



DINÂMICA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUARI – SALVADOR – BA.

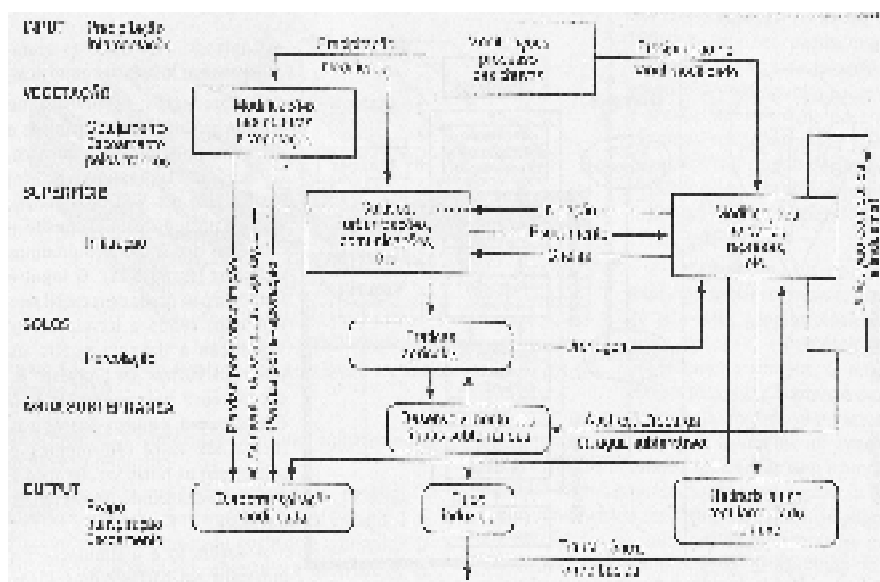
¹Jémison Mattos dos Santos – Universidade Estadual da Bahia – UNEB (jemsson@ufba.br).

²Creuza Santos Lage – Universidade Federal da Bahia – UFBA (creulage@ufba.br)

Palavras-chaves: águas superficiais; dinâmica fluvial; geomorfologia.

O presente estudo integra parte do projeto de pesquisa desenvolvido no LEAGET-UFBA, referente ao estudo de bacias hidrográficas urbanas, onde selecionou-se a Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari que está compreendida entre os paralelos de 12° 53' 07" e 12° 50' 37' de latitude Sul e os meridianos de 38° 29' 22, 6" e 38° 27' 30,4" de longitude Oeste de Greenwich. A bacia hidrográfica em foco pertence inteiramente ao município de Salvador (Estado da Bahia). Uma área situada no Periurbano Ferroviário, na Costa Oeste do município inserida entre os bairros de Periperi, Coutos e Praia Grande. Buscou-se analisar a dinâmica das águas superficiais a partir de uma abordagem geomorfológica, bem como diagnosticar as principais repercussões ambientais, na perspectiva de subsidiar o planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas urbanas.

O ciclo hidrológico é representado pelos mecanismos de transferência contínua da água existente na Terra. Logo, no estudo das águas superficiais em bacias hidrográficas o entendimento desse ciclo é fundamental, uma vez que os fluxos contínuos de matéria e energia determinam a dinâmica do ambiente. “A cobertura vegetal, a superfície topográfica, os solos e os aquíferos subterrâneos são os elementos componentes, enquanto que a precipitação responde pelos inputs e os demais processos como a evapotranspiração, fluxos induzidos e as transferências interbacias respondem pelo outputs” (CHRISTOFOLETTI, 1999) (Fig. 01).



Fonte: Christofoletti, 2000.

¹ Professor da Universidade Estadual da Bahia - UNEB - Campus VI. Mestre em Geoquímica e Meio Ambiente. Pesquisador do Laboratório de Estudos Ambientais e Gestão do Território - LEAGET - Departamento de Geografia da Universidade Federal da Bahia – UFBA. E.mail: jemison@uneb.br ². Profa. Dra. do Departamento de Geografia da UFBA. Coordenadora do LEAGET.



FIG. 01 - Modelo caracterizando o ciclo hidrológico em bacias hidrográficas, assinalando os fluxos e armazenagens e identificando influências artificiais conforme (LEWIN, 1995).

Como resultante dos eventos tectônicos Quaternários que afetaram o "horst" da Cidade do Salvador, as terras do município são drenadas por diversas bacias hidrográficas distribuídas em duas vertentes principais, onde a falha de Salvador, com orientação N - NE, funciona como interflúvio conduzindo as águas para a Baía de Todos os Santos e para o Oceano Atlântico.

A vertente da Baía de Todos os Santos possui poucas linhas de drenagens onde se destacam os riachos Pirajá, Paraguari, Cotegipe, Macaco e o Rio do Cobre que atravessam o subúrbio ferroviário da cidade. Este último forma a principal bacia da vertente drenando duas importantes áreas de preservação; o Parque São Bartolomeu e o Parque Histórico de Pirajá. Suas águas são utilizadas para fins de abastecimento de uma parte do subúrbio ferroviário, através do sistema composto por barragem de captação e estação de tratamento (ABREU, 2000).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari (BHRP) está regionalmente inserida na vertente que deságua na Baía de Todos os Santos, especificamente, entre as localidades de Periperi, Alto de Coutos e Praia Grande, sendo denominada, também, Bacia de Periperi, estando enquadrada na Região Administrativa da Águas do Recôncavo Norte.

