



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciência

Faculdade de Engenharia

Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

**Bacia hidrográfica do rio das Ostras:
proposta para gestão ambiental sustentável**

Rio de Janeiro

2007

Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

**Bacia hidrográfica do Rio das Ostras:
proposta para gestão ambiental sustentável**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Área de concentração: Saneamento ambiental

Orientador: Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni

Co-orientador: Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes

Rio de Janeiro

2007

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CTC/B

P958 Prioste, Mauro Alexandre de Oliveira.
Bacia hidrográfica do Rio das Ostras: proposta para
gestão ambiental sustentável. / Mauro Alexandre de Oliveira
Prioste. – 2007.
175f. : il.

Orientador: Adacto Benedicto Ottoni
Co-orientador: Júlio Domingos Nunes Fortes.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado
do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.
Bibliografia: 156.

1. Bacia hidrográfica – Aspectos ambientais.
2. Gestão ambiental. I. Ottoni, Adacto Benedicto.
II. Fortes, Júlio Domingos Nunes. III. Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 556.51

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação

Assinatura

Data

Mauro Alexandre de Oliveira Prioste

**Bacia hidrográfica do rio das Ostras:
proposta para gestão ambiental sustentável**

Dissertação apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre, ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Área de concentração: Saneamento ambiental

Aprovada em 13 fev. 2009

Banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Adacto Benedicto Ottoni - UERJ

Co-orientador: Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes – UERJ

Prof. Dr^a. Rosa Maria Formiga Johnsson - UERJ

Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque - UERJ

Prof. Dr. Elmo da Silva Amador - UFRJ

Rio de Janeiro

2007

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à memória de meu avô ALBERTO MARQUES DE OLIVEIRA, quem me ensinou a importância da simplicidade da natureza no dia-a-dia de um ser humano feliz.

AGRADECIMENTOS

Aos meus PAIS, que têm sido incansáveis na comemoração de minhas vitórias pessoais, e a quem agradeço a oportunidade da minha educação.

Ao DOUGLAS LACERDA, que agüentou os momentos de stress e de entusiasmo que a pesquisa me impôs. Ao meu ORIENTADOR, que me apresentou a tarefa divina da preservação do meio ambiente, através da exemplificação de Moisés:

(DEUT.: cap.8, vs.7) citando que recebemos

“(...) uma boa terra, terra de ribeira d’água, de fontes e de abismos, que saem dos vales e das montanhas(...)” em nossa primeira aula.

Ao meu CO-ORIENTADOR, que me ensinou que a disciplina na pesquisa e a fidelidade à metodologia são a chave da contribuição para a ciência.

Aos HABITANTES da região hidrográfica do rio das Ostras, que merecem todo o meu respeito e dedicação.

Na natureza nada se perde, tudo se transforma.

Antoine Lavoisier

RESUMO

PRIOSTE, Mauro Alexandre de Oliveira. *Bacia hidrográfica do rio das Ostras: proposta para gestão ambiental sustentável 2007*. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Este trabalho apresenta uma análise ambiental do rio das Ostras através do levantamento das características físicas, bióticas e antrópicas da macrorregião onde está localizada a bacia hidrográfica, que tomada como unidade de planejamento de uso e ocupação do solo, permite a elaboração de diversos instrumentos de gestão capazes de valorizar os ecossistemas existentes, resultando em políticas públicas com uma visão sócio ambiental. Apesar de as bacias hidrográficas apresentarem gestão com base legal estadual e federal, os maiores conflitos de ocupação ocorrem nos municípios e são capazes de gerar impactos ambientais locais, cuja responsabilidade de mitigação e compensação passam pela administração municipal. A bacia hidrográfica do rio das Ostras está, quase que integralmente, situada no município de mesmo nome, no Estado do Rio de Janeiro. As características analisadas neste trabalho apontaram a necessidade de elaboração de um Plano de Gestão na bacia visando a preservação dos ecossistemas ali existentes, promovendo ações de educação ambiental, programas de redução de poluição, monitoramento da qualidade da água e das condições hidrosanitárias, controle de erosão e assoreamentos, recuperação da vegetação ciliar, manutenção da diversidade ecológica, resultando, assim, na melhoria global das condições sócio ambientais da região.

Palavras-Chave: Rio das Ostras. Bacia hidrográfica. Plano de gestão. Uso do solo.

ABSTRACT

This dissertation presents an environmental analysis of the Ostras River Basin through surveys of physical, biological and anthropomorphic characteristics of the macroregion where the basin is located. The river basin was used as the base area for use management and ground occupation, allowing the elaboration of diverse assessment instruments capable of evaluating existing ecosystems, resulting in community politics with a social vision. Although river basins are under state and federal jurisdiction, the major conflicts in occupation occur in the cities, impacting the local environment, leaving the municipal administration responsible for enforcing pollution reduction and environmental compensation. The Ostras River Basin is almost entirely situated in the city of same name, in the State of Rio de Janeiro. The characteristics analyzed in this dissertation point to the necessity of developing a Management Plan for this basin with the aim of preserving the existing ecosystems: promoting environmental education, developing pollution reduction programs, monitoring water quality and sewage and water conditions, soil and riverbank erosion, promoting recovery of riverbank vegetation, preserving ecological diversity, resulting, thus, in global improvement of the social conditions of the region.

Key words: Ostras River. River basins. Management plan. Land use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo da bacia hidrográfica qualquer.....	6
Figura 2	Individualização de uma bacia hidrográfica qualquer.....	7
Figura 3	Bacia arredondada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme	8
Figura 4	Bacia elíptica e as características do escoamento nela. originado por uma precipitação uniforme.....	8
Figura 5	Bacia ramificada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme.....	9
Figura 6	Curva hipsométrica.....	12
Figura 7	Perfil longitudinal de uma bacia hidrográfica	14
Figura 8	Hidrograma característico de uma bacia hidrográfica.....	16
Figura 9	Ordem dos cursos d'água segundo Horton-Strahler	18
Figura 10	Caracterização da vazão de um rio de acordo com a permeabilidade do solo.....	20
Figura 11	Localização do Município de Rio das Ostras.....	38
Figura 12	Bacia hidrográfica do rio das Ostras.....	39
Figura 13	Sistemas de relevo do Município de Rio das Ostras.....	44
Figura 14	Compartimentos de relevo da bacia hidrográfica do rio das Ostras.....	60
Figura 15	Mapa de compartimentos de solo de Rio das Ostras.....	62
Figura 16	Bacia hidrográfica do rio das Ostras.....	67
Figura 17	Postos de coleta de material para análise da qualidade da água do rio das Ostras.....	76
Figura 18	Mapa de cobertura vegetal e uso do solo.....	78
Figura 19	Mapa urbano de Rio das Ostras.....	90

LISTA DE FOTOS

Foto 1	Limite da REBIO União, a noroeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras.....	79
Foto 2	Área consolidada de Rio das Ostras.....	109
Foto 3	Área de expansão sobre o mangue do rio das Ostras.....	110
Foto 4	Área em torno do Valão das Corujas.....	110
Foto 5	Margem direita e esquerda do rio das Ostras.....	111
Foto 6	Manguezal protegido no rio das Ostras.....	115
Foto 7	Serra Seca e do Pote no divisor de águas da bacia hidrográfica.....	116
Foto 8	Margens direita e esquerda do rio das Ostras, nos limites da malha urbana municipal.....	117
Foto 9	Barra (fz) do rio das Ostras e restinga ao fundo.....	118
Foto 10	Pastagem degradada, apresentado, ao fundo, fragmentos de Floresta Ombrófila Densa.....	124

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Características que influenciam a qualidade da água.....	25
Quadro 2	Abrangência espacial das macro-regiões ambientais.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela de dados para a confecção de uma curva hipsométrica em uma bacia hidrográfica hipotética.....	12
Tabela 2	Participação territorial dos municípios na RH do rio das Ostras.....	40
Tabela 3	Temperaturas médias observadas na região.....	42
Tabela 4	Variação da pluviosidade média.....	42
Tabela 5	Variação sazonal do excedente hídrico.....	43
Tabela 6	Características fisiográficas da bacia do Rio das Ostras.....	70
Tabela 7	Vazões mínimas para 1, 7, 14 e 30 dias consecutivos.....	71
Tabela 8	Vazões mínimas para 1, 7, 14 e 30 dias consecutivos.....	72
Tabela 9	Resultado da análise de qualidade das águas da bacia do rio das Ostras.....	74
Tabela 10	Localização das estações de coleta de estudo preliminar.....	76
Tabela 11	Evolução da população total – 1991/2000.....	87
Tabela 12	Evolução da urbanização 1996-2000.....	88
Tabela 13	Utilização das terras em Rio das Ostras e no Rio de Janeiro.....	88
Tabela 14	Estabelecimentos por grupo de área total.....	89
Tabela 15	Condição do produtor rural.....	89
Tabela 16	Abastecimento de água e esgotamento sanitário.....	94
Tabela 17	Evolução do número de estabelecimentos – 1996/2000.....	98
Tabela 18	Estabelecimentos e pessoal ocupado em Rio das Ostras – 1998.....	99
Tabela 19	Evolução do número de estabelecimentos em Rio das Ostras.....	99
Tabela 20	Evolução dos empregos formais em Rio das Ostras – 1996-2000.....	100
Tabela 21	Consumo e consumidores de energia elétrica – 1999.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AISP – Área Integrada de Segurança Pública
ANA – Agência Nacional de Águas
APP – Área de Preservação Permanente
APS – Área de Produção de Sementes Florestais
Cap. – Capítulo
CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro
CERHi – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPEA – Comissão Permanente de Estudos Ambientais
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DDD – Discagem Direta Domiciliar
DDI – Discagem Direta Internacional
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DECOL – Departamento de Conservação e Limpeza Urbana
DESMA – Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
DEUT – Deuteronômio
DRM – Departamento de Recursos Minerais
EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ECT – Empresa de Correios e Telégrafos
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgotos
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FEN – Faculdade de Engenharia
FMP – Faixa Marginal de Proteção
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGEO – Instituto de Geociências
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
LE – Leste

MMA – Ministério do Meio Ambiente
MRA – Macro Região Ambiental
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego
NE – Nordeste
OD – Oxigênio Dissolvido
OE – Oeste
Pág. – Página
PEAMB – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
PEACS – Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social
pH – Potencial Hidrogeniônico
PMRO – Prefeitura Municipal de Rio das Ostras
PRO – Posto de Polícia Rodoviária Estadual
RA – Reconhecimento Ambiental
RAIS – Relação Anual de Informações Sociais
RJA – Reconhecimento Jurídico Ambiental
RH – Região Hidrográfica
SEMAP – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Agricultura e Pesca
SEMED – Secretaria Municipal de Educação
SEMUSA – Secretaria Municipal de Saúde
SERLA – Fundação Superintendência de Rios e Lagoas
SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SO – Sudoeste
SRH – Secretaria de Recursos Hídricos
UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*
UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNESCO – *United Nations Education, Scientific and Cultural Organization*
Vs. – Versículo
ZEN – Zona Especial de Negócios

