

# Respostas Hidrológicas de Bacia Montanhosa sob Dinâmica de Uso Agrícola: Rio Boa Vista - Nova Friburgo (RJ).

Marcelo Motta de Freitas; Carolina Lima Vilela, Luiz Guilherme do Eirado Silva & Ana Luiza Coelho Netto

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Departamento de Geografia - Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO)  
GEOHECO@IGEO.UFRJ.BR

**Abstract:** This study was conducted on the Boa Vista river basin (Nova Friburgo, RJ), which drains in the steep slopes of "Serra do Mar", under traditional agriculture management (deforestation, burnt and monoculture). One aims to know about the hydrologic behavior (discharge as response of rainfall events) as a parameter to investigate the relationship between the geomorphological aspects and land use. Field works were conducted to make geological, geomorphological and land use maps as well as hydrological measurements. The changes in vegetation cover had modified both the hydrological and erosional process. The discharge response to the rainfall events are quick, showing a low infiltration capacity on slopes and, therefore, associated to the high overlandflow production.

**Keywords:** Drainage basin, hydrologic behavior, agriculture land use.

## Introdução

As bacias hidrográficas são unidades do relevo onde a dissecação promovida por um curso d'água principal define uma área de convergência de fluxos delimitada por divisores de água em superfície e subsuperfície. Pode, ainda, ser definida como um sistema aberto com entradas e saídas, no qual ocorrem trocas entre seus elementos estruturais e funcionais (Coelho Netto, 1994). Desta forma, as flutuações da vazão do canal principal (saída) frente aos eventos de precipitação (entrada), ou seja, o regime hidrológico da bacia, é produto da interação dos diversos componentes internos deste sistema e da natureza e magnitude dos fenômenos que nele ocorram.

Diversos parâmetros geomorfológicos influenciam o comportamento hidrológico de uma bacia. A conjugação entre a geometria das encostas e seus gradientes definem o direcionamento e a capacidade de transporte dos fluxos, enquanto que a espessura do regolito e a distribuição dos depósitos exerce um importante papel sobre o tempo de residência da água dentro da bacia (Coelho Netto, *op. cit.*).

A entrada de água no sistema sofre influência direta do tipo de uso de solo praticado, uma vez que este está relacionado a modificações na cobertura vegetal e nos mantos de solo. Em áreas agrícolas, de acordo com o manejo, as modificações de cobertura podem ser intensas, causando grandes mudanças no comportamento hidrológico e erosivo dos solos. O direcionamento dado aos fluxos pelo tipo de cobertura pode aumentar sua capacidade erosiva, ressaltando assim a importância dos estudos relacionados à perda de solo agrícola.

Desta forma, as resultantes hidrológicas e erosivas provenientes das transformações no solo e na vegetação em virtude da dinâmica do uso, podem ser analisadas na saída da bacia, sob a forma dos efluentes líquidos (regime hidrológico).

Objetiva-se, portanto, compreender o comportamento hidrológico da bacia como base inicial de avaliação dos processos hidrológicos e erosivos que

respondem pela operacionalização interna do sistema de drenagem, incluindo ainda a caracterização geomorfológica e do uso praticado em suas vertentes.

## Área de estudo

Para o presente trabalho foi selecionada uma bacia hidrográfica montanhosa representativa do quadro regional de ocupação agrícola nas cabeceiras de drenagem da Serra do Mar. A bacia apresenta aproximadamente 5 km<sup>2</sup>, orientação nordeste-sudoeste, sendo drenada pelo rio Boa Vista, afluente do rio Boa Esperança, que desagua no rio Macaé. A área situa-se no distrito de Lumiar, município de Nova Friburgo (RJ), latitude 22° 38'S e longitude 42° 30'W.