O Paraguari rio principal da bacia, tem sua nascente principal situada nos contrafortes da reserva florestal do Cobre, a sudeste da bacia, a uma altitude de 90 metros aproximadamente, formada em aquífero livre nos sedimentos do Grupo Barreiras. Com nítido controle estrutural, instalando-se em vale encaixado de forma alongada e estreita coalescendo em uma ampla bacia de captação, traçando uma direção para SE até desembocar na Baía de Todos os Santos.

A rede de drenagem² da BHRP se instalou inicialmente em rochas sedimentares do Grupo Barreiras, esculpando um padrão dendrítico com densidade hidrográfica assumindo o valor de 1,66 rios/km², apresentando 09 canais de 1ª ordem e a 3ª ordem para o canal principal. A referida bacia³ possui um perímetro de aproximadamente 11,17 km e, o comprimento total da rede (L) é igual a 10 km. O índice de forma (K) calculado é igual a 1,3, ou seja, corresponde a uma bacia de forma quadrada (condicionante físico-natural do estado de resposta da bacia em relação ao escoamento de águas pluviais) e com fator de forma (Kf) igual a 0,47 km²/km. Para o coeficiente de compacidade (Kc) obteve-se valor igual 1,3 km/km². No que se refere à extensão do percurso superficial (Eps) e o coeficiente de manutenção (Cm), respectivamente, obteve-se valores de 0,54 km/km² e 540m²/m. Constata-se, através da análise areal da BHRP, também, uma

² É importante salientar que, o desenvolvimento das paisagens morfológicas em pequenas bacias hidrográficas é condicionado, principalmente, pela dinâmica de vertentes. Logo, o estudo morfométrico não deve ser utilizado como parâmetro fundamental para análise da evolução do relevo.

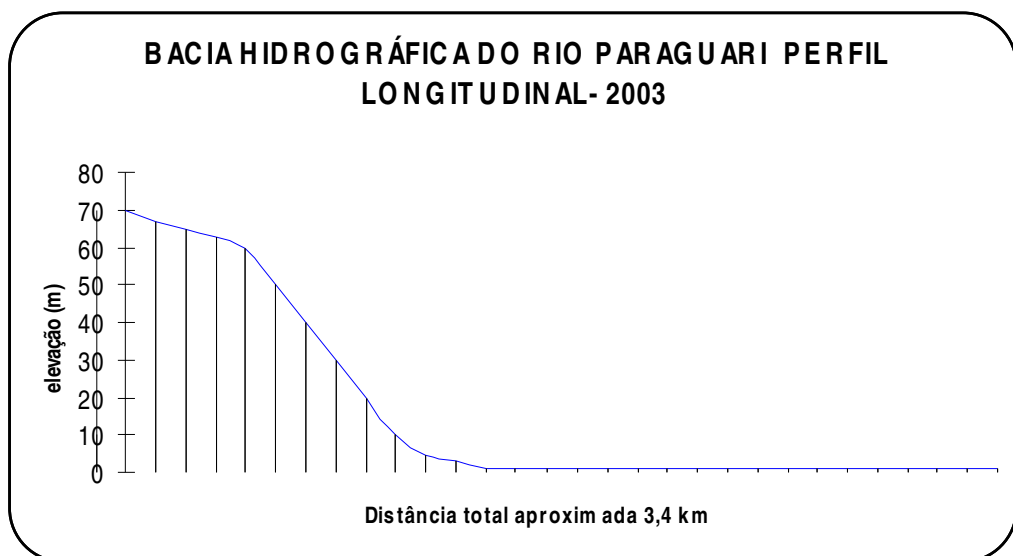
³ Os cálculos da análise morfométrica foram elaborados sobre o mapa topográfico (meio analógico - 1:12.500), visando a obtenção de uma maior precisão.



densidade de drenagem da ordem de $1,85 \text{ km/km}^2$. O rio principal da BHRP, possui um comprimento total de 3,4 km e declividade do álveo de 20,58 (m/m) (Fig. 02).

Na natureza dinâmica da bacia hidrográfica, a densidade de drenagem possui funções distintas: a) é resposta aos controles exercidos pelo clima, vegetação, litologia e outros característicos da área drenada; b) é fator influenciando o escoamento e o transporte sedimentar na bacia de drenagem. Desde que atinja o equilíbrio com as condições ambientais, a rede de canais torna-se variável independente do tempo, mas pode sofrer alterações rápidas em virtude das modificações ocasionadas no fornecimento de matéria e energia ao sistema. (...) pode-se tornar variável sensível às mudanças climáticas ou antrópicas em curtos períodos de tempo (CHRISTOFOLETTI, 1979).