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. OBJETIVO.....	2
1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2. JUSTIFICATIVA/RELEVÂNCIA.....	3
1.3. METODOLOGIA.....	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Bacia hidrográfica.....	5
2.1.1. Delimitação da bacia.....	5
2.1.2. Características fisiográficas.....	7
2.1.2.1. Forma da bacia.....	8
2.1.2.2. Relevo.....	11
2.1.2.3. Padrões de drenagem.....	15
2.1.3. Características geomorfológicas.....	19
2.1.4. Transporte de sedimentos.....	21
2.1.5. Características térmicas.....	21
2.1.6. Ocupação e uso do solo.....	22
2.1.7. Qualidade das águas.....	24
2.2. Aspectos legais e institucionais.....	29
2.3. Reconhecimento ambiental e jurídico de uma bacia hidrográfica.....	32
2.4. O meio ambiente e a questão sócio-ambiental.....	34
2.5. Gestão ambiental sustentável.....	35
3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS OSTRAS.....	37
3.1. Meio físico.....	41
3.1.1. Aspectos climáticos.....	41
3.1.2. Aspectos geomorfológicos.....	44
3.1.2.1. Geologia.....	46
3.1.2.2. Relevo.....	47
3.1.2.2.1. Compartimentos de relevo da bacia do rio das Ostras.....	49
3.1.3. Aspectos pedológicos.....	61
3.1.3.1. Mapeamento pedológico da bacia.....	61
3.1.4. Caracterização física da bacia.....	66

3.1.4.1.	Posição geográfica da bacia.....	68
3.1.4.2.	Forma da bacia.....	70
3.1.4.3.	Declividade do rio.....	70
3.1.4.4.	Tempo de concentração.....	70
3.1.4.5.	Regime fluvial.....	71
3.1.4.6.	Outorga.....	72
3.1.4.7.	Disponibilidade hídrica.....	73
3.1.4.8.	Qualidade da água.....	73
3.2.	Meio biótico.....	77
3.2.1.	Cobertura vegetal.....	77
3.2.2.	Fauna.....	83
3.2.2..	Avifauna da bacia hidrográfica do rio das Ostras.....	84
3.2.3.	Ambiente aquático.....	84
3.2.4.	Áreas protegidas.....	85
3.3.	Meio antrópico.....	87
3.3.1.	Evolução da população e da urbanização na bacia.....	87
3.3.2.	Uso e ocupação do solo.....	88
3.3.3.	Educação.....	91
3.3.4.	Saúde.....	91
3.3.5.	Organização social.....	92
3.3.6.	Saneamento básico.....	93
3.3.7.	Aspectos sócio-econômicos.....	97
3.3.8.	Segurança pública.....	101
3.3.9.	Comunicação.....	101
3.3.10.	Infra-estrutura facilitadora da atividade econômica.....	102
4.	ANÁLISE SÓCIO-AMBIENTAL.....	104
4.1.	Geodinâmica da bacia hidrográfica.....	104
4.2.	Limitações ao uso e à ocupação do solo.....	105
4.2.1.	Espaços diferenciados de ocupação do solo.....	106
4.2.1.1.	Eixos viários.....	106

4.2.1.2.	Espaços urbanos.....	108
4.2.1.3.	Espaços rurais.....	112
4.2.1.4.	Espaços de preservação.....	114
4.2.2.	Conflitos de uso e ocupação do solo.....	117
4.3.	Análise dos recursos hídricos.....	118
4.3.1.	A qualidade da água na bacia.....	119
4.3.2.	O uso da água na bacia.....	120
4.3.3.	O uso do solo e seus impactos na bacia.....	121
4.3.4.	Impactos na água da bacia.....	122
4.3.5.	Impactos da retificação da calha do rio das Ostras.....	125
5.	PROPOSTA DE GESTÃO SUSTENTÁVEL.....	127
5.1.	Zoneamento ambiental.....	127
5.1.1.	Áreas de preservação ambiental.....	128
5.1.2.	Áreas de reabilitação ambiental.....	129
5.1.3.	Áreas para uso sustentado.....	131
5.1.4.	Área de ocupação antrópica.....	133
5.2.	Programa de educação ambiental e comunicação social – PEACS.....	135
5.2.1.	Programa de comunicação social.....	136
5.2.2.	Projeto de educação ambiental formal.....	137
5.2.3.	Programa de socialização ambiental.....	139

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas do planeta, a diminuição da camada de ozônio, a emissão excessiva de CO₂ na atmosfera e o aquecimento global são, entre outros, os problemas ambientais globais que têm mantido repercussões nacional, regional e local, nos últimos anos. Estes temas estão em evidência nos dias de hoje, pois atingem, direta ou indiretamente, a qualidade de vida e a saúde ambiental dos seres vivos.

Apesar de todos esses problemas apresentarem influência mundial, essas mudanças possuem a sua origem em um determinado contexto local, e neste caso, atingindo diretamente a municipalidade, que a partir desta evidência, passa a adequar a sua forma de gerenciar o espaço com base no desenvolvimento sócio-ambiental sustentável.

O Município de Rio das Ostras não foge a esta realidade global e, por causa disso, apresenta conflitos locais de extrema relevância no contexto nacional, uma vez que o Município se caracteriza como um dos municípios de maior crescimento econômico do país, motivado pela indústria do petróleo e gás.

No caso do Município de Rio das Ostras, este crescimento tem sua causa pautada, de certa maneira, no recebimento dos *royalties* do petróleo na gestão municipal. Esta receita está cada vez mais visível na administração pública, através da execução de obras de implantação de sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de drenagem pluvial, na pavimentação e manutenção de ruas, na construção de pontes, escolas, hospitais; na reformulação de praças, canteiros, etc.

O uso dos *royalties* não significa, por si só, a aplicação da política de compensação ambiental aos impactos causados pela indústria na região. É preciso que se tome como base o meio ambiente, natural ou construído, como variável no processo de definição de políticas públicas de gerenciamento.

As florestas, as matas, os corpos hídricos, a atmosfera, a fauna, o próprio homem, enfim, são impactados quando da aplicação de uma política ambiental pública mal direcionada, ou composta por itens de pouco conteúdo técnico.

Em Rio das Ostras, conforme o próprio nome do município diz, a ocupação urbana se deu, historicamente, em torno de um recurso hídrico – o rio das Ostras, que mesmo sem estar na competência administrativa do município, passa a ser o contexto básico para implantação de ações administrativas.

De uma forma geral, a definição do contexto estadual ou federal das competências administrativas dos rios tem causado uma certa imparcialidade das administrações municipais nas limitações do uso do solo das bacias hidrográficas. O rio em si não é dessa competência, porém é o município que licencia as atividades poluidoras ao seu redor, sejam elas de baixo ou médio impacto. Além do mais, a tendência de descentralização dos processos de licenciamento ambiental indica que a municipalidade deverá preparar-se para tomar para si cada vez mais responsabilidade e participação no que diz respeito a esse tema.

O fato de a bacia hidrográfica do rio das Ostras estar com 92,5% de sua área dentro dos limites do Município de Rio das Ostras, faz com esta bacia apresente características de ocupação diretamente relacionada às políticas municipais de ocupação e uso do solo (CILSJ, 2007).

Mediante esta realidade, entende-se que o Município de Rio das Ostras deva tomar a bacia hidrográfica do rio das Ostras como contexto básico na criação de uma política sustentável para a sua região. As restrições municipais de gestão ambiental deverão ser pautadas na manutenção e controle da ocupação dessa bacia.

Entendemos, que através da análise dos meios físico, biótico e antrópico da bacia hidrográfica do rio das Ostras, poderemos traçar um perfil da sociedade que a ocupa, identificando suas demandas, seus conflitos e sua dinâmica, na tentativa de orientar a elaboração de um conjunto viável de políticas públicas ambientais para o Município.

1.1. OBJETIVO

O estudo ambiental apresentado tem como objetivo geral a elaboração de uma proposta de Plano de Gestão Ambiental Sustentável para a bacia hidrográfica do rio das Ostras, com a função de oferecer a Prefeitura Municipal de Rio das Ostras (PMRO), através da Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Pesca (SEMAP) e a Comissão Permanente de Estudos Ambientais (CPEA), elementos para conhecimento, discussão, detalhamento e implementação de uma política de ação conjunta e integrada do poder público e da sociedade civil organizada, que observe as condições macro-ambientais necessárias a promover qualidade de vida, tomando por base a sustentabilidade ambiental do território em apreço.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A análise sócio-ambiental da bacia hidrográfica do rio das Ostras tem como objetivos específicos os seguintes pontos:

- analisar a legislação referente aos recursos hídricos nos âmbitos federal e estadual, com influência na bacia;
- caracterizar os meios físico, biótico e antrópico da bacia;
- realizar um inventário do uso da água na bacia;
- realizar a análise sócio-ambiental da bacia, apresentando sua geodinâmica e respectivos uso e ocupação do solo, identificando possíveis conflitos e os impactos decorrentes desse uso; e
- propor uma gestão sustentável através de um modelo de zoneamento ambiental, capaz de ultrapassar os limites físicos ambientais e objetivar a visão social do ambiente, usando programas de socialização e regeneração sanitária.

1.3. JUSTIFICATIVA/RELEVÂNCIA

O Município de Rio das Ostras nas duas últimas décadas tem apresentado uma característica marcante no que tange ao crescimento demográfico. Os dados referentes à quantidade de alunos matriculados e ao atendimento público de saúde indicam que a taxa de crescimento populacional tem se mantido acima da média das cidades do Estado do Rio Janeiro.

As políticas sociais de uso e ocupação do solo, que se aplicam hoje no Município, encontram os parâmetros ambientais como impeditivos naturais e jurídicos ao atual cenário de expansão. Efetivos impactos, tais como: a impermeabilização do solo, as invasões das margens do rio, a ocupação desordenada, têm se mostrado cada vez mais evidentes na região, e que acrescida de uma legislação deficitária criam uma demanda de uma gestão pública eficiente e com políticas de longo prazo de implantação.

A implantação de um plano de gestão sustentável no Município de Rio das Ostras acarretará uma visão transversal dos parâmetros de tomada de decisão, sejam eles ambientais, sociais, econômicos ou físicos. A importância de um plano desta natureza está na sua concepção multifacetária, que tornará os norteadores da política ambiental municipal holisticamente orientados.

1.4. METODOLOGIA

A linha de raciocínio para este estudo teve um enfoque holístico, como define Bohrer (2000), propondo, de uma forma geral, que a natureza seja estudada e avaliada de modo integrado, onde os diversos componentes ou atributos são vistos não como parte de um sistema, porém interagindo entre si através de processos que atuam em diferentes escalas de tempo e espaço.

A análise sócio-ambiental da bacia hidrográfica do rio das Ostras foi realizada através de um levantamento bibliográfico sobre o tema constante sobre a região da baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro.

Inicialmente, foi realizada uma avaliação cartográfica com o auxílio de mapas em escala 1:30.000 existentes no Sistema de Informações Ambientais (SIA). Estas cartas possuíam elementos topográficos inseridos capazes de identificar os limites da bacia a serem considerados na análise, e permitiram a criação inicial de um arquivo cartográfico operacional. Além disso, o uso de imagens de satélite em formato digital, contribuiu para a identificação das áreas verdes existentes.

Após a delimitação da bacia, buscou-se o levantamento de material para a produção da revisão de literatura e sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro. Buscou-se, também, a legislação federal e estadual relacionadas aos Recursos Hídricos, Política Nacional de Meio Ambiente, Constituição Federal, assim como, os aspectos institucionais do órgão gestor municipal, que possui influência na bacia.

Através da consulta ao diagnóstico preliminar da bacia hidrográfica do rio das Ostras, pôde-se compreender a organização espacial da bacia e realizar um levantamento geoambiental, caracterizando o clima, geologia, geomorfologia, solos, vegetação, hidrografia, e um levantamento sócio-ambiental, definindo aspectos da população e das atividades econômicas.

Para a análise dos recursos hídricos disponíveis na bacia, foram utilizados dados fornecidos para os estudos preliminares (SEMADS/GTZ, 1999).

Após a análise do material, outras informações e complementações foram adquiridas em campo, como por exemplo o levantamento fotográfico e a checagem de dados secundários. Além disso, outras informações foram obtidas diretamente em órgãos gestores ambientais de âmbito municipal, estadual e federal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O amplo e consistente desenvolvimento da ciência e da tecnologia não deixa dúvidas de que qualquer estudo resulta de um enriquecido uso adequado de perspectivas e teorias de ensino e aprendizagem.

