

VARIAÇÃO ESPACIAL DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS FLUVIAIS,
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO

OVALLE, A.R.C.*; SILVA FILHO, E.V.* e ARAGON, G.T.*

RESUMO

Este trabalho estuda a variação espacial da composição química de águas fluviais e os fatores que a influenciam na bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, RJ.

Os valores encontrados para os parâmetros analisados foram: pH 5,7-6,6; cond. 45-60; SiO₂ 4,6-8,7; Na 5,4-6,9; K 0,93-1,18; Ca 0,74-1,12; Mg 0,56-0,92 (valores em mg/l, condutividade em µS/cm). A composição das águas fluviais pode variar numa escala de dezenas até centenas de metros dentro de uma mesma sub-bacia, influenciada por fatores como litologia, composição química dos solos e condições hidrológicas nos diferentes domínios topográficos. Utilizou-se esta variação espacial na setorização da bacia.

As diferenças químicas entre rios de uma mesma sub-bacia devem ser levadas em consideração em estudos de fluxo de nutrientes em bacias hidrográficas e comparações entre áreas submetidas a diferentes manejos de solo ou mes-

* Departamento de Geoquímica, UFF

no desmatamento.

ABSTRACT - SPATIAL VARIATION IN CHEMICAL COMPOSITION OF FLUVIAL WATERS, TIJUCA NATIONAL PARK, RIO DE JANEIRO.

This work studies spatial variation and factors influencing chemical composition of fluvial waters in the Upper Rio Cachoeira Basin, Tijuca National Park, Rio de Janeiro.

Values found were: pH 5.2-6.6; cond. 45-60; SiO₂ 4.6-8.7; Na 5.4-6.9; K 0.93-1.18; Ca 0.74-1.12; Mg 0.56-0.92 (values in mg/l, conductivity in μ S/cm). Composition of fluvial waters can vary on a scale of tens to hundreds of meters within the same sub-basin, influenced by factors such as lithology, soil chemical composition and hydrological conditions in the different topographic domains. This spatial variation was used in dividing the basin into sectors.

Chemical differences between rivers of the same sub-basin must be taken into account in studies on nutrient flux in hydrographic basins and comparisons between areas subject to different soil management or even deforestation.

INTRODUÇÃO

A composição química das águas fluviais tem sido estudada sob aspectos geoquímicos (MILLER & DREVER, 1977), hidrológicos (NORTCLIFF & THORNES, 1978) e ecológicos, este último ligado principalmente a ciclagem de elementos (GOLLEY et al., 1978). Esta variedade de propósitos mostra a importância dos rios como agentes integradores da paisagem, sendo sua composição química um reflexo das interações entre a água da chuva e os vários compartimentos de uma bacia de drenagem (vegetação, solo e rocha).

A variação espacial da composição química das águas fluviais pode ser relacionada a mudanças nas características dos compartimentos que compõe uma bacia de drenagem, bem como a processos hidrológicos e meteorológicos atuantes (STALLARD & EDMOND, 1983; TARDY, 1971). Assim o estudo da variabilidade espacial da composição dos rios serve como ferramenta para a compartimentação de bacias hidrográficas.

Este trabalho apresenta a variação espacial da composição química de rios no Parque Nacional da Tijuca, relacionando a concentração dos elementos maiores em solução com aspectos geológicos, pedológicos e hidrológicos.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Alto Rio Cachoeira está localizada na vertente atlântica do Maciço da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (Fig. 1). Suas encostas são cobertas por uma floresta tropical perenifolia, resultado de reflorestamento com espécies nativas iniciado em 1862, podendo ser classificada de secundária antiga, remanescente da Mata Atlântica outrora abundante, com árvores de 30 metros de altura e sub-bosque espesso. O clima é definido como tropical de altitude, com precipitações da ordem de 2500 mm/ano (GALLEGO, 1971).

Com uma área de 350 ha tem como limites principais o Pico da Tijuca, Bico do Papagaio e Pedra do Conde, apresentando uma variação de relevo de 560 m, com declives da ordem de 20-30°, favorecendo mecanismos de transportes hidrológico (COELHO NETO et al., 1980; Fig. 2).

A geologia é caracterizada pela predominância de biotitagnaises e granitos de idade Prê-Cambriana (Fig. 1). O gnaiss apresenta uma estrutura porfirítica com mineralogia de quartzo, ortoclásio-microclina, biotita, muscovita e granada. Localmente ocorrem faixas quartizíticas.