O relevo da Serra do Mar, na porção central do Rio de Janeiro possui grandes desnivelamentos topográficos, apresentando picos com altitudes de até 2000m e fundos de vale bem encaixados. O substrato geológico consiste em um terreno metamórfico de alto grau composto predominantemente por gnaisses orto e paraderivados e por rochas granitóides. Os afloramentos rochosos são frequentes e os solos são rasos nas vertentes (litossolos e cambissolos) e mais profundos nos fundos dos vales. A cobertura original da Mata Atlântica vem sendo substituída ao longo dos séculos pelo uso agrícola, restando hoje fragmentos florestais principalmente na vertente sul. No processo de ocupação desta região pequenos produtores sobrevivem dentro de um sistema de mercado dominado por pequenas e médias empresas rurais. O manejo dos solos, tanto pelos pequenos produtores como pelas empresas rurais, é feito em moldes tradicionais (remoção total da cobertura vegetal original e monocultura) diferenciando-se na escala de produção, no uso de insumos e maquinária.

Na área de estudo, a amplitude de relevo da bacia é da ordem de 1000 metros entre a foz e o divisor mais alto, constituindo-se de vertentes íngremes e, apresentando algumas vertentes suaves em compartimentos suspensos por níveis de base locais. Os solos são delgados no sopé dos paredões rochosos

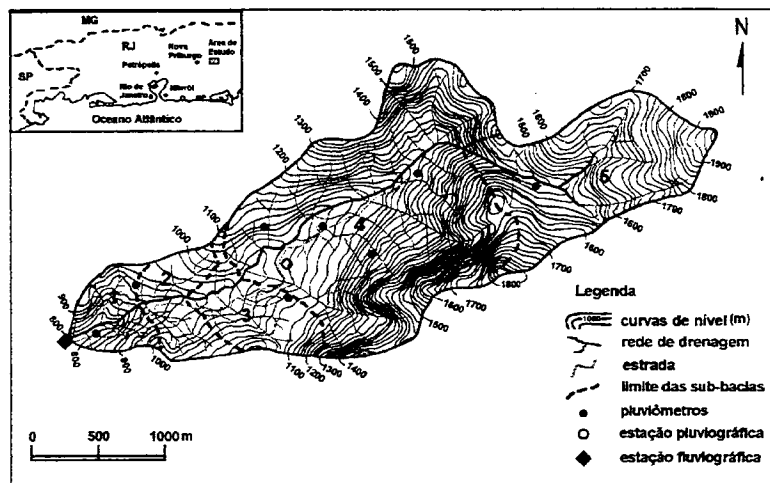


Figura 1: Mapa de Localização da Bacia do rio Boa Vista, Nova Friburgo, RJ

espessando-se para os fundos de vale, sendo compostos por depósitos de blocos. O vale é bem encaixado e o canal principal corre em grande parte sobre afloramentos rochosos ou sobre leitos preenchidos de blocos de diversos tamanhos

São frequentes os degraus encaichoerados que constituem níveis de base locais rochosos (knickpoints), permitindo a divisão da área em 5 sub-bacias pelo perfil longitudinal do canal principal (Fig. 1):

- sub-bacia 1, de 780m a 860m; limitada a montante por um degrau de 20m aproximadamente (1 knickpoint)
- sub-bacia 2, de 860m a 920m; limitada a montante por um degrau de 35m aproximadamente (3 knickpoints)
- sub-bacia 3, de 920m a 960m; limitada a montante por um degrau de 20m aproximadamente (3 knickpoints)
- sub-bacia 4 de 960m a 1300m; limitada a montante por um degrau de 50m aproximadamente (4 knickpoints).
- sub-bacia 5 de 1300m a 1900m.

A partir do canal para a encosta “soalheira” de orientação noroeste, as encostas laterais são convexas, até o nível dos depósitos, onde a topografia se mantém mais suave (declividade em torno de 10° a 15°). Após este platô suspenso, a encosta no sopé do paredão rochoso é bastante íngreme (25 a 40° de declividade), muito rica em blocos. Na encosta “noruega”, orientação sudeste, os depósitos são menos expressivos, apresentando encostas convexas próximas ao canal principal, modificando para um perfil côncavo a montante até o divisor convexo. Esta encosta é bem menor em extensão, tornando o vale assimétrico.