Tal verdade incontestemente esbarra na dinâmica dos tempos atuais, que nos colocam “contra a parede” em relação à abordagem da fundamentação teórica e nos fazem pesquisar não apenas no que temos disponível bibliograficamente, mas também nas novidades científicas que fazem parte do processo de ensino-aprendizagem propriamente dito. Desta forma, tratamos a seguir de uma revisão de literatura acerca dos temas que entendemos de elevada relevância na implementação deste estudo.

2.1. Bacia hidrográfica

Uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como um reservatório de água e sedimentos, defluindo-os em uma seção fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes, tal como ilustrado na figura 1 (NAGHETTINI, 2000).

Segundo Villela & Mattos (1975), a bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural isto é, uma área composta de um sistema de drenagem natural onde o movimento de água superficial inclui todos os usos da água e do solo existentes na localidade.

As bacias hidrográficas caracterizam-se pelas suas características fisiográficas, clima, tipo de solo, geologia, geomorfologia, cobertura vegetal, tipo de ocupação, regime pluviométrico e fluviométrico, e disponibilidade hídrica.

2.1.1. Delimitação da bacia

A delimitação de cada bacia hidrográfica é feita numa carta topográfica, seguindo as linhas das cristas das elevações circundantes da seção do curso d'água em estudo. Cada bacia é assim, sob o ponto de vista topográfico, separada das restantes bacias vizinhas (PORTO, 2003).

Esta delimitação, que atende apenas a fatores de ordem topográfica, define uma linha de cumeada a que poderíamos chamar linha de divisão das águas pois ela é que divide as precipitações que caem e, que, por escoamento superficial, seguindo as linhas de maior declive, contribuem para a vazão que passa em uma seção em estudo, como o exemplo demonstrado na figura 1 a seguir.

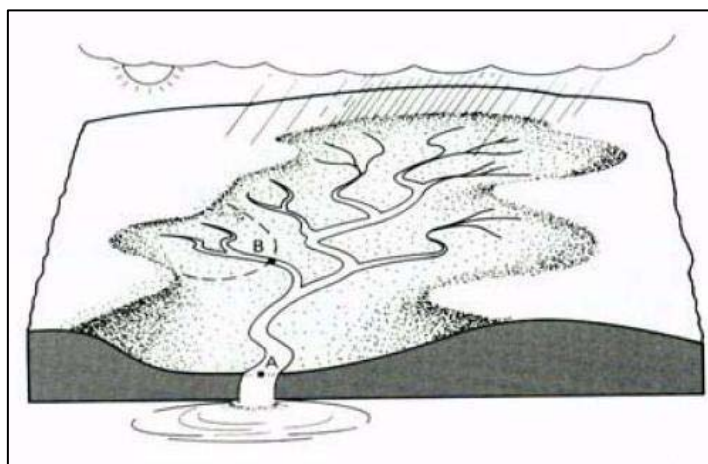


Figura 1 – Modelo da bacia hidrográfica qualquer
Fonte: Porto, 2003

A bacia hidrográfica, associada a uma dada seção fluvial ou exutório, é individualizada pelos seus divisores de água e pela rede fluvial de drenagem. Várias seções fluviais poderão ser consideradas em uma determinada bacia. Na figura 1, acima, o exutório B de uma determinada bacia poderá ser levado em consideração para a análise daquele trecho à montante. Da mesma forma, o exutório A será a referência da bacia maior e irá incluir a bacia menor na análise de suas características, e assim sucessivamente.

A individualização da bacia, através de mapas topográficos, caracteriza seus divisores de água formando uma linha fechada, a qual é ortogonal às curvas de nível do mapa e desenhada a partir da seção fluvial do exutório, em direção às maiores cotas ou elevações, conforme observado na figura 2 a seguir.

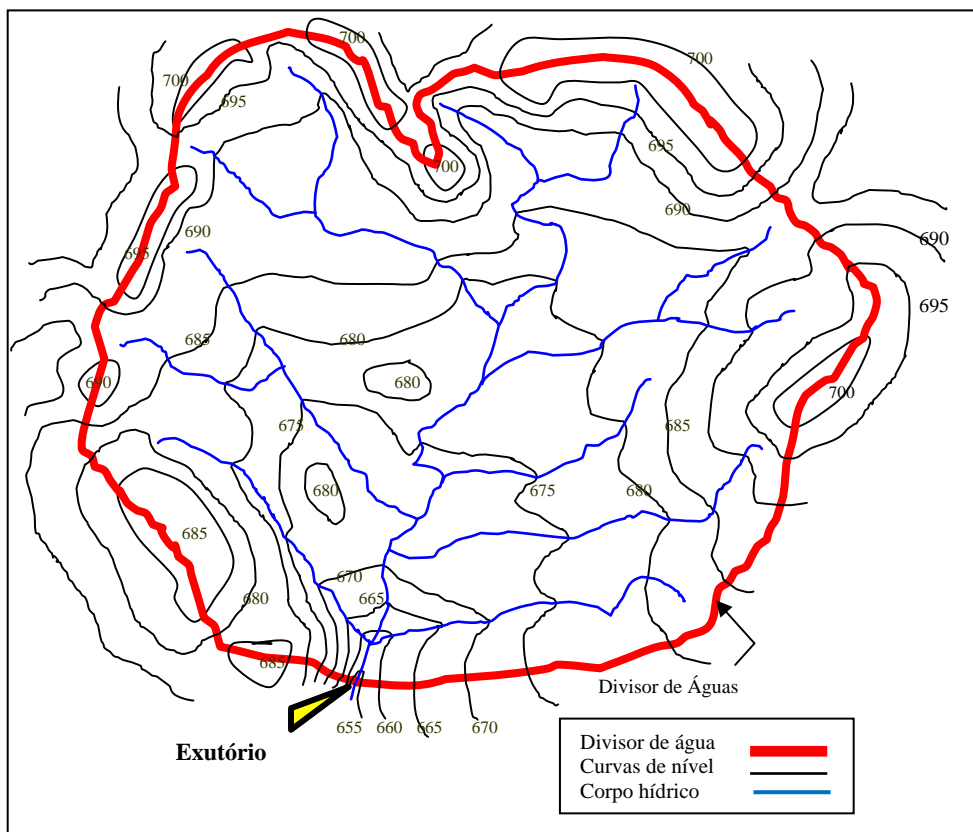


Figura 2 – Individualização de uma bacia hidrográfica qualquer
 Fonte: Naghettini, 2000

A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica é formada pelo rio principal e pelos seus tributários, constituindo-se em um sistema de transporte de água e sedimentos, enquanto a sua área de drenagem é dada pela superfície da projeção vertical da linha fechada dos divisores de água sobre um plano horizontal, sendo geralmente expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²).

2.1.2. Características fisiográficas

As características fisiográficas de uma bacia são obtidas dos dados que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, como por exemplo: área, comprimento, declividade e cobertura do solo, que podem ser expressos diretamente ou, por índices que relacionam os dados obtidos (MATOS *et al*, 2003).

2.1.2.1. Forma da bacia

Ainda segundo Matos *et al* (2003), a forma da bacia não é, normalmente, usada de forma direta em hidrologia. No entanto, parâmetros que refletem a forma da bacia são usados ocasionalmente e têm base conceitual. As bacias hidrográficas têm uma variedade infinita de formas, que supostamente refletem o comportamento hidrológico da bacia. Em uma bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo (figura 3).



Figura 3 – Bacia arredondada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme
Fonte: Naghettini, 2000

Uma bacia elíptica, tendo a saída da bacia na ponta do maior eixo e, sendo a área igual a da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo portanto uma enchente menor (figura 4).

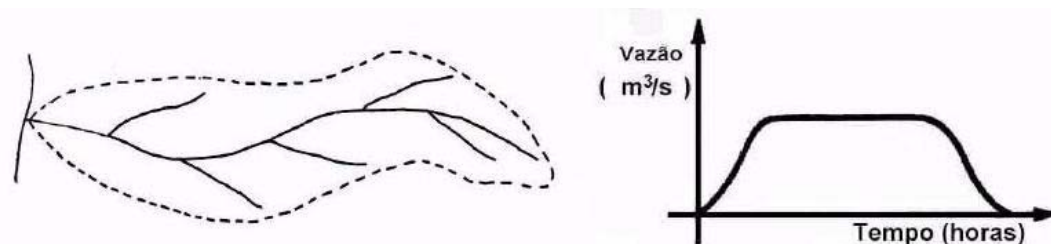


Figura 4 – Bacia elíptica e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme
Fonte: Naghettini, 2000

As bacias do tipo radial ou ramificada são formadas por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso principal. Neste caso, uma chuva uniforme

em toda a bacia, origina cheias nas sub-bacias, que vão se somar, mas não simultaneamente, no curso principal. Portanto, a cheia crescerá, estacionará, ou diminuirá na medida em que forem se fazendo sentir as contribuições das diferentes sub-bacias (figura 5).

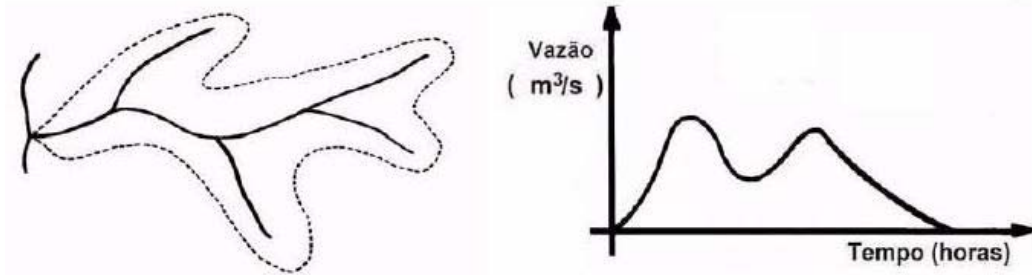


Figura 5 – Bacia ramificada e as características do escoamento nela originado por uma precipitação uniforme
Fonte: Naghettini, 2000

Os índices utilizados para a caracterização da forma de uma bacia buscam associá-la com formas geométricas conhecidas, conforme metodologia descrita por Tucci (1993) em seus estudos hidrológicos e descritos a seguir.

O índice ou coeficiente de compacidade (K_c) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ou seja:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A_d}} \quad (\text{equação 1})$$

onde:

P = perímetro da bacia, em km

A_d = área de drenagem da bacia, em km²

O índice de compacidade, K_c , é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1,0. Desde que outros fatores não interfiram, quanto mais próximo da unidade for o índice de compacidade maior será a potencialidade de

ocorrência de picos elevados de enchentes.

Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho; quanto mais irregular for à bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular. Se os outros fatores forem iguais, a tendência para maiores enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor desse coeficiente.

O índice de conformação ou fator de forma (K_f) é a relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira mais distante, próxima do divisor de águas da bacia. Então:

$$K_f = \frac{A_d}{L^2} \quad (\text{equação 2})$$

onde:

L = comprimento axial da bacia, em km

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. No caso de uma bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor do que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesmas características, será menos sujeita a enchentes aquela que possuir menor fator de forma.

O fator de forma é um índice indicativo da tendência para enchentes de uma bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmas características, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão; e também numa tal bacia, a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, portanto, da condição ideal da bacia circular, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto.

2.1.2.2. Relevo

Ainda segundo Tucci (1983), diversos parâmetros foram desenvolvidos para refletir as variações do relevo em uma bacia. Os mais comuns são:

Declividade da bacia

Apesar de haver diversos métodos para estimar a declividade da bacia, o mais comum é simular através da equação abaixo, sendo que a diferença de cota (H) deve se referir a toda bacia e não apenas ao canal.

$$E = \frac{\sum e \cdot a}{A} \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

E = elevação média;

e = elevação média entre duas curvas de nível consecutivas;

a = área entre as curvas de nível;

A = área total.