FIG. 02



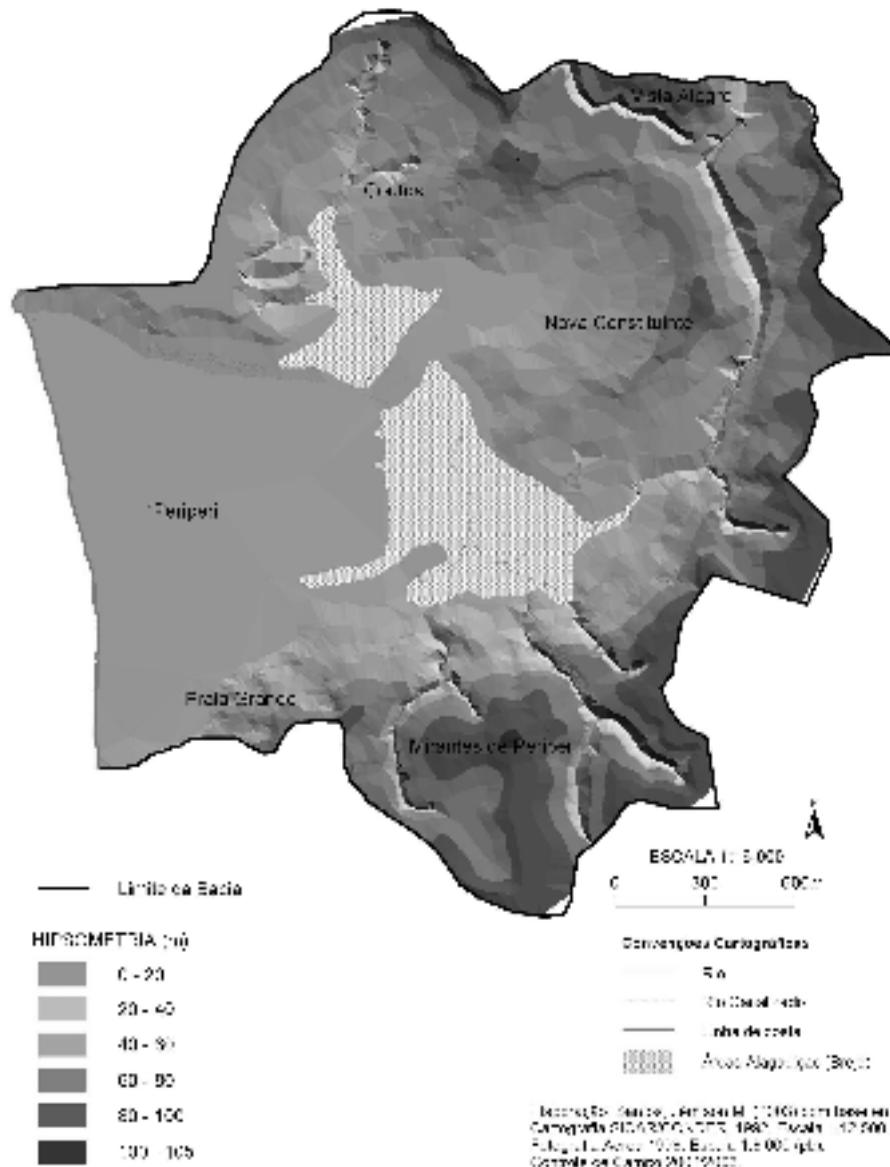
Elaborado: SANTOS, Jémison. M. dos, 2003.

A BHRP apresenta uma declividade média (l) igual a 1,7% ou 6,1°. A curva hipsométrica de uma bacia representa com fidelidade o retrato de sua elevação, pois expressa a percentagem de superfície da bacia mais alta em relação a uma dada altitude. Segundo Strahler (1952), a curva hipsométrica é o reflexo do estado de equilíbrio dinâmico potencial da bacia.

As variações da altitude no interior de uma bacia, assim como a elevação média é um dado fundamental para a análise morfológica, bem como para o estudo da temperatura e da precipitação (Fig.25).



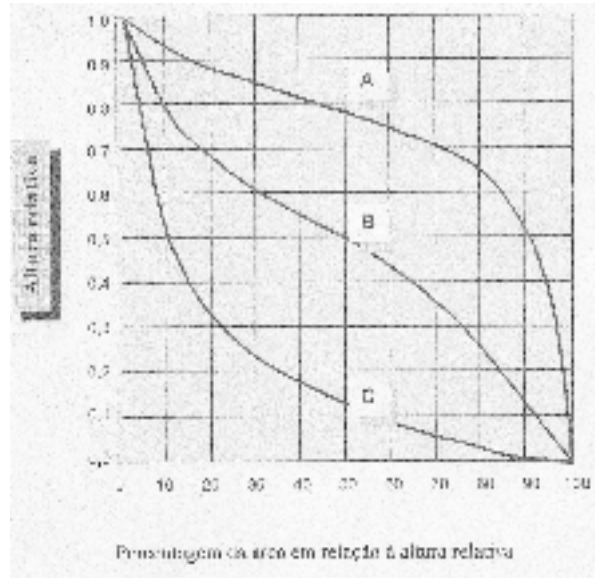
FIG. 25 - HIPSOMETRIA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUARI
SALVADOR - BA



A figura 04 apresenta três curvas hipsométricas correspondentes a três bacias hidrográficas que possuem potenciais evolutivos distintos. Torres (2000) afirma que, 'la curva hipsométrica varía según el estado geológico de desarrollo de la cuenca de drenaje,



permitindo comparar cuencas y determinados atributos adimensionales, así como el estado de desarrollo de la erosión en una cuenca”.



Fonte: Apostila Didática do Curso de Hidrologia, 2002.

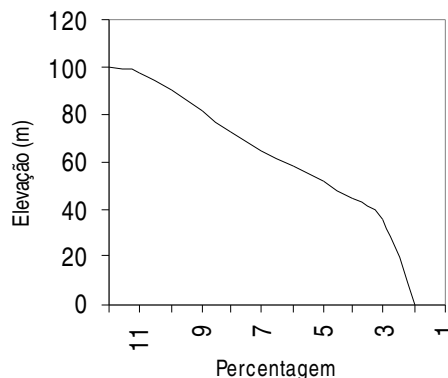
Fig- 04. Curvas hipsométricas/características do ciclo de erosão

A curva A superior, da figura 04 acima, se assemelha à curva hipsométrica da BHRP indicando fase de desequilíbrio/juventude e, também, caracterizando uma bacia hidrográfica com elevado potencial erosivo (Fig.05); a curva B intermediária (fase de equilíbrio/maturidade) é representativa de uma bacia em equilíbrio; a curva C inferior (fase de monadock/velhice) é característica de bacias sedimentares.