Na produção agrícola, o inhame é o principal produto da área, seguido de outros produtos secundários (batata, cenoura, pimentão, tomate, milho e mandioca). O manejo se dá nos moldes tradicionais com a queimada, o plantio monocultural, adubação química (pouco usada para o inhame), a capina (com enxada ou herbicida) e “remédio” para o combate a pragas. A terra é explorada em sistema de rotação, sendo cultivada de 3 a 4 anos e abandonada pelo mesmo período ou mais para reestruturação do solo agrícola. Essa forma de manejo provoca modificações na estrutura da vegetação, gerando um mosaico de diferentes estágios sucessionais (campos, macegas,

capoeiras e matas antigas), pelo processo de recolonização espontânea. Este fato foi também constatado por Oliveira *et al* (1995) em áreas de roça caicara na Ilha Grande. Considera-se ainda que dependendo do tipo de manejo utilizado a sucessão vegetal subsequente responde de formas diferenciadas (Silitoe, 1995).

### Metodologia

Os levantamentos básicos foram realizados com auxílio da carta topográfica Quartéis (IBGE) na escala 1:50.000, ampliada para 1:10.000, com correções de campo, e fotografias aéreas na escala 1:20.000. Os mapeamentos foram realizados em campo e as informações obtidas foram integradas para a elaboração de mapas temáticos: geológico, geomorfológico, uso e cobertura do solo e reconstituição da drenagem.

Para a realização da análise do regime hidrológico, foram instalados 8 pluviômetros e 1 pluviógrafo, estrategicamente distribuídos ao longo da bacia, e uma estação fluviográfica com linígrafo (leituras diárias) e vertedouro (120<sup>0</sup>) no ponto de saída da bacia. Objetivou-se registrar a entrada de água pela precipitação e mensurar as saídas pela vazão (Fig. 1).

As médias de chuva utilizadas foram obtidas pelo método de Thiessen (in Dunne e Leopold, 1978) que pondera a área de abrangência das estações para relacionar sua representatividade com a área total da bacia. Para a avaliação da variação de entrada de chuva na bacia foram analisados os meses de março a agosto, a partir da distribuição das isoietas em mapas de precipitação. Os dados de vazão são disponíveis apenas a partir do mês de julho para a produção de hidrógrafas e são relacionados com os dados de precipitação, coletados por evento de chuva (relação precipitação/vazão) para caracterizar o regime hidrológico da bacia.

### Resultados

#### Distribuição da Precipitação

Apesar do pequeno período de amostragem, algumas tendências a respeito da distribuição das chuvas podem ser esboçadas: as chuvas na bacia não

ocorrem de forma homogênea, permitindo a identificação de uma concentração maior na porção florestada da cabeceira, a partir de 1300m de altitude (sub-bacia 5). No restante da bacia, não é possível o isolamento de domínios, uma vez que as médias mensais entre os pluviômetros não variam muito (Fig.2).

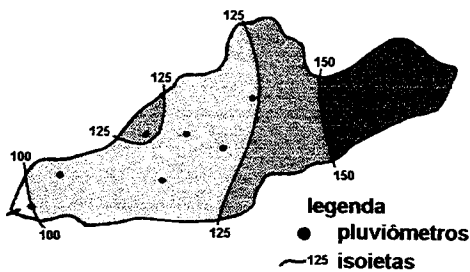


Figura 2: Distribuição da precipitação média mensal do período de março a setembro de 1996

Para 190 dias amostrados, 24 foram chuvosos, representando 12% da série temporal (março a setembro). Dos dias chuvosos, 62,4% estão no intervalo de 10 a 40mm, 29,1% acima de 40mm (tendo sido o registro máximo de 68,4mm), e 8,5% representado por chuvas de pequena magnitude, abaixo de 10mm. Observa-se portanto entradas mensais de baixa pluviosidade, especialmente neste período amostrado, o qual corresponde em termos regionais, à estação menos chuvosa.