Um método utilizado é o das quadrículas associadas a um vetor. Esse método é mais completo que o anterior e consiste em determinar a distribuição percentual das declividades do terreno por meio de uma amostragem estatística das declividades normais às curvas de nível em um grande número de pontos na bacia. Esses pontos devem ser locados num mapa topográfico da bacia por meio de um quadriculado que se traça sobre o mesmo.

Curva Hipsométrica

De acordo com Righetto (1998), a curva hipsométrica é a representação gráfica do relevo médio da corrente principal de uma bacia e representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar.

Essa variação pode ser indicada por meio de um gráfico que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações. A curva hipsométrica pode ser determinada pelo método das quadrículas, conforme descrito no item anterior, ou planimetrando-se as áreas entre as curvas de nível.

Imaginando-se hipoteticamente uma bacia hidrográfica com as características apresentadas na tabela 1, podemos elaborar uma curva hipsométrica conforme mostra a figura 6.

Tabela 1 – Tabela de dados para a confecção de uma curva hipsométrica em uma bacia hidrográfica hipotética

1	2	3	4	5	6
Cota (m)	Ponto Médio (m)	Área (km ²)	Área Acumulada (km ²)	%	% Acumulada
940-920	930	1,92	1,92	1,08	1,08
920-900	910	2,90	4,82	1,64	2,72
900-880	890	3,68	8,50	2,08	4,80
880-860	870	4,07	12,57	2,29	7,09
860-840	850	4,60	17,17	2,59	9,68
840-820	830	2,92	20,09	1,65	11,33
820-800	810	19,85	39,94	11,20	22,53
800-780	790	23,75	63,69	13,40	35,93
780-760	770	30,27	93,96	17,08	53,01
760-740	750	32,09	126,05	18,10	71,11
740-720	730	27,86	153,91	15,72	86,83
720-700	710	15,45	169,36	8,72	95,55
700-680	690	7,89	177,25	4,45	100
TOTAL		177,25			

Fonte: Righetto, 1998

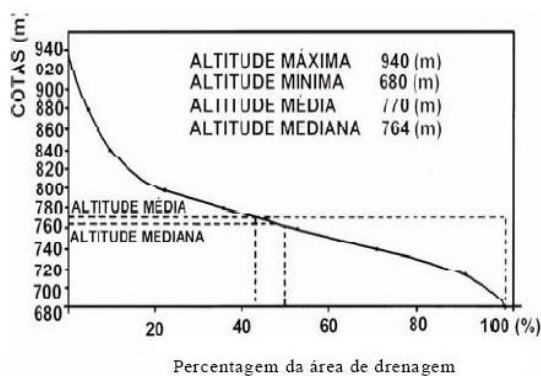


Figura 6 – Curva hipsométrica
Fonte: Righetto, 1998

Elevação média da bacia

A variação da altitude e a elevação média de uma bacia são importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio.

Grandes variações da altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, além de variações na evapotranspiração. Mais significativas, porém, são as possíveis variações de precipitação anual com a elevação. A elevação média é determinada por meio de um retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados. A altura do retângulo é a elevação média (PORTO, 2003).

Para o cálculo da elevação média, podemos aplicar a equação 3 apresentada para o cálculo da declividade da bacia.

Outro fator importante no estudo das elevações da bacia é a altura média da seção de controle (desembocadura), que representa uma carga potencial hipotética a que estão sujeitos os volumes de excesso de chuva. Essa altura média afeta o tempo que levariam as águas para atingir a seção de controle. É calculada pela diferença entre a elevação mediana e a elevação do leito na desembocadura.

Declividade do rio

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os gráficos vazão x tempo das enchentes.

Obtém-se a declividade de um curso d'água, entre dois pontos, dividindo-se a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água entre esses dois pontos. A declividade do canal pode ser descrita como:

$$S = \frac{\Delta H}{L} \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

S = declividade (m/m);

ΔH = diferença de cota (m) entre os pontos que definem o início e o fim do canal;

L = comprimento do canal entre estes pontos (m).

Como exemplifica Righetto (1998), na figura 7 é apresentado um perfil longitudinal de uma bacia hipotética, onde a declividade entre a foz e a nascente está representada pela linha **S1**. Traça-se **S2**, tal que, a área compreendida entre ela e a abscissa seja igual á compreendida entre a curva do perfil e a abscissa. Traçando-se **S3**, que representa a declividade equivalente constante, tem-se uma idéia sobre o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal.

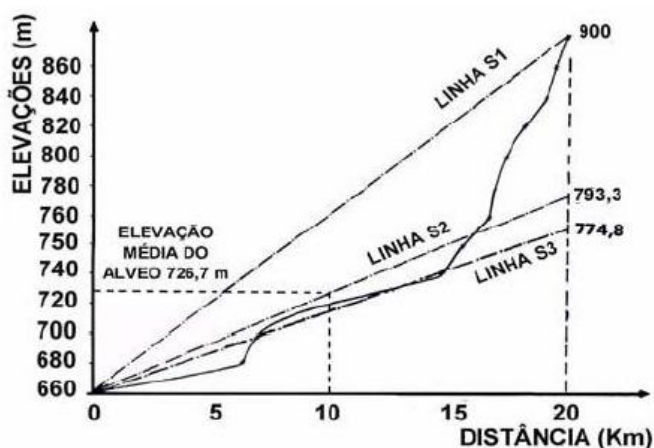


Figura 7 – Perfil longitudinal de uma bacia hidrográfica
 Fonte: Righetto, 1998

Uma outra forma de determinar a declividade é utilizada para terrenos com declividade constante, podendo-se até determinar através desta declividade, o tempo de percurso da precipitação.

Considerando que o curso d'água tenha uma declividade constante igual a declividade equivalente, o tempo de percurso será determinado da seguinte maneira: toma-se este tempo de percurso variando em toda a extensão do curso d'água com o recíproco da raiz quadrada da declividade, dividindo-se o perfil de álveo em um grande número de trechos retilíneos, tem-se a raiz quadrada da declividade equivalente constante como a média harmônica ponderada da raiz quadrada das declividades dos diversos trechos retilíneos, tomando-se como peso a extensão de cada trecho (UFBA, 2005).

Logo,

$$S_3^{1/2} = \frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{S_i} \right)} \quad (\text{equação 5})$$

onde, $S_i = \sqrt{D_i}$ Sendo D_i = declividade de cada trecho.

Logo:

$$S_3 = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \left(\frac{L_i}{\sqrt{D_i}} \right)} \right)^2 \quad (\text{equação 6})$$

Onde, L_i = distância real medida em planta.

2.1.2.3. Padrões de drenagem

A velocidade do escoamento em canal é usualmente maior que a velocidade de escoamento superficial. Portanto, o tempo de deslocamento do escoamento em uma bacia, cujo comprimento de escoamento superficial é pequeno em relação ao comprimento do canal, será menor do que em uma bacia com trechos longos de escoamento superficial.

O tempo de deslocamento do escoamento em uma bacia é um dado de extrema importância para diversos estudos hidrológicos. O padrão de drenagem é um indicador das características do escoamento de uma precipitação (PORTO, 2003).

Escoamento superficial

Uma bacia hidrográfica é um sistema que integra as conformações de relevo e drenagem. A parcela da chuva que se abate sobre a área da bacia e que irá transformar-se em escoamento superficial (*run-off*), chamada precipitação efetiva, escoam a partir das maiores elevações do terreno, formando enxurradas em direção aos vales. Esses, por sua vez, concentram esse escoamento em córregos, riachos e ribeirões, os quais confluem e formam o rio principal da bacia.

O volume de água que passa pelo exutório na unidade de tempo é a vazão ou descarga da bacia. Na seqüência de um evento chuvoso significativo, a vazão Q varia com o tempo de uma forma característica de cada bacia. O gráfico de $Q(t)$ com t , ao longo de uma ocorrência chuvosa isolada, é chamado hidrograma e encontra-se esquematicamente representado na figura 8.

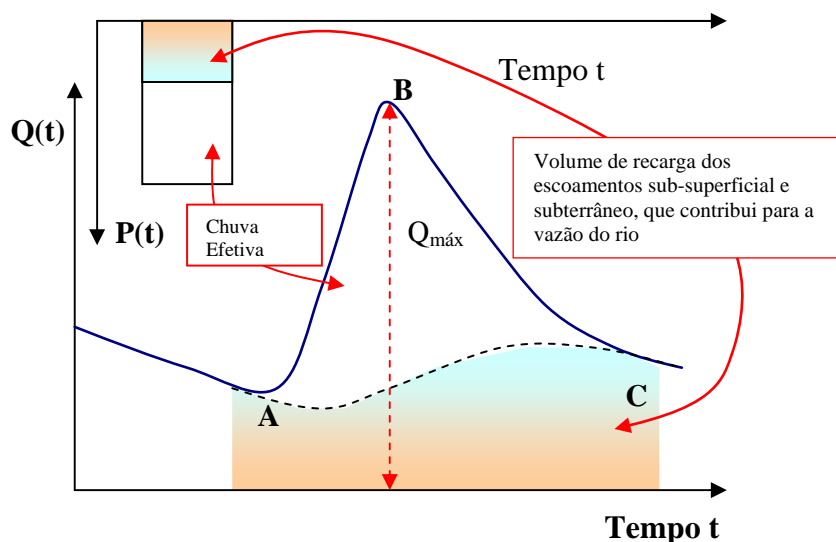


Figura 8 – Hidrograma característico de uma bacia hidrográfica
 Fonte: Villela & Mattos, 1975

As áreas, que contribuem para a formação da vazão Q , vão se estendendo desde aquelas mais adjacentes aos cursos d'água até as mais distantes, delineando as características da parte ascendente A-B do hidrograma. Se a extensão espacial e a duração da chuva forem suficientemente grandes, todos os pontos da bacia irão contribuir, concentrando a totalidade do escoamento superficial no exutório. Nesse ponto, forma-se um estado de equilíbrio na bacia e a vazão Q encontra-se em seu ponto máximo – a vazão de pico $Q_{máx}$ – e se a chuva efetiva continuar com a mesma intensidade, a vazão ficará estacionária nesse ponto máximo. Caso contrário, as áreas de contribuição irão diminuir gradativamente, iniciando a fase descendente B-C do hidrograma.

Além disso, as águas que atingem a seção de um determinado o curso d'água poderão provir, não só do escoamento superficial, como também do escoamento subterrâneo, que poderá ter origem em bacias vizinhas. E, inversamente, parte do escoamento superficial poderá concentrar-se em lagos ou lençóis subterrâneos que não tem comunicação com o curso de água em estudo, não contribuindo para a sua vazão.

As vazões de uma bacia dependem de fatores climáticos e geomorfológicos. A intensidade, a duração, a distribuição espaço-temporal da precipitação sobre uma bacia, bem como a evapotranspiração, estão entre os principais fatores climáticos. Por outro lado, um hidrograma sintetiza a forma pela qual uma bacia hidrográfica atua como um reservatório, distribuindo a precipitação efetiva ao longo do tempo.

O hidrograma possui vazões e tempos característicos, os quais são atributos típicos, resultantes das propriedades geomorfológicas de uma bacia, conforme mostrado na figura 2. Essas podem ser sintetizadas pela extensão da bacia, forma, distribuição de relevo, declividade, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, cobertura vegetal, tipo e uso do solo, entre outras.