FIG. 05



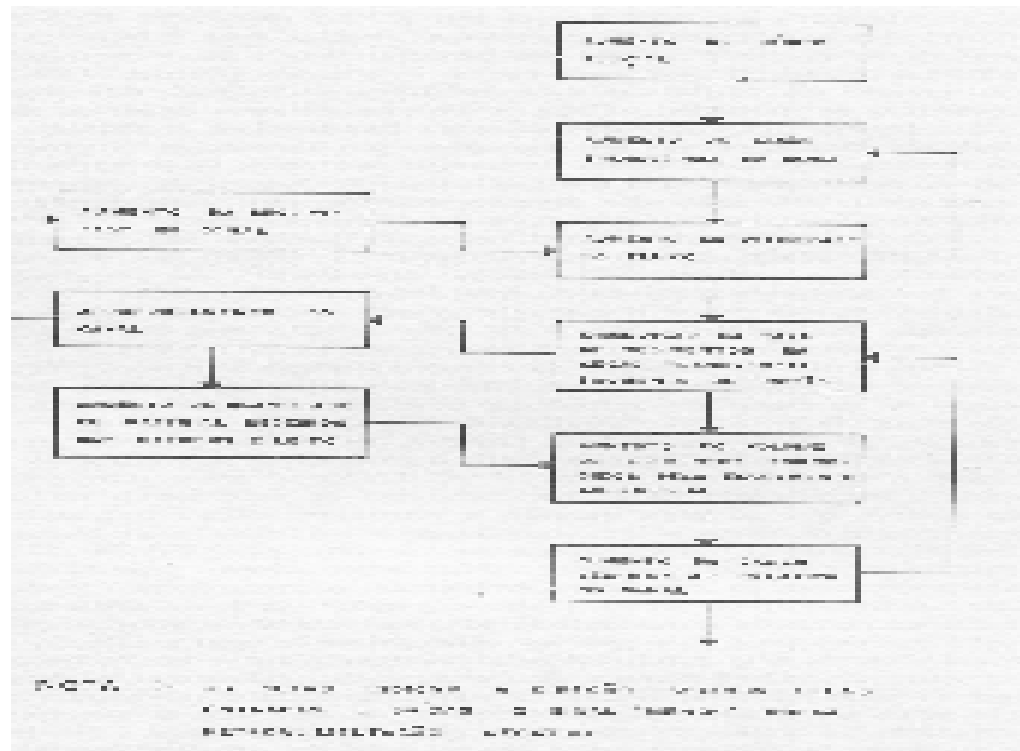
**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUARI
CURVA HIPSOMÉTRICA - 2003**



Elaborado: SANTOS, Jémison. M. dos, 2003.

No que tange aos aspectos morfológicos, o sistema fluvial da BHRP apresenta extrema fragilidade que repercute no seu equilíbrio dinâmico, tornando-o suscetível as alterações ambientais que se dão, respectivamente, direta ou indiretamente através de intervenções humanas efetivas, a exemplo de obras hidráulicas (retificação de canais) e ocupação urbana em áreas da planície fluvial (aterramentos). Ambas antropizações modificam a morfologia dos canais e produzem desajustamento do sistema.

(...) as alterações no comportamento natural dos canais fluviais influencia, os processos que se registram nas encostas. Obras de acentuado entalhe e aprofundamento dos leitos, no sentido de reduzir a ocorrência de enchentes, são exemplos que alteram o nível de base local, gera a retomada progressiva nas encostas e a conseqüente formação de ravinas e voçorocas (GUERRA, 1996), (Fig.06).



Fonte: extraído de Christofolletti,1979.

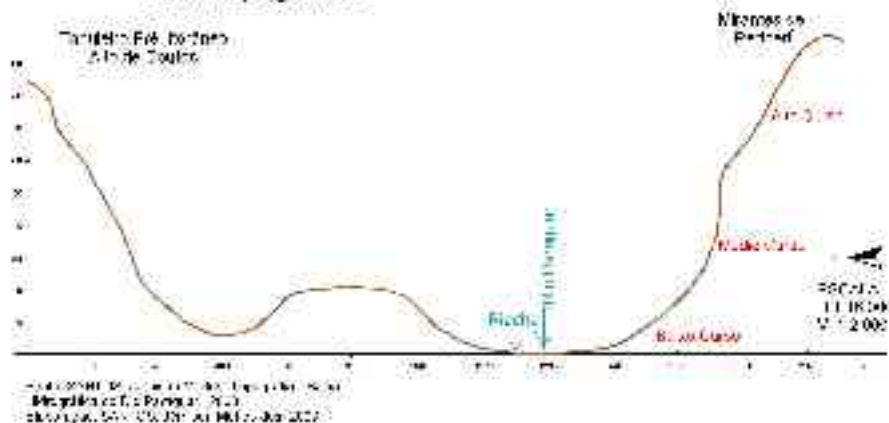
FIG. 06 - Descrição do sistema canal fluvial, considerando as influências da mudança do débito fluvial nas variáveis de fluxo.