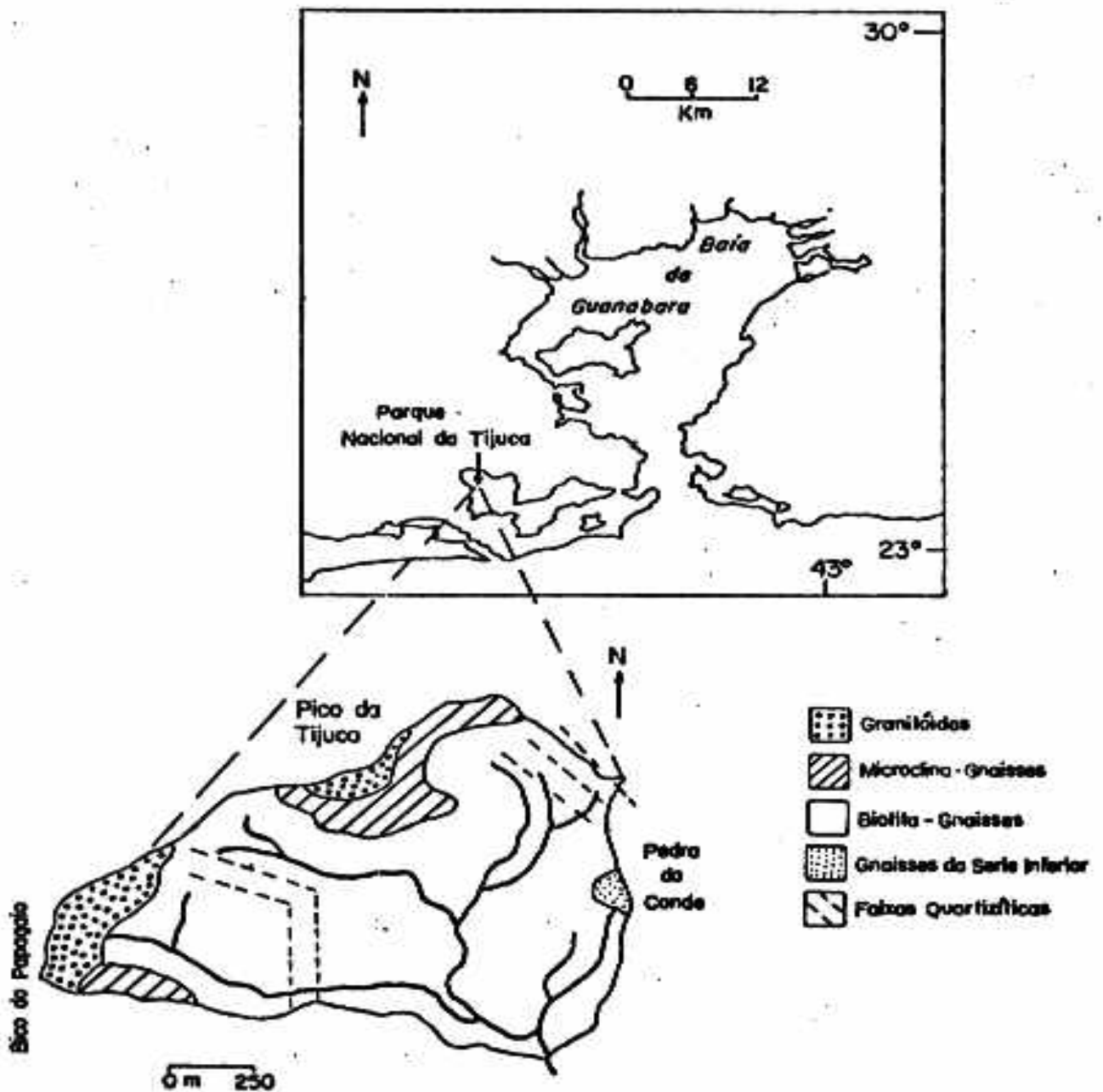


Figura 1 - Mapa de localização e geológico (DNPM, 1965; apud COELHO NETTO et al., 1980) área de estudo.