Tempo de concentração

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido como o intervalo de tempo necessário para que as águas precipitadas, com a mesma intensidade sobre toda a bacia, estejam contribuindo para a seção limite da bacia, atendidas as necessidades de infiltração, de retenção da vegetação e depressões do terreno (VILLELA & MATTOS, 1975).

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota, que se precipita no ponto mais distante da seção considerada de uma bacia, leva para atingir esta seção (TUCCI, 1993). O cálculo do tempo de concentração pode ser feito através de várias equações, porém optamos pela apresentação da equação 7, que é uma das mais utilizadas para pequenas bacias rurais.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (\text{equação 7})$$

onde:

t_c = tempo de concentração, em minutos

L = comprimento do curso d'água principal, em quilômetros

H = diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em metros

Ordem dos cursos d'água

Segundo as leis de Horton-Strahler, a ordem de um curso d'água é uma medida da ramificação dentro de uma bacia. Um curso d'água de primeira ordem é um tributário sem ramificações; um curso d'água de segunda ordem é um tributário formado por dois ou mais cursos d'água de primeira ordem; um de terceira ordem é formado por dois ou mais cursos de segunda ordem; e, genericamente, um curso d'água de ordem n é um tributário formado por dois ou mais cursos d'água de ordem $(n - 1)$ e outros de ordens inferiores.

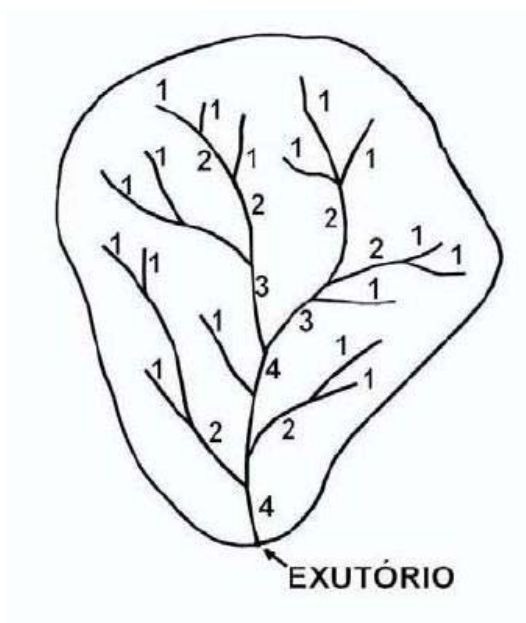


Figura 9 – Ordem dos cursos d'água segundo Horton-Strahler
Fonte: Villela & Mattos, 1975

Para uma bacia hidrográfica, a ordem principal é definida como a ordem principal do respectivo canal. A figura 9 mostra a ordenação dos cursos d'água de uma bacia hipotética. Neste caso, a ordem principal da bacia é 4.

Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (**D**) é a razão entre o comprimento total dos cursos d'água em uma bacia e a área desta bacia hidrográfica. Um valor alto para **D** indicaria uma densidade de drenagem relativamente alta e uma resposta rápida da bacia a uma precipitação.

$$D = (L_T / A) \quad (\text{equação 8})$$

Onde:

L_T = extensão total dos cursos d'água;

A = área da bacia hidrográfica.

Segundo Villela & Mattos (1975), índices em torno de $0,5\text{km}/\text{km}^2$ indicaria uma drenagem pobre, e índices maiores que $3,5\text{km}/\text{km}^2$ indicariam bacias excepcionalmente bem drenadas.

2.1.3. Características geomorfológicas

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas, a origem e a evolução do relevo terrestre. Para a caracterização exata da geomorfologia de uma determinada área de estudo se faz necessário lançar mão da observância de vários fenômenos comuns às geociências, como por exemplo o intemperismo e o movimento das placas tectônicas.

Esta última foi responsável por grandes avanços da geomorfologia nos últimos 30 anos, ao dar uma explicação plausível sobre a origem das grandes cadeias montanhosas e do equilíbrio isostático (isostasia) existente entre a crosta terrestre e a astenosfera (região plástica do Manto).

Em linhas gerais podemos dizer que, em qualquer momento do tempo geológico, o relevo terrestre é resultado da procura do equilíbrio entre as ações resultantes dos fenômenos internos (tendência ao fluxo da astenosfera, *hot spots* e movimentação das placas tectônicas, com todas as suas conseqüências: orogênese, vulcanismo, terremotos) e dos fenômenos externos (intemperismo, denudação, erosão, sedimentação, soerguimento isostático, e mais modernamente, a ação do homem).

Modernamente, a geomorfologia passou a incorporar em suas considerações, a intervenção antropomórfica (intervenção humana) sobre o relevo, sendo uma grande aliada nos estudos ambientais, ao permitir entender, modelar e prever fenômenos como: inundações, movimentos de massa, subsidências em grandes áreas, etc.

A interpretação geomorfológica em pesquisas realizadas sobre a aplicabilidade de índices e características geomorfométricas, tanto na abordagem linear como na adimensional, traz informações relevantes na relação solo-superfície.

Os estudos geomorfológicos abordam pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os conseqüentes processos ambientais, normalmente multivariados, e descreve, ainda, a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas.

Desta forma, a avaliação geomorfológica tem sido realizada para retratar as condições do ambiente e formular novas abordagens, que apontem alternativas para a intervenção do homem na paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1974).

As bacias hidrográficas têm sido utilizadas como unidades geomorfológicas fundamentais, já que suas características determinam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Além disso, as bacias hidrográficas vêm sendo consideradas como unidades territoriais ideais para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais.

As características do padrão de drenagem repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada unidade de solo. As diversas características geomorfológicas na discriminação de unidades de solos demonstram estreita correlação entre a densidade de drenagem e determinados atributos morfológicos, químicos e mineralógicos, ligados à intensidade de intemperismo dos solos estudados. As características do relevo caracterizam diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem diversos processos superficiais e subsuperficiais, como o fluxo de materiais na superfície (erosão) e em profundidade (infiltração e lixiviação) (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O estudo geológico dos solos e subsolos tem por objetivo principal a sua classificação segundo a maior ou menor permeabilidade, dada a influência que tal característica tem na rapidez de crescimento das cheias. A existência de terrenos quase, ou totalmente, impermeáveis, impede a infiltração facilitando o escoamento superficial e originando cheias de crescimento repentino. Já os permeáveis ocasionam o retardamento do escoamento devido à infiltração, amortecendo as cheias, conforme ilustra a figura 10 abaixo.



Figura 10 – Caracterização da vazão de um rio de acordo com a permeabilidade do solo
Fonte: Silva *et al*, 2003

Bacia Impermeável – ao receber certa precipitação, dá origem a um escoamento superficial com elevada ponta;

Bacia Permeável – dá origem a um escoamento superficial de forma achatada e cuja ponta máxima é bastante retardada em relação ao início da precipitação.

2.1.4. Transporte de sedimentos

A existência de maior ou menor transporte de sedimento, depende da natureza geológica dos terrenos. O seu conhecimento é fundamental, visto que a erosão e sedimentação das partículas altera a topografia do leito do rio, podendo essa transformação chegar ao ponto de aniquilar uma obra projetada, pela diminuição do potencial hídrico do curso de água e assoreamento de barragens, cuja recuperação pode gerar altos custos (SILVA *et al*, 2003).

2.1.5. Características térmicas

O estudo hidrológico de uma bacia deverá comportar a análise das suas características térmicas, através de observações de trocas de calor entre solo e atmosfera, superfície da água e atmosfera, etc. (PORTO, 2003).

A localização geográfica da bacia hidrográfica é determinante das suas características térmicas. Desta forma, a variação da temperatura faz-se sentir com:

- latitude – a amplitude térmica anual está também relacionada com a latitude, sendo máxima nos pólos e mínima na linha do equador;
- proximidade do mar – as maiores amplitudes térmicas verificam-se nas zonas continentais, áridas, enquanto que em regiões submetidas à influência marítima apresentam uma certa uniformidade térmica;
- altitude – a temperatura diminui com a altitude. De uma forma geral, poderemos dizer que as regiões mais elevadas apresentam temperaturas mais baixas;
- vegetação – por ação da menor fração de energia solar que atinge o solo e do calor absorvido pela evapotranspiração das plantas, a temperatura média anual de uma região arborizada pode ser inferior em 10°C ou 20°C à uma região sem vegetação;
- tempo – a temperatura começa a elevar-se ao nascer do sol e atinge o máximo 1 a 3 horas depois do sol ter atingido a altitude máxima. A variação da temperatura faz-se sentir também durante o ano segundo as estações, sendo maior ou menor conforme a localização geográfica, como atrás foi referido.

2.1.6. Ocupação e uso do solo

Quando ocorre uma chuva rápida, as pessoas freqüentemente procuram abrigo sob alguma árvore que esteja próxima. Admite-se que a árvore será uma proteção temporária, já que ela intercepta a chuva na fase inicial do evento. Poder-se-ia concluir que uma bacia coberta por uma floresta produziria menos escoamento superficial do que uma bacia sem árvores.

As árvores que fazem parte de uma bacia hidrográfica funcionam como filtros, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água, afetando diretamente a quantidade e a qualidade da água e conseqüentemente a fauna aquática e a população humana. Essas árvores são importantes, também, como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e, portanto, facilitando o deslocamento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais. Em regiões com topografia acidentada, exercem a proteção do solo contra lixiviação intensa e os processos erosivos.

Apesar da reconhecida importância ecológica, ainda mais evidente nesta virada de século e de milênio, em que a água vem sendo considerada o recurso natural mais importante para a humanidade, as florestas ciliares continuam sendo eliminadas cedendo lugar para a especulação imobiliária, para a agricultura e a pecuária e, na maioria dos casos, sendo transformadas apenas em áreas degradadas, sem qualquer tipo de produção.

As matas ciliares exercem importante papel na proteção dos cursos d'água contra o assoreamento e a contaminação com defensivos agrícolas, além de, em muitos casos, se constituírem nos únicos remanescentes florestais das propriedades rurais sendo, portanto, essenciais para a conservação da fauna. Estas peculiaridades conferem às matas ciliares um grande aparato de leis, decretos e resoluções visando sua preservação.

Um ecossistema torna-se degradado quando perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios, ou seja, perde sua resiliência. Dependendo da intensidade do distúrbio, fatores essenciais para a manutenção da resiliência como, banco de plântulas e de sementes no solo, capacidade de rebrota das espécies, chuva de sementes, dentre outros, podem ser perdidos, dificultando o processo de regeneração natural ou tornando-o extremamente lento.

Uma floresta ciliar está sujeita a distúrbios naturais como queda de árvores, deslizamentos de terra, raios, etc., que resultam em clareiras, ou seja, aberturas no dossel, que são cicatrizadas através da colonização por espécies pioneiras seguidas de espécies secundárias.

Distúrbios provocados por atividades humanas têm, na maioria das vezes, maior intensidade do que os naturais, comprometendo a sucessão secundária na área afetada. As principais causas de degradação das matas ciliares são o desmatamento para extensão da área cultivada nas propriedades rurais, para expansão de áreas urbanas e para obtenção de madeira, os incêndios, a extração de areia nos rios, os empreendimentos turísticos mal planejados, etc. (MARTINS, 2001).

O escoamento em telhados é outro exemplo do efeito do tipo de cobertura da bacia sobre o escoamento. Durante uma precipitação, o escoamento em calhas de telhados começa logo depois de iniciada a chuva. Telhados são superfícies impermeáveis, inclinados e planos, portanto, com pouca resistência ao escoamento. O escoamento em uma vertente gramada com as mesmas dimensões do telhado terá início bem depois do escoamento similar no telhado. A vertente gramada libera água em taxas e volumes menores porque parte da água será infiltrada no solo e devido a maior rugosidade da superfície gramada, o escoamento será mais lento conclui-se então que o escoamento em superfícies impermeáveis resulta em maiores volumes e tempos de deslocamento menores do que o escoamento em superfícies permeáveis com as mesmas dimensões e declividades.

