,78	0,54	2,06
	10,20-10,30	52,94	27,86	13,17	6,01	0,53	2,19
PONTO 10	0,00-0,25	27,37	40,22	21,77	10,62	1,47	2,05
	1,80-2,10	26,28	22,03	12,26	39,4	0,84	0,31
	3,10-3,25	24,48	21,81	16,56	37,13	0,89	0,45
	3,60-3,75	40,38	23,69	19,39	16,52	0,59	1,17
	4,60-4,75	27,19	26,94	25,69	20,15	0,99	1,27
	6,00-6,10	33,91	28,95	26,71	10,44	0,85	2,56
	6,35-6,50	29,49	32,27	21,12	17,11	1,09	1,23
	7,25-7,40	34,17	34,43	16,36	15,02	1,01	1,09
	8,60-8,70	28,59	38,63	20,89	11,87	1,35	1,76
	9,90-10,05	27,37	40,22	21,77	10,62	1,47	2,05

TABELA 2. PORCENTAGEM DOS MINERAIS LEVES ANALISADOS E RESULTADO DO ÍNDICE DE INTEMPERISMO, POR FRAÇÃO ANALISADA.

	Amostra	Quartzo (%)		K-f (%)		Na-f (%)	Mica (%)		RIL		
		0,5mm	0,125mm	0,5mm	0,125mm	0,5mm	0,125 mm	0,5 mm	0,125 mm	0,5mm	0,125mm
Ponto 1	0.00-0.25m	91	66	3	30	2	2	2	1	18,20	2,06
	1.85-2.10m	78	55	1	39	4	3	9	2	15,60	1,30
	2.60-2.80m	79	40	5	51	9	6	6	2	5,64	0,70
	3.60-3.75m	71	34	17	48	1	8	8	7	3,94	0,60
	6.65-6.80m	77	45	14	37	3	1	5	16	4,53	1,20
	8.25-8.35m	80	47	7,5	43	4	3	7,5	5	6,96	1,02
	13.80-13.95m	68	45	8,5	44	1	5	3	5	7,16	0,90
	17.90-18.00m	72	46	13	46	3	1	3	6	4,50	0,97
Ponto 2	0.00-0.20m	90	80	0	15	0	2	1	1	ñ tem f	4,70
	1.05-1.30m	68	76	1	12	3	3	4	8	17,00	5,06
	2.70-2.90m	71	44	5	35	18	7	2	11	3,09	1,04
	4.20-4.25m	98	82	0	13	2	4	0	1	49,00	4,82
Ponto 3	0.90-1.05m	79	44	10	22	8	5	2	28	4,39	1,63
	1.50-1.65m	67	14	20	12	7	6	2	68	2,48	0,77
	2.50-2.90m	55	33	25	44	19	20	0	2	1,25	0,51
	5.35-6.00m	65	11	24	13	4	4	6	72	2,32	0,64
Ponto 4	0.00-0.15m	81	58	8	18	8	10	2	13	5,06	2,07
	1.15-1.75m	58	46	12	26	17	19	11	8	2,00	1,02
	1.75-1.95m	48	35	25	32	23	24	4	8	1,00	0,62
Ponto 5	0.70-1.40m	72	87	1	2	11	2	1	3	6,00	21,75
	2.40-2.55m	87	82	0	7	9	8	2	2	9,67	5,46
Ponto 6	1.10-2.05m	92	82	0	3	3	3	4	11	30,67	13,60
	2.40-2.55m	93	72	0	9	3	3	1	14	31,00	6,00
Ponto 7	0.50-0.80m	77	93	18	5	2	1	2	1	3,85	15,50
	1.40-1.60m	98	80	0	13	1	3	0	2	98,00	5,00
	1.90-2.00m	70	71	0	1	5	13	0	12	2,80	5,07
Ponto 8	0.00-0.30m	95	92	0	2	0	1	2	1	ñ tem f	30,66
	4.20-4.35m	98	65	0	30	1	4	0	0	98,00	1,91
	5.05-5.10m	68	50	13	25	15	16	2	8	2,43	1,21
Ponto 9	0.00-0.35m	95	91	0	3	0	0	1	1	ñ tem f	30,33

	2.10-2.30m	87	84	0	4	4	1	7	2	21,75	16,80
	4.85-5.00m	90	82	0	5	6	3	1	6	15,00	10,25
	7.00-7.15m	61	31	8	5	22	3	7	61	2,03	4,42
	8.55-8.70m	71	12	6	2	6	2	16	83	5,92	3,00
	10.20-10.30m	64	33	13	3	18	16	4	47	2,06	1,73
Ponto 10	0.00-0.25m	90	88	0	5	6	2	2	2	15,00	12,57
	1.80-2.10m	80	75	2	8	10	6	2	9	6,67	5,35
	3.60-3.75m	67	70	3	12	15	7	1	10	3,72	3,68
	4.60-4.75m	84	62	1	26	10	1	2	4	7,64	2,29
	6.35-6.50m	76	46	16	9	3	5	4	39	4,00	3,28
	7.25-7.40m	99	45	0	15	0	8	0	28	ñ tem f	1,95
	8.60-8.70m	54	36	0	10	0	2	44	51	ñ tem f	3,00
	9.90-10.05m	80	41	2,5	13	1	10	14	35	22,86	1,78

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. C.; EIRADO, 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.
- AVELAR, A. S. & COELHO NETTO, A. L., 1992a. Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências**, 22(2), p. 222-227.
- AVELAR, A. S. & COELHO NETTO, A. L., 1992b. Fluxos d'água subsuperficiais associados a origem das formas côncavas do relevo. **Anais da 1ª Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas / COBRAE, ABMS e SBGE**, Rio de Janeiro, vol. 2, p. 709-719.
- COELHO NETTO, A. L. 1999. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brasil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. **Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria**, III (3): 21-48.
- FOLK, R. L., 1968, **Petrology of Sedimentary Rocks**. Univ. Texas Geol. 370 k. Hemphill's Austin, 170 p.
- HAYES, J. R. & KLUGMAN, M. A., 1959, **Feldspar staining methods**. Journal Sed. Petrol., 29, pp. 227-232.
- LEITE, A. F. 2001. **Estudo hidrogeoquímico em uma pequena bacia de drenagem montanhosa-rural: alto vale do rio Fortaleza, Bananal – SP**. Dissertação de mestrado, Departamento de geografia, UFRJ. 96p.
- MEIS, M.R.M., COELHO NETTO, A. L. e OLIVEIRA, P.T.T.M. 1981. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do Rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.I.], 3(1): 43-51

RUHE, R. V. 1956. **Geomorphic surfaces and the nature of soils**. Soil Science 82:pp441-445.

XAVIER, R. A.; LEITE, A. F. E COELHO NETTO, A. L. 2002. 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**, Ouro Preto/MG, 2002.

XAVIER, R. A.; LEITE, A. F. E COELHO NETTO, A. L. 2001. Aplicação de índices de intemperismo como subsídio à compreensão do papel das fraturas na evolução de encostas. **Anais do IX Simpósio de Geografia Física Aplicada**, de 14 a 18 de novembro de 2001, UFPE, Recife.