O alto curso da BHRP caracteriza-se por planos dissecados em formas convexas, constituindo os divisores curtos e mais ou menos profundamente entalhados em morros, lombadas ou colinas. No médio curso observa-se um planalto rebaixado por erosão com um patamar colinoso, constituído de vales poucos profundos e uma escarpa de falha encoberta ao Sul, coincidindo com o vale do Rio Paraguari, indicada através da acentuada ruptura de declive ao longo da Estrada Velha de Periperi.

No baixo curso tem-se uma planície extensa formada por um vale muito alargado e enorme área brejosa que se reduz drasticamente ao longo dos anos; onde o Rio Paraguari desloca-se sinuosamente até desembocar na Baía de Todos os Santos, numa área privativa conhecida popularmente como oficina da Leste - RFSSA ou Fazendinha. (Fig. 29).



FIG. 29 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari.
Perfil Topográfico



A planície fluvial se distribui por uma faixa expressiva da bacia, ao longo dos canais que a drenam, apresenta forma alongada, seguindo os vales, com largura variável em função da importância dos cursos de água. A planície coalesce com os terraços baixos, onde se verifica a sinuosidade do Rio Paraguari. Essas áreas apresentam problemas de inundação; em alguns trechos a inundação é permanente, em outros é periódica, condicionada aos períodos das cheias e apresentando excedente de água quase durante o ano todo.

A dinâmica fluvial é resultante do tipo de regime dos cursos d'água, com cheias rápidas, provocando o extravasamento na margem côncava dos mesmos.

Os afluentes do Rio Paraguari localizados ao S e SE da bacia, em destaque, são caracterizados por entalharem seus cursos em áreas de maior declividade e, correrem sobre sedimentos do Grupo Barreiras e do Embasamento Cristalino alterado. Já os afluentes localizados ao N e NE deslocam-se em maior extensão sobre sedimentos da Bacia do Recôncavo, em terrenos colinosos que denunciam um estado de degradação ambiental mais intensa, devido ao elevado grau de antropização da área, condicionado, principalmente, pela morfologia do terreno que facilita a ocupação urbana.

As vertentes ao Sul da BHRP dispõem-se em forma alongada, delineando um arco voltado, predominantemente, para Noroeste e Norte. A área se caracteriza por um relevo muito dissecado, de encostas convexas e côncavas com declividades superiores a 27° em alguns setores, bem como trechos de encostas ravinadas com declives variando entre 14° e 27°. Ao norte, visualiza-se interflúvios mais alargados, com vertentes mais suaves conformando vales largos, em forma de U, marcando declividades que variam, predominantemente, entre 7° e 14°. Verifica-se que, alguns trechos das encostas em toda



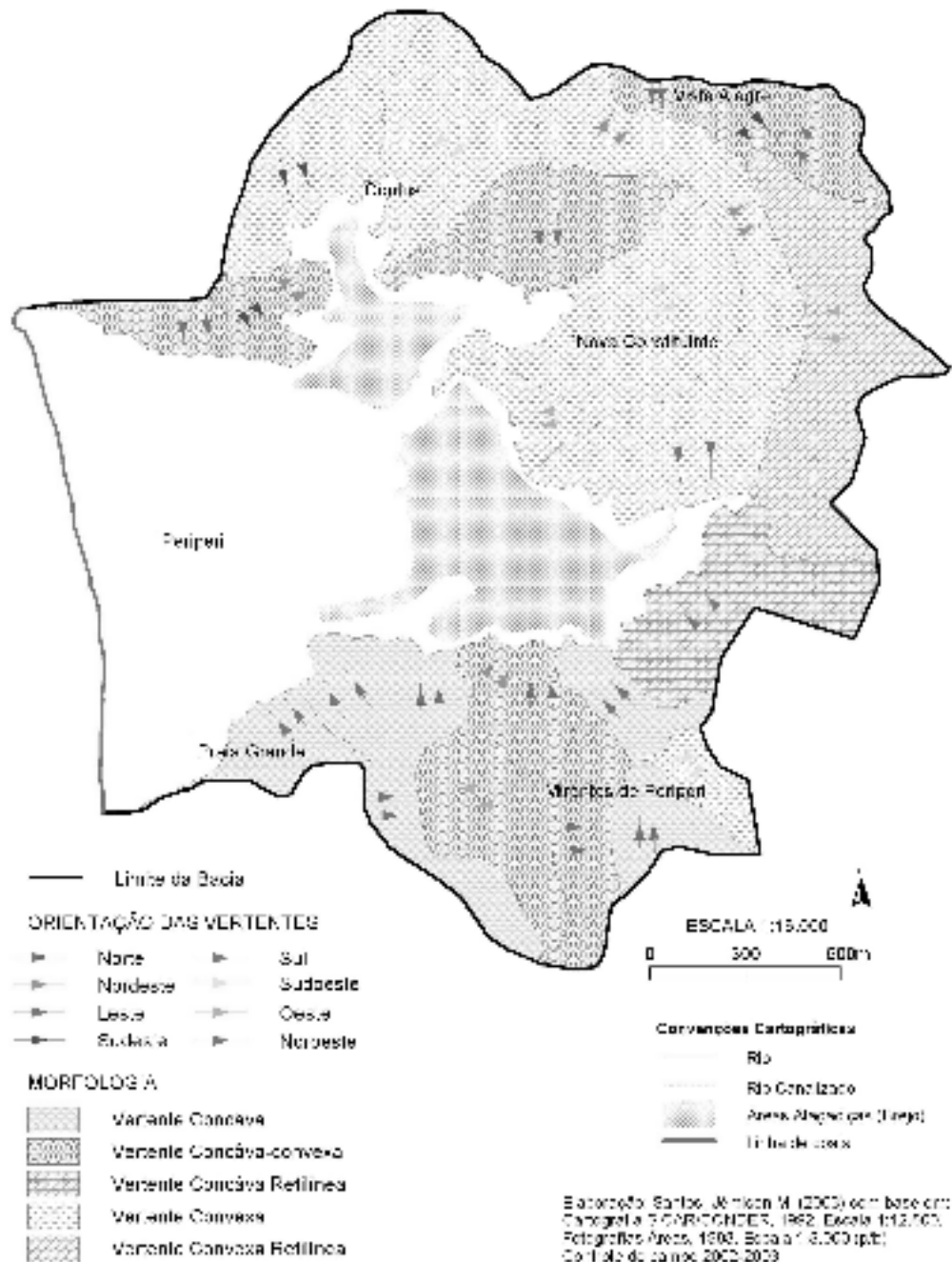
a área da bacia apresentam declividade elevada, acima de 27°, delineadas mais expressivamente ao sul (Fig. 30).