#### Relação Geologia/Geomorfologia

A área de estudo está inserida em um terreno metamórfico de alto grau com rochas granitóides intrusivas, associadas ao setor central da Faixa Ribeira, formada durante o Ciclo Tectônico Brasileiro de idade neo-proterozóica a cambro-ordoviciano (700-450 Ma.) (Heilbron, 1995; Machado *et al.*, 1996). A litologia da área é constituída por dois conjuntos distintos: a) gnaisses de característica metassedimentar (biotita gnaíse bandado migmatítico e granada-biotita gnaíse com enclaves de rochas calcissilicáticas); b) rochas granitóides intrusivas tardi a pós-tectônicas. Afloram leucogranitos que apresentam duas fácies texturais (fina a média ou grosseira) e biotita granito porfiróide, localmente com hornblenda, aqui denominado de granito Mundo Novo, caracterizado pela presença de megacristais de feldspatos (2 a 4cm) e com diversos enclaves de hornblenda-biotita gnaíse fino. As relações de contato observadas em alguns afloramentos atestam que os leucogranitos são posteriores ao granito Mundo Novo. Ocorrem ainda inúmeros diques/"sills" de pegmatitos e diques subverticais de diabásio, sendo estes últimos associados ao magmatismo básico de idade juro-cretássica.

As estruturas geológicas observadas foram associadas a dois eventos tectônicos com estilos estruturais distintos: a) deformação dúctil relacionada ao Ciclo Brasileiro, representada pela foliação principal, dobramentos e zonas de cisalhamento observadas nos gnaisses; b) deformação rúptil extensional, mais recente, de idade mesozóica-cenozóica, representada pelos falhamentos e fraturas subverticais.

A análise das relações entre as estruturas do substrato geológico e a orientação da rede de drenagem, demonstra um forte controle sobre o desenvolvimento dos canais, destacando o papel exercido pelos planos de fraturas e falhas. Nos afloramentos rochosos dos "knickpoints" evidencia-se a orientação do canal principal no "set" de fraturamento NE-SW e a formação dos degraus ("knickpoints") pelo "set" ortogonal NW-SE. Este "set" orienta também os canais tributários. O último desnivelamento da bacia é constituído, por outra sequência de "knickpoints" e está associado a uma mudança na direção do canal principal de NE-SW para WNW-ESE, atribuída a um plano de falha de mesma direção.

O canal principal na segunda sub-bacia corre encaixado em um dique de diabásio que acompanha um plano de fratura, facilitando seu processo de incisão. Na passagem da sub-bacia 3 para 4, uma sequência de três níveis de base rochosos, promovem a suspensão da sub-bacia a montante, formando um estrangulamento após o qual o vale se alarga acumulando espessos depósitos de blocos. Segundo Dantas *et al* (1994), em estudos no médio vale do rio Paraíba do Sul, a formação destes alvéolos está associada à redução do gradiente promovida pelo nível de base local. A distribuição dos depósitos com blocos, portanto, não é homogênea ao longo do fundo do vale.

Na bacia do rio Boa Vista estes depósitos apresentam um nível comum em forma de rampa, acompanhando o caimento da quarta sub-bacia, onde o vale se alarga. O nível dos depósitos é suspenso em relação ao canal principal, o que fez com que as drenagens afluentes tenham efetivado um retrabalhamento de entalhe nestes depósitos. A remoção do material fino faz aflorar os blocos recortando o depósito em diversas direções, promovendo a coalescência de divisores e o isolamento de morrotes, descrito por Meis & Moura (1985).

Estes depósitos rudáceos são compostos por grande quantidade de blocos embutidos em matriz fina arenosa caracterizando um material típico de movimentos de massa do tipo fluxo de detritos ("debris flow") ou avalanche detritica de blocos rochosos, como descrito por Coelho Netto *et al.* (inédito) em áreas montanhosas no maciço da Tijuca (Rio de Janeiro). Segundo estes autores, os blocos talhados pelo intemperismo nas fraturas do maciço rochoso, por algum evento extremo com carga d'água superior à sua resistência, desprendem-se das encostas laterais ou cabeceira com o material pedogenético. Os detritos movimentam-se em forma de fluxo com densidade elevada possuindo capacidade para conduzir blocos de grandes dimensões. A concentração de blocos aumenta, juntamente com o tamanho dos mesmos nos principais eixos de drenagem, onde os fluxos encaixam sua rota.