Estes dois exemplos conceituais, segundo Silva *et al* (2003), servem para ilustrar como o tipo de ocupação do solo afeta as características do escoamento em uma bacia. Quando as outras características da bacia são mantidas constantes as características do escoamento tais como volume, tempo e taxas de vazões máximas podem ser bastante alteradas. Portanto, o tipo de ocupação da bacia e uso do solo devem ser definidos de acordo com suas características hidráulicas e hidrológicas.

O tipo de cobertura e uso do solo é especialmente importante para a hidrologia. Muitas questões problemáticas em projetos hidrológicos resultam da expansão urbana. A percentagem do solo impermeabilizado é comumente usada como indicador do grau de desenvolvimento urbano. Áreas residenciais com alta densidade de ocupação têm taxas de impermeabilização variando entre 40 e 70%. Áreas comerciais e industriais são caracterizadas por taxas de impermeabilização de 70 a 90%. A impermeabilização de bacias urbanas não está restrita à superfície: os canais de drenagem são normalmente revestidos com concreto, de modo a aumentar a capacidade de escoamento da seção transversal do canal e remover rapidamente as águas pluviais. O revestimento de canais é muito criticado, já que este tipo de obra transfere os problemas de enchentes de áreas à montante do canal para áreas à jusante.

2.1.7. Qualidade das águas

A qualidade das águas de uma bacia hidrográfica apresenta-se como o resultado de uma complexa interação de fenômenos naturais e de ações ou atividades antrópicas. Vale observar que cada rio componente de uma bacia hidrográfica apresenta sua própria característica hidrológica, que vem a promover a qualidade de suas águas tanto no espaço quanto no tempo, influenciando a composição dos rios a que são afluentes.

Por causa deste fato, o conhecimento preliminar dos aspectos que promovem o comportamento hidrológico de cada rio componente de uma bacia hidrográfica deve ser um pré-requisito para a seleção dos levantamentos básicos a serem realizados e da forma de monitoramento a ser adotada para controle das variações dos parâmetros hidrológicos e dos indicadores da qualidade das águas, a serem observados em todos os rios componentes desta bacia hidrológica, de tal forma que se possa vir a identificar as causas geradoras e suas interações quanto às variações que possam ocorrer na qualidade das águas a serem monitoradas, para fins de controle de sua qualidade (DI BERNARDO, 1995).

São muitas as causas que influenciam a qualidade das águas a serem consideradas, dependendo das peculiaridades de cada curso d'água a ser estudado. Dentre as prováveis causas que influenciam a qualidade das águas podem ser citadas, teoricamente, como mais importantes a radiação solar, a temperatura da água, a evaporação, a precipitação pluvial, o *run-off*, a topografia, a geologia, o solo, a cobertura vegetal, a ocupação e o uso antrópico do território.

Salomão & Oliveira (2001) apresentam em seu Manual de Análises Físico-Química as causas mais prováveis dos eventos de alteração da qualidade da água.

O quadro 1, a seguir, mostra as características mais comuns que podem vir a causar problemas de qualidade das águas de rios componentes de uma bacia hidrológica, e que precisam ser identificadas e monitoradas a fim de garantir a saúde dos usuários.

AGENTES CAUSADORES PRIMÁRIOS	CONDIÇÃO DE VAZÃO	OCORRÊNCIAS PROVÁVEIS	
		TEMPO	LOCAL
DEPLEÇÃO DE OD			
DBO Carbonácea de Descargas Municipais / Industriais	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos, Áreas Influenciadas pela Maré
DBO Carbonácea de Drenagens Pluviais, Municipais / Rurais	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos, Áreas Influenciadas pela Maré
Demanda Nitrogênica Por Oxigênio de Águas Servidas Municipais / Industriais	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos ou Extremamente Lentos e Áreas Influenciadas pela Maré
Demanda Bêntica por Oxigênio	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos e Áreas Influenciadas pela Maré
Respiração Algal Excessiva	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos ou Extremamente Lentos e Áreas Influenciadas pela Maré
CRESCIMENTO EXCESSIVO DE ALGAS			
Nutrientes em Efluentes Municipais, Industriais e Rurais	Baixa	Verão ou Fim de Primavera, Alta Temperatura	Trechos Razos ou em Zonas Eufóticas, Trechos Extremamente Lentos e Áreas Influenciadas pela Maré
TOXICIDADE			
Tóxicos em Efluentes Municipais, Agrícola e Drenagem de Pântanos	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Largos, Lentos e Áreas Influenciadas pela Maré
SALINIDADE			
Carga Salina em Efluentes Municipais, Industriais e Agrícolas	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Rasos, Especialmente com Alto Tempo de Retenção
Entrada Natural de Águas Salinas	Baixa	Verão, Alta Temperatura	Trechos Rasos, Especialmente com Alto Tempo de Retenção
POLUIÇÃO MICROBIOLÓGICA			
Esgotos Brutos, Descarga de Currais, Águas Pluviais e <i>Run off</i> Urbano	Qualquer Condição	Qualquer Tempo	Trechos Rasos, Especialmente com Alto Tempo de Retenção
SEDIMENTAÇÃO E TURBIDEZ			
Erosões Devidas ao Uso do Solo	Alta	Estações Chuvosas	Todos os Trechos, Especialmente Pertos de Atividades Erosivas

Quadro 1 – Características que influenciam a qualidade da água
Fonte: Journal Water Pollution Control, 1977

Depleção de Oxigênio Dissolvido (OD)

Durante mais prolongados períodos de vazões baixas e mais elevadas temperaturas, a concentração de OD nas águas dos rios se torna naturalmente menor que em outros períodos. Este fenômeno está relacionado ao fato de que a solubilidade do oxigênio na água decresce com o aumento da temperatura. Condições de baixas vazões e altas temperaturas também favorecem tempos de detenção maiores, baixa mistura e temperaturas induzidas por reações biológicas.

O aumento dos teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos, como o nitrogênio, fósforo e sílica, quando combinados com altas cargas de DBO carbonácea, devido a efluentes

domésticos e industriais, podem causar severas depleções de OD nos rios, especialmente em trechos alargados e em trechos influenciados pela maré.

Durante longos períodos secos, despejos relacionados a atividades antrópicas e a plantas terrestres, se acumulam em áreas urbanas, rurais, agrícolas e em demais áreas intensamente vegetadas. Chuvas intensas que podem ocorrer durante estes períodos vêm então a carrear grandes quantidades de matéria orgânica com elevada DBO para os rios, justamente na ocasião em que o OD nesses cursos d'água se apresenta bastante baixo.

A velocidade reduzida de um rio, durante um período de vazões baixas, sempre incrementa a sedimentação e a acumulação de sedimentos orgânicos, especialmente em trechos deposicionais do rio, como trechos alargados e em trechos influenciados pela maré. Estes depósitos bênticos, usualmente resultantes da fração de sólidos sedimentáveis de descargas de esgotos sanitários e de efluentes industriais, podem exercer uma elevada DBO durante períodos de altas temperaturas, no verão.

O crescimento acelerado de algas ocorre, geralmente, próximo a fontes de nutrientes, durante períodos de baixas vazões, no verão. Muitas vezes, elevadas variações de OD são causadas pela fotossíntese diurna (produção de OD) e pela respiração noturna (depleção de OD), particularmente em trechos de águas rasas e na zona eufótica, em trechos alargados e em trechos influenciados pela maré, resultando ainda que, nestes trechos, possa ocorrer DBO bêntica, durante o verão, causada pela deposição e decomposição de células algais mortas.

Crescimento excessivo de algas

Grandes *inputs* de nitrogênio, fósforo, carbono e outros nutrientes, provenientes de descargas de efluentes de atividades domésticas, urbanas, industrial e agrícolas, podem disparar um acelerado crescimento de algas em rios. Rios que recebem alta irradiação solar são os mais susceptíveis a problemas de eutroficação, usualmente durante períodos de vazões baixas e altas temperaturas, em períodos de verão. Durante meses de temperaturas mais baixas na maioria dos rios não ocorre um crescimento excessivo de algas. Entretanto, nesses períodos nutrientes transportados por fenômenos de erosão poderão se acumular em áreas deposicionais. Nesta situação poderão vir a serem resolubilizados e a contribuir para o crescimento de algas durante os períodos quentes, de baixas vazões.

Toxicidade

Pesticidas contendo metais pesados e vários outros produtos químicos orgânicos e não orgânicos podem se apresentar como tóxicos para as formas de vida ocorrente em rios. Estes produtos poderão, ainda, se apresentar como problemas para a saúde pública, se ingerida a água ou consumido peixes, em qualquer período do ano e em qualquer trecho do rio à jusante do ponto ou área de descarga. Entretanto, muitas substâncias tóxicas (particularmente metais e pesticidas) são bastante insolúveis nas águas dos rios e apresentam uma afinidade para se agregar aos sedimentos. Então, os trechos deposicionais, governados pelo volume e velocidade da vazão do rio e pelas características de sua calha, são os mais prováveis quanto à ocorrência de problemas de toxicidade críticos (longos prazos). Organismos invertebrados bênticos, vivendo em contato íntimo com sedimentos contaminados ou em partes rochosas que permanecem em permanente contato com fluxos de águas contaminadas, serão os primeiros a exibir uma toxicidade mensurável.

Devido a longos tempos de detenção de águas (longa exposição a substâncias tóxicas), elevadas temperaturas das águas que aceleram os processos bioquímicos (elevado metabolismo), os períodos de verão, com baixas vazões, são mais propícios para a ocorrência de problemas de toxicidade.

Salinidade

Durante os períodos de baixas vazões as águas dos rios tendem, naturalmente, a ficar mais concentradas por sais, devido às altas taxas de evaporação e carência de águas de diluição. As águas salinas, tais como fluxos superficiais de águas de irrigação, são descarregados ao rio durante períodos de baixas vazões e elevadas temperaturas, podem resultar altas concentrações de salinidade (sólidos dissolvidos). Embora altas concentrações de salinidade possam ocorrer em qualquer trecho próximo a pontos ou trechos de descarga de efluentes salinos, a tendência é a salinidade aumentar no sentido de jusante do rio. Isto porque os sais são substâncias conservativas. Elevadas taxas de salinidade são mais comumente encontradas em trechos largos do rio e em trechos influenciados pela maré.

Os rios podem, também, apresentar elevadas taxas de salinidade devido a fluxos de águas subterrâneas. Se minerais sedimentares, contendo sais (carbonatos, cloretos, sulfatos), se apresentarem como prevalentes na bacia hidrográfica de um rio, suas águas poderão ser naturalmente salinas, especialmente se vazões mais baixas são sustentadas por águas subterrâneas.

Poluição microbiológica

Humanos e animais são fontes potenciais de bactérias patogênicas e de vírus. Desde que as fontes patogênicas se apresentam, em muitos casos, como numerosas e dispersas nas bacias hidrográficas dos rios, a poluição microbiológica se apresenta como um problema de saúde pública, em quase todos os trechos e condições de um rio e em qualquer período do ano. Assim sendo, a proximidade de uma fonte, a velocidade, as concentrações com que organismos patogênicos possam ser transportados pelo rio e, ainda, o conseqüente decaimento bacteriano que possa ser verificado, se tornam importantes para a análise de problemas sanitários de um rio.

Problemas microbiológicos em períodos de vazões baixas do rio se relacionam, geralmente, à descarga direta de esgotos sanitários provenientes de fossas sépticas ou de estações de tratamento de esgotos mal dimensionadas ou mal operadas e mantidas e de águas pluviais de descargas de áreas urbanas ou edificadas. Já os problemas em períodos de vazões elevadas do rio se relacionam, geralmente dos fluxos superficiais de águas pluviais, *run-off*, de áreas urbanas, edificadas e rurais.