Devido à intensa dissecação do relevo e a natureza friável dos sedimentos, o ambiente é caracterizado como instável, podendo sofrer maiores desequilíbrios se o manejo não for adequado. Os riscos potenciais de erosão e, conseqüentemente, o assoreamento do Rio Paraguari conduziria a acentuação das enchentes e nível de vazantes, causando prejuízos expressivos para a população situada próximo ao canal fluvial principal, bem como nos setores topograficamente menos elevados da bacia.

A manutenção do equilíbrio ecológico na BHRP é complexo, devido às particularidades do modelado e das características pedológicas, especialmente, nas áreas ao sul e sudeste, que são predispostas à ocorrência de processos erosivos, bem como devido à espontaneidade da ocupação humana em áreas de extrema fragilidade ambiental associado ao elevado grau de antropização. Em alguns setores da bacia a exemplo das cabeceiras de drenagens (*headcuts*), contata-se o uso e ocupação indevida do solo através de construções de moradias. Nesses setores a erosão tende a aumentar, já que a urbanização espontânea ocasiona a retirada da vegetação induzindo a instalação dos processos de erosão acelerada por mobilização de terras.



FIG. 30 - MORFOLOGIA E ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES
 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUARI
 SALVADOR - BA





A degradação ambiental da BHRP é definida, principalmente, por intervenções sociais instaladas nos diversos subsistemas ambientais, que paulatinamente vem repercutindo na perda da qualidade ambiental (Foto 01).



**Foto 01 - Ocupação espontânea instalada em área de *nascentes* (*headcuts*),
no Conjunto Residencial Vista Alegre.**

Um aspecto importante a ser salientado refere-se a evidencia de erosão intensa na Estrada Velha de Periperi, pois a forte concentração do caudal pluvial, originada das precipitações e amplificada pelo efeito da gravidade, provoca o desgaste lateral da via e induz a formação de sulcos no seu leito, bem como o solapamento basal. Nos períodos de precipitação elevada (junho a agosto) o material transportado das vertentes é depositado ao longo da estrada, causando sérios transtornos para a população local e, conseqüentemente, aumentando o risco de acidentes.

Observa-se que, a ausência de infra-estrutura rodoviária associada aos fatores físicos-naturais e sociais tem permitido a acentuação dos efeitos erosivos na vias que cortam a Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari. Em todo o trecho da Estrada Velha não se verifica a presença de canaletas de escoamento de águas pluviais, bem como a presença de bueiros e valas. Além disso, a via foi implantada numa ruptura de declive em terrenos com predisposição erosiva, possibilitando a formação de processos de erosão acelerada. Em função da supressão da vegetação nota-se que cortes e aterros rompem o perfil de equilíbrio das vertentes, podendo, “naturalmente” ocasionar movimentos de massa.

Os taludes de corte ao longo da Estrada Velha de Periperi imprimiram uma maior declividade das vertentes e abriram caminho para a instalação dos processos erosivos, pois a exposição das mesmas ao intenso fluxo de radiação solar anualmente (insolação); em detrimento da ausência de cobertura e somado a compactação insatisfatória, tem facilitado a infiltração das águas e, conseqüentemente, a desestruturação e remoção de parte do material pedogeneizado.