Quanto ao comportamento hidrológico dos depósitos, no sopé dos paredões rochosos eles sofrem uma forte recarga de água em subsuperfície proveniente do afloramento impermeável, enquanto em alguns fundos de vale podem ocorrer processos de saturação pela sua posição topográfica na convergência de fluxos das encostas (Coelho Netto, 1985).

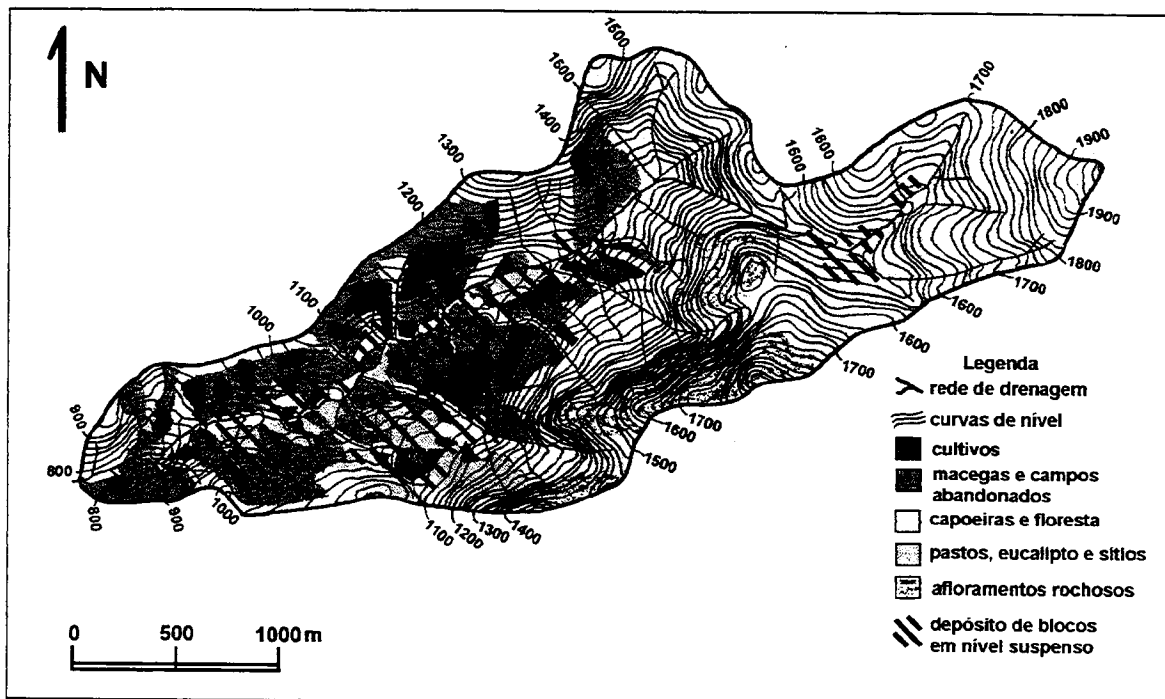


Figura 3: Mapa de uso dos solos e localização dos principais depósitos da bacia do rio Boa Vista.

A água que percola em subsuperfície pela matriz areno-argilosa dos depósitos, em contato com a superfície impermeável dos blocos, forma dutos erosivos ao desviar deles. Os dutos funcionam como drenos naturais que aliviam a pressão da água no solo e garantem boa permeabilidade aos depósitos (Coelho Netto, *op. cit.*).