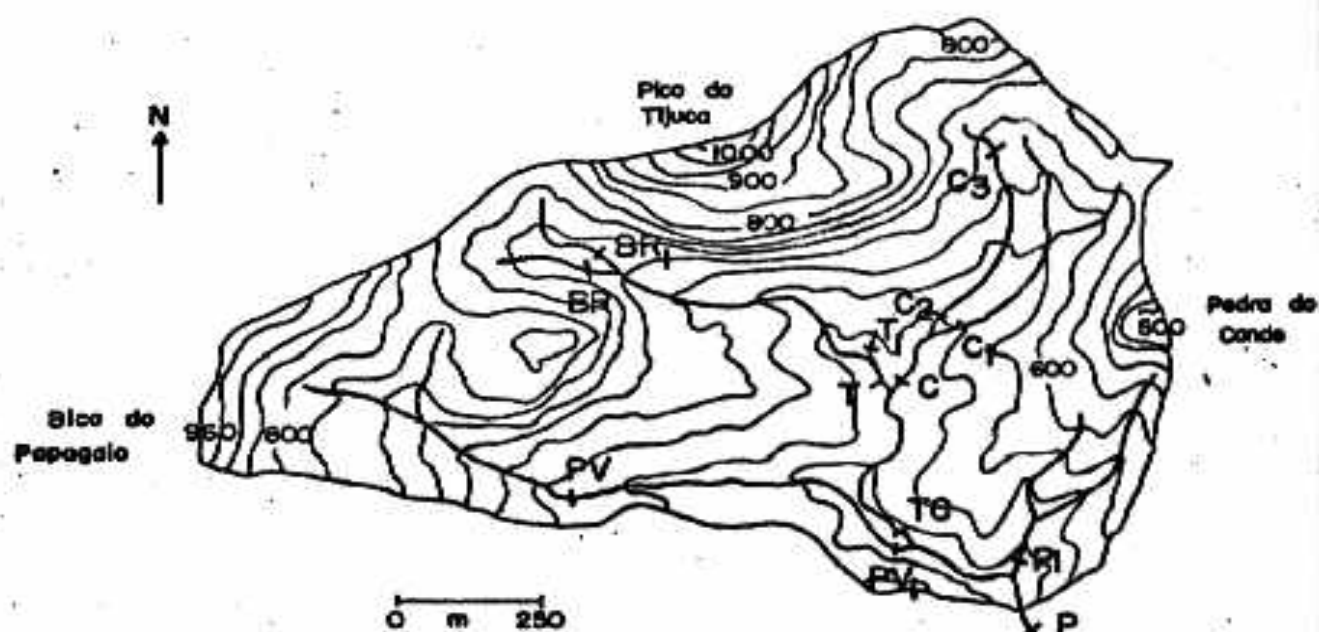


Figura 2 - Mapa topográfico da Bacia com rede de Drenagem e pontos de coleta.

Os solos são classificados como cambissolos e latossolos vermelho-amarelos (COELHO-NETTO et al., 1980). Apresentam uma relação SiO_2/Al_2O_3 menor que 2, baixa saturação de bases (< 10%) e pH ácido (4,0) (OVALLE, 1985). Encontram-se grandes quantidades de fragmentos de rochas, de pequenos blocos e matacões.

MATERIAL E MÉTODOS

Selecionou-se 13 pontos distribuídos principalmente em saídas de sub-bacias e confluências de rios (Fig. 2). O estudo foi complementado por perfis de pH e condutividade ao longo de um rio utilizando os seguintes critérios: (1) de jusante para montante para minimizar problemas de contaminação; (2) em períodos de pouca precipitação de modo a evitar a complexidade dos fluxos gerados durante eventos de chuva.

Pode-se então assumir que a composição da água do canal durante a realização dos perfis, era formada em sua maior parte pelo fluxo de base, permitindo a comparação dos resultados. Testes preliminares com amostras tratadas (filtração 0.45 μm ; 0.014 N HNO_3) e não tratadas apresentaram diferenças menores que a variabilidade analítica encontrada, não justificando este procedimento.

Sódio, potássio, magnésio e cálcio foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica convencional. A sílica em solução foi determinada pelo método colorimétrico do molibdato azul (USGS, 1979). As medidas de pH e condutividade foram feitas com potenciômetros de campo e eletrodos específicos.

RESULTADOS

Os valores médios para os parâmetros analisados são apresentados na Tab. 1. Os valores variaram de: pH 5,2-6,6; cond 45-60; SiO_2 4,6-8,7; Na 5,4-6,9; K 0,93-1,18; Ca 0,74-1,12; Mg 0,56-0,92 (valores em mg/l; condutividade em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Fatores como (1) composição química do complexo solo-rocha, (2) condições hidrológicas, (3) feições topográficas, (4) cobertura vegetal e (5) variações nas entradas atmosféricas, estão entre os prováveis responsáveis pela variabilidade espacial encontrada.