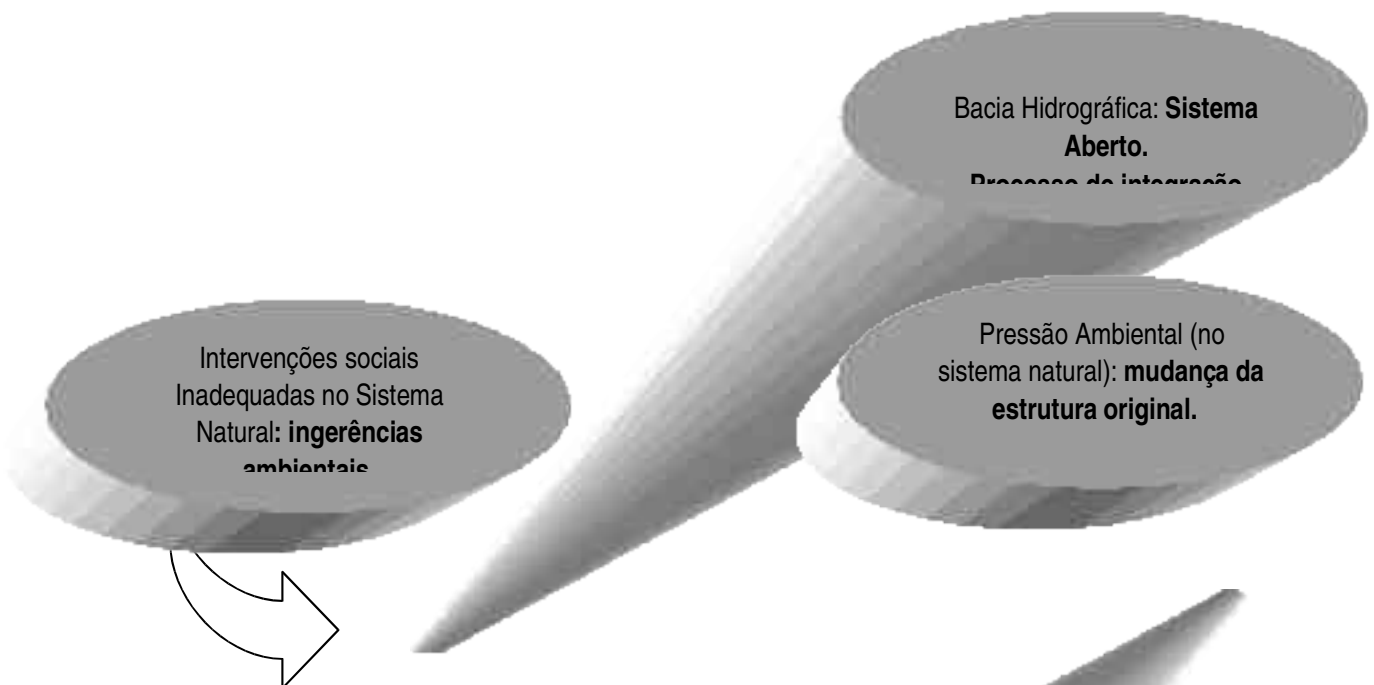
Os danos decorrentes de chuvas intensas são evitados quando os canais e estruturas complementares são construídos ao mesmo tempo



em que a rodovia. Estas estruturas compreendem canais interceptores, canais de plataforma, canais pé-de-talude, banquetas, caixas de queda e dissipadores de energia, todos adequadamente protegidos para evitar danos às fundações (BIGARRELLA & MAZUCHOWSKI, 1985).

As intervenções sociais inadequadas em bacias hidrográficas, ou seja, as ingerências ambientais (urbanização, mineração, atividades agropecuárias e industriais, dentre outras.) têm provocado uma série de desequilíbrios nos subsistemas: ar, água e solo, conseqüentemente, produzindo alterações ambientais negativas, tais como: poluição do ar (redução da capacidade de fotossíntese), perda capacidade biológica de autodepuração das águas, empobrecimento dos solos, diminuição da variedade de espécies vegetais, dentre outros. Tem-se, então uma relação de causa-efeito, na qual essas intervenções sociais podem ocasionar o aumento da pressão ambiental⁴ sobre o sistema natural, podendo conduzi-lo a mudar (transformar) sua estrutura original para um nível de maior complexidade, resultando no desenvolvimento de um “novo processo” de integração dos subsistemas (fator de adaptabilidade), visando evitar o colapso ambiental, ou seja, as condições de bloqueio do sistema - bacia hidrográfica, a exemplo da BHRP (Fig. 08).

FIG. 08 - INTERVENÇÕES SOCIAIS E O DESEQUILÍBRIO NO SISTEMA NATURAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS



⁴ Pressão ambiental é entendida como as manifestações perturbadoras que podem causar desequilíbrio em um dado sistema ambiental.



Nota-se que, os canais naturais circunscritos à rua Azevedo Machado (localidade de Periperi) estão sendo intensamente poluídos por contribuições domésticas. As vertentes pouco extensas dessa referida área estão sendo desmatadas e ocupadas por moradias precárias (barracos de plástico e madeira), ativando processos de erosão laminar forte e produzindo o entulhamento do estreito e raso canal fluvial, bem como inumando alguns olhos d'água (área de nascentes), conseqüentemente, modificando o fluxo hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari. Observa-se também a persistência desse fenômeno supracitado, em toda extensão da bacia (Fotos 02 e 03).



Foto 02 - Desmatamento nas vertentes, entulhamento do vale em V e assoreamento do canal fluvial.