Sedimentação e turbidez

Run-off de chuvas mais intensas que sigam longos períodos de tempo seco podem transportar grandes quantidades de partículas e resíduos orgânicos para os rios. Algumas áreas são propícias à erosão, devido à suas características físicas, como por exemplo empenas proximamente verticais, solos pouco consolidados e ausência de cobertura vegetal. Os materiais erodidos entram nos rios, sendo carreados para jusante. Dependendo do regime hidráulico do rio, definido principalmente pelas características da calha, o volume das águas transportadas e da velocidade de deslocamento dessas águas, os sedimentos poderão permanecer em suspensão ou serem depositados em trechos largos ou em trechos influenciados pela maré. Longos trechos com velocidades elevadas irão propiciar que sedimentos menores permaneçam em suspensão, gerando problemas de turbidez.

Perturbações do ecossistema

O aumento da disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos, principalmente através do lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais, tem como conseqüência direta o incremento da biomassa de certos tipos de algas e de macrófitas aquáticas, o que contribui com a degradação da qualidade da água por causa da depleção de oxigênio dissolvido. Além do aumento da densidade das algas, ocorrem, também,

perturbações significativas nestes ecossistemas, como o aparecimento de novas espécies e o desaparecimento de outras.

2.2. Aspectos legais e institucionais

No Brasil existem dois tipos de domínio das águas, classificadas como: águas federais e águas estaduais. São bens da União (águas federais), segundo a Art. 20 da Constituição Federal de 1988:

“Os lagos, rios e quaisquer correntes em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros países, ou se estendam a territórios estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.”

São bens dos Estados: as águas superficiais e subterrâneas, fluentes, emergentes ou em depósitos encontradas em seu território.

A gestão dos recursos hídricos deve envolver organismos de atuação nas escalas federal, regional, estadual e municipal, embora não existam águas “municipais”. Em nível federal são estabelecidas às diretrizes gerais à legislação básica, regulamentando os procedimentos a serem adotados.

As ações de gestão devem desenvolver-se no nível da bacia, através de um plano de utilização integrada dos recursos hídricos. Na execução participam os organismos de atuação nos diversos níveis de governo, coordenados por um Comitê de Bacia (MOTA, 1995). A Lei Federal n.º 9.433/1997, bem ao modelo do sistema de gestão de recursos hídricos francês, acrescenta a participação dos usuários de água e da sociedade civil, tornando mais democrática a gestão e mais complexo o papel do Comitê de Bacia.

O Brasil vem desenvolvendo políticas e leis de gerenciamento e uso sustentável os recursos hídricos, no qual é definida a bacia hidrográfica como unidade territorial para se realizar a gestão dos recursos hídricos.

Vianna (2002) observa a proposição de dois modelos de gestão da águas: o mercado das águas, baseado na experiência do oeste americano, no direito de propriedade e na possibilidade de transferir esse direito. Sua premissa básica é que a locação da água é otimizada pelo interesse em obter a maior rentabilidade na aplicação do seu "bem privado", como grifa o autor. E, o segundo sistema de gestão é o de negociação e regulação, implantado na França, que objetiva preservar a água como bem público, mas delega a gestão aos Comitês de Bacias, usando também os preceitos de usuário-pagador e poluidor-pagador. O sistema de

gestão de negociação e regulação influenciou a legislação de vários países, entre eles o Brasil, utilizando-se basicamente de três instrumentos para essa gestão: a fiscalização das águas, o incentivo econômico e a planificação.

O Código das Águas de 1934 é considerado o primeiro texto de importância sobre o assunto, tornando-se a primeira tentativa de regulação do aproveitamento da água, aprovado através do Decreto Federal n.º 24.643 de 10 de julho de 1934 (COSTA, 2003). O código objetivou estabelecer uma legislação adequada que permitisse ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas e definiu as águas em: públicas e particulares. Também estava assegurado o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água. Nesse período, a responsabilidade desses recursos pertencia ao Ministério da Agricultura, passando posteriormente, nos meados da década de 1960 para o Ministério de Minas e Energia.

Na Constituição de 1988, poucas modificações foram feitas ao texto do Código das Águas, entretanto, foi extinto o domínio privado da água, antes contido no Código de 1934. Com isso, todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público. O texto constitucional propõe "(...) instituir um sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga e direitos". Essa proposta serviu como um gancho jurídico para a Lei de Recursos Hídricos Federal que surgiria em 1997.

A Secretaria de Recursos Hídricos – SRH foi criada em 1995. Na época suas atribuições eram direcionadas para ações de irrigação e de obras de infra-estrutura hidráulica. Com a instituição da Política de Recursos Hídricos e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, pela Lei Federal n.º 9.433/1997, a SRH adquiriu novas atribuições de atuação, tornando-se parte integrante da estrutura básica do Ministério do Meio Ambiente e do SINGREH.

A Lei Federal n.º 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em seus fundamentos define: “água é um bem de domínio público”; “água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”; “a gestão de recursos hídricos deve promover o uso múltiplo das águas” e “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos”. São definidos os instrumentos essenciais para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, como:

- Planos de Recursos Hídricos;
- Enquadramento dos corpos de água segundo classes específicas;
- Outorga de direito de uso dos recursos hídricos;

- Cobrança pelo uso da água;
- Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

Um princípio importante encontrado na lei 9.433/97 trata da gestão descentralizada e participativa, envolvendo todos os segmentos da sociedade, desde o Poder Público, até aos usuários e comunidades.

A ANA foi efetivada através da Lei Federal n.º 9.984/2000, é uma autarquia sob regime especial com autonomia administrativa e financeira vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. Já a SNRH é parte integrante do MMA e depende do Ministério.

As principais atribuições de cada organismo do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, segundo a ANA (2005) são:

- Os Conselhos, com a função de subsidiar a formulação da Política de Recursos Hídricos e dirimir conflitos no mais alto nível;
- O Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Recursos Hídricos - MMA/SRH, que formula a Política Nacional de Recursos Hídricos e subsidia a formulação do Orçamento da União;
- A Agência Nacional das Águas – ANA, que implementa o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, outorga e fiscaliza o uso de recursos hídricos de domínio da União;
- O Órgão Estadual, com a função de conceder a outorga e fiscalizar o uso de recursos hídricos de domínio do Estado;
- O Comitê de Bacia, que decide sobre o Plano de Recursos Hídricos (quando, quanto e para que é cobrado o uso dos recursos hídricos); e
- Agência de Água, que é o escritório técnico do comitê de Bacia.

Para a ANA (2005), a conservação de bacias hidrográficas é uma estratégia que visa proteger e restaurar a qualidade ambiental e conseqüentemente os ecossistemas aquáticos. Esta abordagem baseia-se na constatação de que muitos dos problemas de qualidade e quantidade de água são evitados ou resolvidos de maneira eficaz, por meio de ações que focalizem a bacia hidrográfica como um todo, verificando as atividades desenvolvidas em sua área de abrangência e os atores-políticos envolvidos.

De acordo com SPVS (1999) a gestão ambiental com o avanço das formas de organização e participação da sociedade, passou a ser entendida como a administração do uso produtivo da água com todas as implicações ambientais, sociais, econômicas e judiciárias,

trazidas por essa utilização. Um sistema de manejo sem um correspondente sistema de gestão é insustentável.

O MMA (2003) aponta que a gestão por bacia hidrográfica pode proporcionar uma efetiva integração das políticas públicas e ações regionais, o que é bastante positivo.

No contexto do Estado do Rio de Janeiro, como aparato legal de interesse na elaboração de um estudo sócio-ambiental de uma região, citamos a Constituição Estadual e a Lei Estadual n.º 3.239/1999, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Rebouças (2002), a gestão integrada dos recursos hídricos é tarefa essencial do desenvolvimento sustentável, devendo seguir um modelo que reconheça a necessidade de descentralizar o processo decisório e não somente ações para completar adequadamente as diversidades e peculiaridades físicas, sociais, econômicas, culturais, municipais ou de unidades hidrográficas críticas.

Ainda para Rebouças (2004, p. 33), “(...) a gestão da gota d’água disponível deverá ser economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justa”.

2.3. Reconhecimento ambiental e jurídico de uma bacia hidrográfica

Segundo Musetti (2001), o limite da bacia hidrográfica é estabelecido considerando-se a topografia, declividade e divisores de água. Além disso, em uma bacia hidrográfica, estão incluídas atividades sócio-econômicas de uso e ocupação, além de fatores físicos, ambientais e jurídicos.

Com base nessa orientação, a bacia hidrográfica deve ser entendida como sendo a unidade ecossistêmica e morfológica que permite a análise e entendimento dos problemas ambientais, que são também sociais, políticos, econômicos e jurídicos. Ela também é perfeitamente adequada para um planejamento e manejo, buscando otimizar a utilização dos recursos humano e natural, para estabelecer um ambiente sadio e um desenvolvimento sustentado.

Na tentativa de se analisar aspectos ambientais e jurídicos de uma determinada bacia hidrográfica, se faz necessário proceder um reconhecimento ambiental, envolvendo todos os campos da ciência ambiental (Ecologia, Biologia, Engenharia Florestal, Engenharia Agrônômica, Engenharia Ambiental, Geografia, etc.).

O Reconhecimento Ambiental (RA) é a reorganização e a atualização de dados e informações relativos a todos os campos da ciência ambiental, que, por natureza, permitem ter como objeto de estudo uma determinada bacia hidrográfica. (MUSETTI, 2001)

Este RA da bacia hidrográfica implica, necessariamente, no remapeamento atualizado dos vários tipos de mapas existentes sobre a bacia, no mapeamento dos dados inexistentes, na elaboração de levantamentos históricos e sociais junto à sociedade local, considerados o desenvolvimento e a qualidade de vida no ambiente da bacia hidrográfica, enfim, todo reconhecimento, *in loco*, que permita conhecer a realidade da bacia hidrográfica.

Feito o Reconhecimento Ambiental da bacia hidrográfica, deve-se partir para a elaboração de seu Reconhecimento Jurídico-Ambiental (RJA). Todos os dados e informações obtidos no relatório do Reconhecimento Ambiental (RA) da bacia hidrográfica serão disponibilizados, em conjunto, e analisados para que se identifiquem os problemas jurídico-ambientais atuais e futuros (consoante o Princípio da Prevenção e o Princípio do Desenvolvimento Sustentável, ambos, pertencentes ao Direito Ambiental) da bacia a ser analisada.

O Reconhecimento Jurídico-Ambiental deverá sempre considerar, para efeito de identificação dos problemas jurídico-ambientais, as três espécies de poluição ambiental apontadas: terrestre, aquática e atmosférica. Desta forma, segundo a visão de Musetti, os aspectos jurídico-ambientais provenientes da bacia hidrográfica, bem como do meio ambiente, são de natureza interativa dialética, ou seja, quando se polui a água, pode ocorrer que o solo e o ar também sejam poluídos; quando se polui o solo, pode ocorrer que a água e o ar também sejam poluídos e, quando se polui o ar, pode ocorrer que a água e o solo também sejam poluídos.

Neste momento, ainda segundo o autor, a natureza jurídica da bacia hidrográfica surge na condição de se atribuir responsabilidades às questões poluidoras, apresentando as justificativas legais de proteção e preservação do recurso hídrico, baseando-se em legislação ambiental específica, como no caso da Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código Florestal, Lei dos Crimes Ambientais, Leis Orgânicas e Planos Diretores Municipais, etc.

Atentos a esta nova mentalidade e comportamento, o Poder Judiciário e o Ministério Público devem trabalhar, incessantemente, para garantir e resguardar o direito da presente e futura geração ao meio ambiente saudável – bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, conforme descrito no Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil.