O perfil de pH e condutividade realizado entre os pontos T e BR (Fig. 2) é apresentado na Fig. 3. O pH manteve-se baixo na parte inicial do perfil (primeiros 300 m), aumentando progressivamente conforme sobe-se o rio. Os valores de condutividade apresentam um aumento nos últimos 300 metros do perfil.

Tabela 1 - Média e desvio padrão (X/DP) dos parâmetros estudados (n = 24); valores em mg/L; condutividade em $\mu\text{S}/\text{cm}$; X corresponde a média e desvio padrão dos 13 pontos.

Pto	pH	Cond.	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg
P	6,4/0,25	47/4,0	5,2/1,4	5,6/0,39	1,07/0,13	0,92/0,13	0,63/0,12
P'	5,2/0,16	54/4,3	4,6/1,0	5,8/0,27	1,10/0,08	0,93/0,15	0,92/0,15
TC	5,9/0,18	47/3,5	5,7/1,4	5,6/0,45	1,02/0,06	0,81/0,10	0,61/0,12
PV'	6,2/0,18	45/3,5	6,5/1,6	5,4/0,34	1,09/0,12	0,87/0,15	0,59/0,13
PV	6,6/0,28	46/3,8	8,2/2,5	5,4/0,37	1,18/0,14	0,94/0,22	0,64/0,20
C	6,2/0,17	51/3,6	6,6/1,7	5,9/0,29	1,15/0,15	0,90/0,14	0,72/0,13
C1	5,9/0,13	48/2,9	5,0/1,1	5,6/0,31	1,04/0,10	0,74/0,11	0,72/0,13
C2	6,1/0,13	54/3,9	5,8/1,7	6,2/0,28	1,16/0,11	0,99/0,11	0,77/0,13
C3	6,1/0,21	60/5,2	6,5/1,6	6,9/0,29	0,93/0,17	1,12/0,22	0,78/0,17
T'	5,9/0,25	46/4,5	5,6/1,2	5,6/0,37	0,96/0,09	0,77/0,25	0,57/0,20
T	6,0/0,25	47/4,	7,5/2,1	5,6/0,38	0,99/0,07	0,87/0,20	0,60/0,21
BR	6,6/0,16	58/4,0	8,7/2,6	6,9/0,57	1,17/0,25	1,11/0,18	0,72/0,17
BR'	6,0/0,22	46/5,3	6,0/1,6	5,6/0,30	0,96/0,07	0,84/0,21	0,56/0,16
X	6,1/0,36	50/5,0	6,3/1,2	5,9/0,51	1,06/0,09	0,91/0,11	0,68/0,10

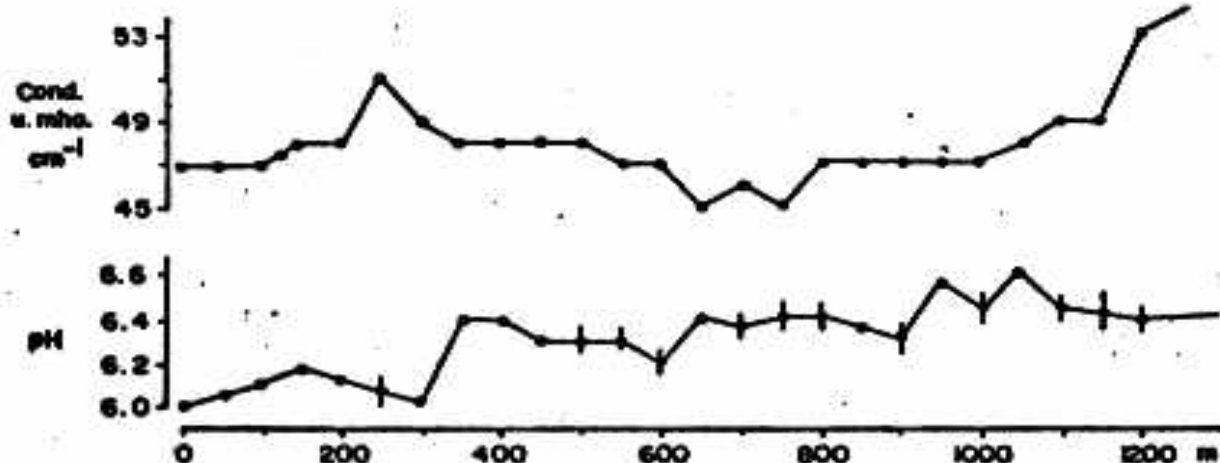


Figura 3 - Perfil de pH e condutividade para o Rio Tijuca (do ponto T ao BR); Barras verticais indicam diferenças entre duplicatas.