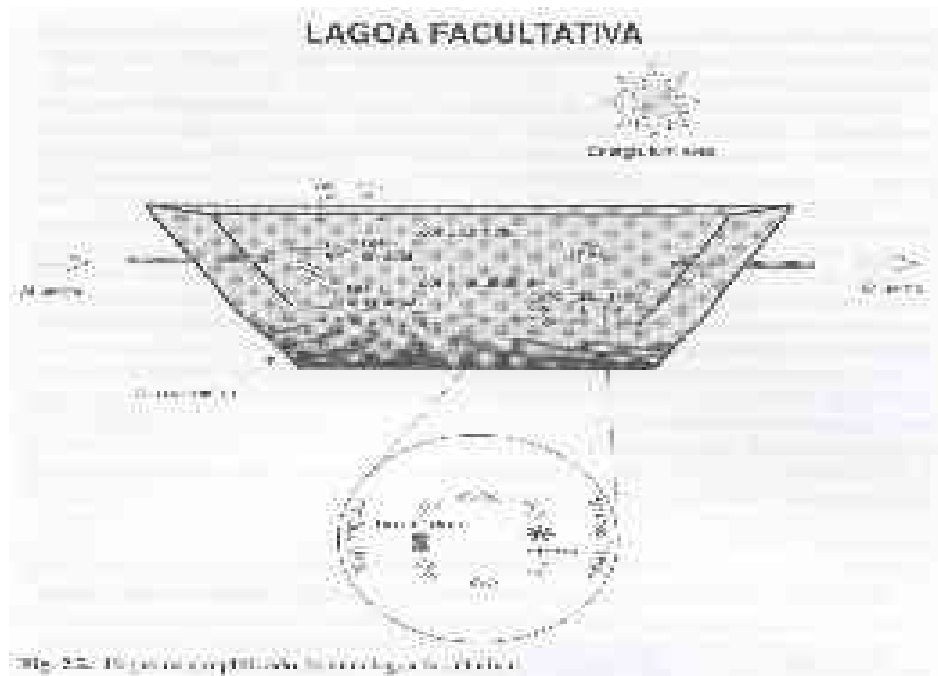


Foto 03 - Área de nascentes degradada - olhos d' água aterrados.



De maneira geral, os corpos d'água têm uma capacidade de assimilação de despejos líquidos que, se não ultrapassada, permite a harmonização de usos aparentemente conflitantes, a exemplo do abastecimento urbano e a recepção de efluentes. Logo, o gerenciamento ambiental do recurso de água doce deve orientar-se, no estudo da capacidade de autodepuração do corpo d'água receptor das águas servidas, bem como no conhecimento do diversos usos e distribuição da mesma, em uma dada bacia hidrográfica.

Durante o levantamento de campo constata-se que, possivelmente uma das fontes principais de poluição das águas superficiais do Rio principal, localiza-se no Conjunto Habitacional denominado Vista Alegre, numa área de confluência de dois canais fluviais de 1ª ordem que correm dentro dessa localidade (estes canais possuem um pequeno trecho canalizado e bastante poluído). As águas servidas do referido conjunto habitacional são destinadas para um tratamento primário (lagoa de estabilização aerada facultativa⁵) e, posteriormente, são despejadas no sistema fluvial até encontrar o canal do Rio Paraguari. Evidencia-se que, esse aporte diário de efluentes líquidos é elevado e o sistema fluvial não possui condições naturais de diluir (capacidade de assimilar) o lançamento da carga poluidora, o que torna as águas inaproveitáveis para usos nobres como o abastecimento domiciliar, preservação da fauna e flora, recreação, lazer e dessedentação dos animais. Além disso, a má qualidade desse corpo d'água torna-se um elemento indutor de doenças de veiculação hídrica, que tem afetado ano após ano a população local (Fig. 09 e Foto 04).



Fonte: MARCOS, V. S. Lagoa de Estabilização, 1996.

⁵ O sistema de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento dos esgotos, tendo como objetivo principal a remoção da matéria carbonácea (ex: lagoas facultativas) e patogênicos (ex: lagoas de maturação). Maiores informações vide: MARCOS, Von Sperling. Lagoas de estabilização. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996, 140p.



FIG. 09 - Lagoa de estabilização



Foto 04 - Carga elevada de poluentes nas águas do médio curso do Rio Paraguari.

Coloração cinza-esverdeada e com expressiva concentração de espumas.

Constata-se que, 70% do total das fontes visitadas durante o trabalho de campo encontram-se com suas águas impróprias para o consumo humano, ou seja, água poluída. Na localidade denominada Alto de Coutos, especificamente, na rua Moisés Aleixo, antiga área de nascentes, verifica-se, no local a presença de uma fonte natural conhecida pelos moradores como Fonte “Grande ou Verde”, que está bastante poluída devido ao uso inadequado do recurso, bem como ao adensamento populacional. Mas, segundo depoimento de moradores locais “a fonte é bastante utilizada para o banho e lavagem de roupas”, fato esse que se constitui num ambiente insalubre para a população local, pois o uso dessa água pode ocasionar a proliferação de doenças (Foto 05).





Foto 05 - Fonte Verde - local intensamente degradado por descarte de resíduos sólidos e efluentes domésticos.

É importante salientar que todo e qualquer lançamento de efluentes líquidos nos canais naturais deve ser feito de maneira criteriosa, sendo analisado o rol de efeitos que orientam para a minimização da carga poluidora e, também os efeitos correlatos aos demais usos da água a jusante da fonte principal de geração da poluição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABREU, R. M. de. Qualidade e Gestão Ambiental na Bacia do Jaguaribe- Ba. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2000.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.

_____, A Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.

_____, A Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____, A. Modelagem de sistemas ambientais. Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 1999.

_____, A. In: Complexidade e Auto-Organização Aplicadas em Estudos Sobre Paisagens Morfológicas Fluviais: Anais do II Congresso Nacional de Meio Ambiente. 2000.

BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. Curitiba. PR. Associação de defesa e educação ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. Apresentado ao 3º Simpósio de controle de erosão. Maringá. PR. 1985. 329 p.

_____(Organizadores). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Ed. Bertrand Brasil. 458 p. RJ. 1994.

_____(Organizadores). Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações. Ed. Bertrand Brasil. 343 p. RJ. 1996.

MARCOS, Von Sperling. Lagoas de estabilização. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996, 140p.