#### Cobertura Vegetal

A cobertura resultante do manejo agrícola mostra-se bastante heterogênea possuindo, em planta, aproximadamente 14% da área sob cultivo, 8% de campos, 9% de macega e 13% de capoeira e em pequena escala 3% de pastos e plantios de eucalipto, dando um somatório total de 47 % de área voltada para produção. Ainda existem 13% de afloramentos rochosos. A parte superior da bacia se encontra sob ambiente florestal preservado, representando 40% da área (Fig 3). Os campos caracterizam-se por uma cobertura de gramíneas densa com alguns arbustos esparsos. A macega constitui-se de uma estrutura arbustiva e sub-arbustiva com altura máxima em torno de 6m, troncos finos e pouco desenvolvimento da serapilheira. A capoeira possui uma estrutura mais complexa com porte arbóreo (8 a 13m aproximadamente) e estratificação definida. Sua serapilheira já aparece bem estruturada. A floresta, mais antiga, apresenta o dossel superior contínuo com alturas variando até 15m, o sub-bosque denso e um extrato herbáceo expressivo, destaca-se ainda a grande presença de epífitas. A serapilheira sob este ambiente é espessa com boa estruturação.

#### Vazão Líquida

No período amostral de 2 de julho a 6 de setembro de 1996, poucos eventos foram registrados (sete), tendo ocorrido um único evento em julho, poucos em agosto e o maior evento em setembro, já registrando o fim da estação seca (maio-agosto). A vazão mantém um fluxo de base em torno de 0.25 m<sup>3</sup>/s. Registra-se uma resposta do sistema de drenagem bastante rápida em função das entradas de água na bacia, haja visto a coincidência dos picos da vazão com os eventos de precipitação (Fig. 4). Uma ressalva é feita para o evento do dia 3 de agosto, onde o registro acumulado de precipitação foi dividido em dois dias. Esta inferência foi feita com base na resposta da vazão diária em comparação com os outros eventos e informações da comunidade local.

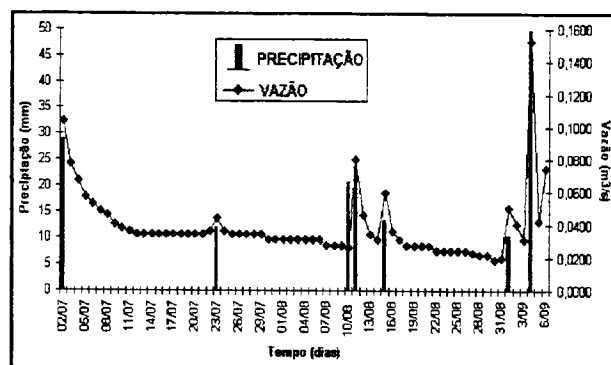


Figura 4: Gráfico de precipitação / vazão

#### Considerações Finais

Nas áreas de cultivo o recobrimento promovido pelas culturas é quase insignificante, promovendo assim, um comportamento hidro-erosivo bastante

semelhante ao de uma superfície nua. O impacto das gotas de chuva diretamente sobre a superfície do solo promove a compactação por selagem e a remoção das partículas pelo "splash" (Coelho Netto, 1994). A infiltração é difícil e o escoamento superficial ganha volume tendo facilidade em remover as partículas soltas. Além da erosividade da chuva, as partículas do solo tornam-se fáceis para a remoção devido à desestruturação promovida pelo manejo com a enxada, onde são revolvidos dos 10 aos 30 primeiros centímetros do solo, variando de acordo com a compactação ou com a profundidade da cova do cultivo implementado. Constitui-se portanto um ambiente de geração de escoamento superficial com grande capacidade de transporte causada pela forte declividade das encostas e pela disponibilidade de material. A quantidade de escoamento superficial e as taxas de erosão são bastante elevadas, estando associadas a uma grande perda de nutrientes pela remoção de matéria orgânica (Freitas, inédito).