DISCUSSÃO

A heterogeneidade do sistema como um todo, e em particular da parte permeável da bacia, associada ao favorecimento do transporte hidrológico pelos declives acentuados, faz com que prevaleçam controles em pequena escala na composição dos rios. Desta forma, encontram-se diferenças significativas tanto entre sub-bacias (pontos T, C e PV'), como dentro de cada sub-bacia (pontos BR/BR'/T/T', C/C1/C2/C3 e PV/PV'). Estas diferenças se mantêm com o tempo, sugerindo que a composição dos rios é bem tamponada (OVALLE, 1985).

Tendo como base o valor médio da bacia (Tab. 1), podemos estimar a variabilidade espacial dos parâmetros através da fórmula (2DP/X). 100: pH 12%; cond 20%; SiO₂ 38%; Na 18%; K 16%; Ca 26%; Mg 30%.

Procurou-se através de uma análise de convergência entre a composição química das águas fluviais e parâme-

tros litológicos, pedológicos e hidrológicos, identificar os principais fatores responsáveis pela variabilidade encontrada.

Na maioria dos casos as influências dos diversos fatores controladores se sobrepõem, tornando difícil uma análise ponto a ponto. Assim selecionou-se 4 casos que podem ser razoavelmente descritos com os dados disponíveis.

1 - O ponto BR apresenta valores significativamente mais altos que o ponto BR' para todos os parâmetros (Tab 1), apesar de separados entre si por apenas 60 metros (Fig. 2). Ao lado do ponto BR' existe um escarpamento rochoso que provoca um aumento de saturação de água no solo, elevando o nível do lençol freático (COELHO NETTO, 1986), fazendo com que os horizontes superiores do solo (baixa saturação de bases e pH ácido), contribuam em maior escala para a composição do canal. A encosta oposta onde se localiza o ponto BR, tende a apresentar valores menores de saturação de água no solo, fazendo com que prevaleçam as condições dos horizontes inferiores e das áreas próximas do contato solo-rocha, onde a alteração de minerais primários aumenta a massa liberada para as águas de infiltração.

2 - Os valores anômalos de sílica e pH (os mais baixos da bacia), e magnésio (os mais altos) no ponto P' (Tab. 1), não parecem estar relacionados com variações do nível do lençol freático, mas sim com mudanças nas características químicas do complexo solo-rocha em sua sub-bacia de drenagem (Fig. 1). Esta hipótese é baseada no fato de que uma mudança puramente hidrológica, não afetaria somente determinadas espécies químicas, mas sim todos os parâmetros, como no exemplo anterior.

3 - Os valores de magnésio mais altos que a média da bacia para os pontos de coleta sob influência da Pedra do Conde (Fig. 2 e Tab. 1), indicam um maior conteúdo de magnésio no complexo solo-rocha nesta parte do sistema. O mapa geológico da área (Fig. 1) mostra que a Pedra do Conde

é a única parte da bacia onde ocorrem os gnaisses da série inferior, sugerindo que os valores de magnésio encontrados estejam refletindo uma mudança mineralógica na rocha.

4 - Na Tab. 1 observa-se que os pontos C3 e BR apresentam os maiores valores para condutividade, sódio e cálcio. COELHO NETTO et al. (1980) destaca que a matriz dos depósitos coluviais encontrados nas cabeceiras dos dois rios apresentam um enriquecimento significativo em feldspatos, principalmente na fração fina. Deste modo é possível que os valores acima mencionados sejam um reflexo do aumento da massa liberada pela hidrólise destes feldspatos.

No perfil de composição apresentado (Fig. 3), os valores baixos iniciais de pH foram encontrados no fundo de um anfiteatro largo, onde o nível do lençol freático deve-se encontrar próximo a superfície, refletindo assim a acidez dos horizontes superiores do solo. O aumento da condutividade nos últimos 300 metros do perfil pode ser um reflexo da composição dos depósitos coluviais descritos no caso 4 acima.

Com base nos resultados apresentados pode-se setorizar a bacia em domínios com características pedológicas, hidrológicas e geológicas distintas:

1 - As cabeceiras dos rios localizadas em anfiteatros largos onde ocorrem colúvios com presenças de minerais primários (feldspatos) principalmente na fração fina.

2 - Os fundos de anfiteatros largos e áreas sob influência de escarpamentos rochosos que tendem a apresentar solos mais saturados em água.

3 - Uma diferença mineralógica na litologia no setor leste da bacia (sob influência da Pedra do Conde) com relação ao resto da área, evidenciada pela maior concentração de magnésio nas águas.

Este estudo mostra portanto que: (1) o controle da composição química das águas fluviais na bacia pode va-

riar de uma escala de dezenas a centenas de metros refletindo a heterogeneidade do sistema; e (2) a variação espacial da composição química das águas fluviais é uma ferramenta útil na compartimentação de bacias hidrográficas em domínios relativamente homogêneos, servindo como subsídio a estudos específicos mais detalhados.

A covariação entre os pontos de amostragem com o tempo, mantendo as diferenças relativas entre eles, mostra que uma campanha de campo realizada em um período seco é suficiente para permitir a comparação entre pontos e a compartimentação da bacia.

Deve-se ressaltar que rios pertencentes a uma mesma sub-bacia podem apresentar diferenças químicas significativas entre si, o que tem uma implicação importante em estudos de fluxo de nutrientes em bacias hidrográficas. Estudos comparativos entre bacias submetidas a perturbações - tais como desmatamento ou mesmo a diferentes técnicas de manejo de solo - que visam detectar diferenças no fluxo de nutrientes, assumem que a composição química dos rios era semelhante antes dos experimentos. O presente estudo mostra que em uma área de 350 hectares temos uma variabilidade espacial da ordem de 20 a 40% para parâmetros como Ca, Mg, Na, SiO_2 , K e condutividade, fato que deve ser levado em consideração na extrapolação de dados obtidos em estudos intensivos de pequena escala para escala regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COELHO NETTO, A.L.; SANTOS, A.M.; MEIS, M.R.M. Os solos e a hidrologia das encostas do Alto Rio Cachoeira, R.J. - estudo preliminar. *Rev. Bras. Geog.*, 42 (3): 585-611, 1980.

COELHO NETTO, A.L. *Surface hidrology and soil erosion in a tropical mountainous forest, Rio de Janeiro, Brasil.*

- Belgica, Universidade de Leuven, 1986. (Tese)
- GALLEGO, L.P. *O Sudeste. O clima tropical de altitude. A natureza e orientação das massas de ar.* Rio de Janeiro. IBGE, 1971. p. 32-6. (Curso para Professores de Geografia).
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.L.; DUEVER, M.J. Dinâmica da floresta tropical úmida. In: _____ *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.* São Paulo, EDUSP, 1978. p. 67-122.
- MILLER, W.R. & DREVER, J.I. Chemical weathering and related controls on surface water chemistry in The Absaroka Mountains, Wyoming. *Geoch. Cosmoch. Acta.*, 41: 1693-1702, 1977.
- NORTCHIFF, S. & THORNES, J.B. Water and cation movement in a tropical rain forest environment. *Acta Amas.*, B (2): 245-58, 1978.
- OVALLE, A.R.C. *Estudo geoquímico de águas fluviáteis da Bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro.* Niterói, RJ, UFF, 1985. (Dissertação)
- STALLARD, R.F. & EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. *J. Geophys. Res.*, 88 (C14): 9671-88, 1983.
- TARDY, Y. Characterization of the principal weathering types by geochemistry of waters from some european and african crystalline massifs. *Chem. Geol.*, 7: 253-71, 1971.
- UNITED States Geological Survey. Silica, dissolved, colorimetric, molybdate blue, (I-1700-78). In: _____ *Techniques of water-resources investigation of USGS: methods for determination of inorganic substances in water and fluvial*

sediments. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1979. V. 5, p. 495-6.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Dr^a Ana Luiza Coelho Netto do Departamento de Geografia da UFRJ pelo intercâmbio de in formações que muito enriqueceu este trabalho, a Reginaldo Ma chado Filho pela confecção das figuras, e a Roseli Barreto dos Santos pela datilografia do manuscrito.

ENDEREÇO DOS AUTORES

OVALLE, A.R.C.; SILVA FILHO, E.V. e ARAGON, G.T.
Universidade Federal Fluminense
Departamento de Geoquímica
Instituto de Química
24210 Niterói, RJ