O processo de regeneração pela sucessão vegetal após o abandono da terra, promove a formação de uma estrutura de vegetação denominada "macega". Este processo reinicia a bioestruturação do solo, aumentando a sua capacidade de infiltração e diminuindo a produção de escoamento superficial e de sedimentos (Freitas, inédito). No ambiente florestal, segundo Rocha Leão *et al.* (1995) e Coelho Netto (1987), o escoamento superficial é bastante baixo constituindo-se em um ambiente de infiltração, onde poucas partículas de matéria orgânica provenientes da serapilheira são removidas.

A vazão final do canal está associada à contribuição tanto de fluxos subsuperficiais, dos quais parte alimenta o fluxo de base na estação seca, quanto de fluxos provenientes do escoamento superficial. A velocidade de chegada de cada um deles no canal é distinta, sendo que os fluxos superficiais atingem o canal mais rapidamente que os fluxos que atravessam o substrato pedológico. Haja visto a pequena série temporal do monitoramento hidrológico, preliminarmente, observa-se tendências de que as respostas abruptas de vazão pela entrada de água estão relacionadas ao aporte rápido do fluxo superficial desde o início da chuva. Sobre este fluxo, podemos inferir que a maior contribuição de escoamento superficial para o canal principal é proveniente dos cultivos, diminuindo gradativamente para os estágios de sucessão vegetal subsequentes (campos, macegas e capoeiras).

Na sequência destes estudos já foram iniciadas as mensurações diretas das respostas hidrológicas e erosivas sob diferentes coberturas vegetais e agrícolas, tendo em vista a quantificação das diferentes zonas produtoras de escoamento e de sedimentos convergentes para os canais fluviais.

#### Bibliografia:

COELHO NETTO, A. L. 1985. Surface Hydrology and Soil Erosion in a Tropical Mountainous Rainforest Drainage Basin, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Katholoeke Universiteit Leuven, Belgium 181p.

- COELHO NETTO, A. L. 1994. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Geomorfologia- Uma Atualização de Bases e Conceitos, organizado por GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B; Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 93- 148p.
- DANTAS, M.E.; EIRADO SILVA, L.G. & COELHO NETTO, A.L. 1994. 'Spatially non-uniform sediment storage in fluvial systems: the role of bedrock knickpoints in the Southeastern Brazilian Plateau'. In: 14<sup>th</sup> International Sedimentological Congress, Recife/PE, IAS, J12-13.
- DUNNE, T. & LEOPOLD, L.B. 1978. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 818p.
- HEILBRON, M. 1995. O setor central da Faixa Ribeira: síntese geológica e ensaio de evolução de geotectônica. Dept. Geologia/ UERJ. 110p.
- MACHADO, N.; VALLADARES, C.; HEILBRON, M. & VALERIANO, C. 1996. U-PB geochronology of the central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazil. Precambrian Research, 79:347-361.
- MEIS, M.R.M. & MOURA, J.R.S. 1984. 'Upper quaternary sedimentation and hillslope evolution: Southeastern Brazilian Plateau'. American Journal of Science, 284, p.241-254.
- MIRANDA, J.C. 1992. Intercepção das Chuvas pela Vegetação Florestal e Serrapilheira nas encostas do Maciço de Tijuca: Parque Nacional de Tijuca, RJ. Tese de Mestrado. IGEO/ UFRJ, 100p.
- NUNES, V.M; CASTRO JR. E. e COELHO NETTO, A. L. 1991. Bioporosidade e infiltração em solos florestados: o papel da fauna endopedônica. Anais IV Simp. Geogr. Fis. Aplic., Porto Alegre..
- OLIVEIRA, R. R. 1995. Roça Caiçara: um sistema primitivo auto sustentável. Ciência Hoje, 18 (104): 44-51.
- ROCHA LEÃO, O.M.; BALESSENT, F.C.; CRUZ, E.S. & COELHO NETTO, A.L. 1995. Revegetação induzida no controle da hidrologia e erosão de solos. Anais do VI de Geogr. Fis. e Aplic., Goiânia.
- SILLITOE, P. 1995. Fallows and fertility under subsistence cultivation in the Papua New Guinea Highlands: I Fallow Successions. Singapore Journal of Tropical Geography, Vol. 16,(1): 82-100.