2.4. O meio ambiente e a questão sócio-ambiental

Para Reigota (1997, p.14), meio ambiente é um “(...) lugar determinado ou percebido, onde os elementos naturais ou sociais estão em relações dinâmicas e em interação. Essas relações implicam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e sociais da transformação do meio natural e construído”.

Além disso, a Declaração de Estocolmo Sobre o Meio Ambiente Humano (1972), proclamada na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, reunida em Estocolmo de 5 a 16 de junho de 1972, atenta à necessidade de um critério e de princípios comuns, que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano.

Nesta declaração, o homem é citado, ao mesmo tempo, como obra e construtor do meio ambiente que o cerca, o qual lhe dá sustento material e lhe oferece oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Em larga e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a uma etapa em que, graças à rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem adquiriu o poder de transformar, de inúmeras maneiras e em uma escala sem precedentes, tudo que o cerca. Os dois aspectos do meio ambiente humano, o natural e o artificial, são essenciais para o bem-estar do homem e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, inclusive o direito à vida mesma.

Conforme a Lei Federal n.º 6.938/1981, com redação dada pela Lei Federal nº 7.804/1989, entende-se por meio ambiente “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as formas”.

Penteado (1985, p.126) também observa as relações sociais, acrescentada às questões ambientais e denomina que “o meio ambiente é o resultado de interações e funcionamento entre os elementos sociais e naturais (...)”. E que “(...) os estudos ambientais procuram compatibilizar o desenvolvimento da economia humana com as restrições impostas pela natureza” (PENTEADO,1985).

Ainda segundo Penteado (1985), para cada ambiente existe uma atividade adequada, que pode ser tolerante e menos impactante, devendo ser prognosticado através do conhecimento profundo das relações que se processam nos sistemas ambientais ou geossistemas, em função das suas potencialidades e de vulnerabilidades.

Para se avaliar a realidade ambiental de um determinado lugar, deve-se realizar o diagnóstico ambiental, analisando as características geoambientais e as relações da sociedade sobre eles, a partir dos dados obtidos, realizar uma análise sócio-ambiental da região.

A Lei Federal n.º 6.938/1981, da Política Nacional de Meio Ambiente, no art. 6º, denomina o diagnóstico ambiental como uma descrição e análise dos recursos ambientais e suas relações, de modo a caracterizar a situação ambiental da área. Considerando o meio físico e o meio sócio-econômico, destacando as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a utilização futura desses recursos.

Com base nesta definição, salientamos que uma análise sócio-ambiental tem como um dos objetivos interpretar a realidade das condições ambientais, identificando a dinâmica dos processos que interferem na sua qualidade, avaliando os principais problemas e as perspectivas de soluções, que subsidiam os planos de trabalhos e propostas de intervenções posteriores. Trata-se de um trabalho complexo, pois depende de uma capacidade de percepção, observação, interpretação e sistematização dos vários processos sociais e naturais presentes e que muitas vezes têm causas, efeitos e abrangência maiores que a área estudada.

2.5. Gestão ambiental sustentável

Segundo Barbieri (1997), os diversos agentes do ambiente, como por exemplo, os indivíduos, os governos, as organizações não governamentais, as indústrias, entre outros; desenvolvem lentamente a concepção da percepção ambiental através de três etapas, basicamente, e citadas a seguir:

- 1ª Etapa: problemas Ambientais localizados – atribuídos à ignorância e negligência de produtores e consumidores;
- 2ª Etapa: problemas generalizados em nível de Estados Nacionais; e
- 3ª Etapa: percebida como problema planetário.

Nas últimas décadas, a comunidade científica vem tentando alertar sobre as conseqüências do uso indiscriminado dos recursos naturais de nosso planeta e, mesmo o homem sabendo da finitude e insuficiência dos recursos naturais, o processo de destruição ambiental sofreu poucas alterações, e que em alguns casos até acelerou.

A percepção para solução de problemas globais busca, além da redução de degradações no ambiente físico e biológico, visa também a resolução de questões sociais,

políticas e culturais como a pobreza e exclusão social, praticando o então chamado desenvolvimento sustentável (BARBIERI, 1997).

De certa maneira, a sustentabilidade no desenvolvimento terá melhores condições de ser alcançada caso ocorra a integração das políticas de desenvolvimento sustentável, ocasionando numa maior conscientização de todos os principais agentes deste processo: população/comunidade, organizações e governo.

Um dos fatores indicativos para se desenvolver uma gestão ambiental com princípios de sustentabilidade é a inclusão da consciência ecológica nas tomadas de decisão administrativas públicas ou privadas. Essa consciência tem sido estimulada através de diversos marcos de divulgação mundiais, como podemos observar no resumo histórico a seguir:

- 1962 – Publicação de "*Silent Spring*" de Rachel Carson, EUA;
- Década de 60 – Criação da Agência de Proteção Ambiental (EPA), EUA;
- 1970 – Reunião do Clube de Roma;
- 1972 – Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, Estocolmo;
- Década de 70 – Crise do petróleo e do modelo energético vigente;
- Décadas de 70 e 80 – Desastres ambientais (Seveso, Bhopal e Chernobyl);
- 1986 – A Câmara Internacional de Comércio estabeleceu diretrizes ambientais para a indústria mundial;
- 1987 – Lançamento do manifesto “Nosso Futuro Comum” (Relatório Brundtland) pelo Conselho Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente da ONU;
- 1991 – Publicação da “Carta Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável”, pela ICC. E lançamento do documento “Mudando o Rumo: Uma Perspectiva Empresarial Global sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente” pelo BCDS (*Business Council on Sustainable Development*);
- 1991 – A *International Organization for Standardization* (ISO) constitui o Grupo Estratégico Consultivo sobre o Meio Ambiente (SAGE);
- 1992 – Realização da Conferência do Rio de Janeiro ECO-92 – Cúpula da Terra;
- 1996 – A norma ISO 14000 é aprovada e publicada como norma internacional;
- 1997 – Protocolo de Quito à Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas em Quioto;
- 2001 – Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes;

- 2002 – Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), Johannesburgo, África do Sul; e
- 2007 – Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+15), Rio de Janeiro, Brasil.

A proposta de sustentabilidade desenvolvida nestes eventos de debate internacional, e consolidada na Rio-92, consiste em promover um modelo de desenvolvimento que garanta o uso sustentável dos recursos naturais, preservando a biodiversidade e assim, freando a degradação do meio.

O objetivo das conferências da ONU sobre o meio ambiente tem sido conscientizar os países sobre a importância de se promover a limpeza do ar nos grandes centros urbanos, dos rios nas bacias hidrográficas e combate à poluição marinha. Além disso, na Rio-92, os princípios básicos resultantes foram a Carta da Terra – também chamada de Declaração do Rio – visam estabelecer acordos internacionais, que respeitem os interesses de todos e que protejam a integridade do sistema global de ecologia e desenvolvimento.

Durante este processo de formação da consciência ecológica, surgiram diversos acordos e tratados relativos à gestão do meio ambiente, vital para o desenvolvimento sustentável, em que organizações versáteis, dinâmicas, ágeis e lucrativas devem ser a força impulsionadora para tal movimento. As organizações passam a ter consciência da existência de um objetivo comum e não conflitivo entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental.

Segundo Castro (1996), as empresas que fazem um compromisso com o meio ambiente, demonstram confiança e apostam no futuro. Em outras palavras, elas buscam uma nova perspectiva em que os cuidados ambientais deixam de ser obstáculos à atividade da empresa, e se tornam a garantia de que ela se firmará no mercado com maiores oportunidades de negócios.

Um plano de gestão ambiental sustentável leva o princípio de desenvolvimento econômico, através do uso de recursos naturais e ocupação do ambiente, e da proteção ambiental para a promoção de políticas públicas. Desta forma, as ações de uma determinada empresa ou do setor público passam a ter uma relação construtiva e preservacionista com o meio ambiente.

3. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS OSTRAS

O município de Rio das Ostras encontra-se na região das baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro e dista cerca de 173 km da cidade do Rio de Janeiro. Tomando como ponto de partida a capital, o melhor caminho para atingi-lo é seguindo pela rodovia BR-101, até a vila de Rio Dourado, situada pouco depois da cidade de Casimiro de Abreu. Em Rio Dourado toma-se a estrada RJ-162 e, após cerca de 14,0 km nesta via toma-se a RJ-106, que leva até o centro do município, conforme observado na figura 11, abaixo.

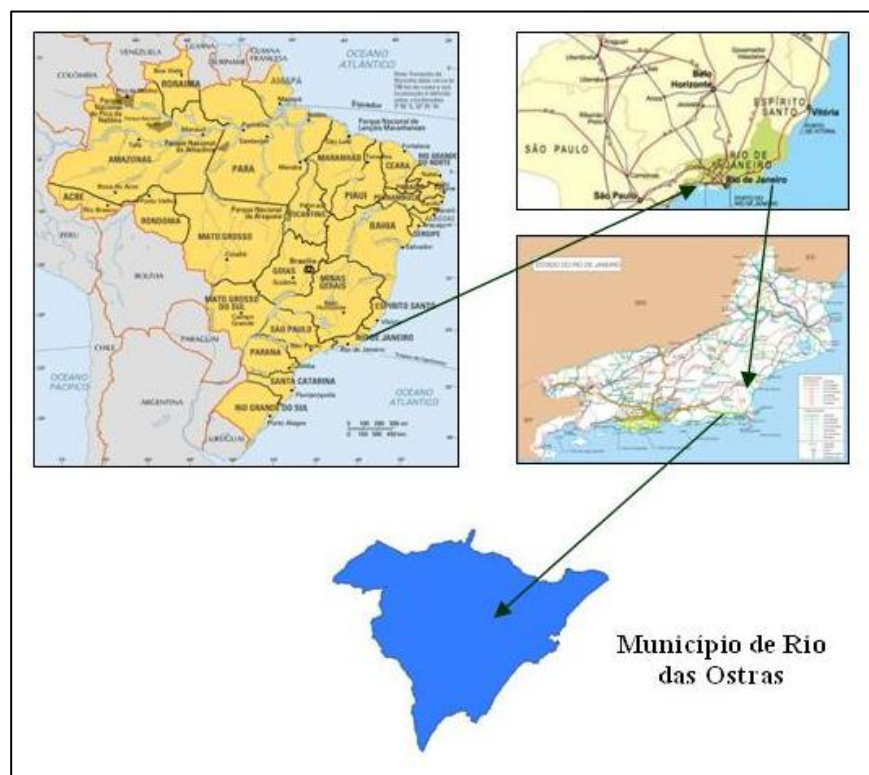


Figura 11 – Localização do Município de Rio das Ostras
Fonte: Sistema de Informações Ambientais, 2007.

A bacia hidrográfica do rio das Ostras possui uma característica interessante em relação ao município de mesmo nome.

os limites com a bacia da lagoa de Imboassica, que por suas vez integra a área do Consórcio Intermunicipal Macaé – Lagoa Feia. O limite se localiza na extremidade sul da praia do Mar do Norte, mais ou menos em frente em frente à Pedra do Viana. Nas micro-bacias litorâneas estão as lagoas de Iriry, Salgada e Itapebussus, e alguns córregos que cortam a Fazenda Itapebussus e deságuam direto nas praias.

A região hidrográfica do rio das Ostras confronta-se a oeste com a bacia do rio São João, ao norte com a bacia do rio Macaé e a leste com a bacia da lagoa de Imboassica; e é cortada pelas rodovias RJ-106 (Rodovia Amaral Peixoto) e RJ –162 (Rio Dourado-Rio das Ostras). Além disso, as terras da bacia são compartilhadas por dois municípios, conforme se observa na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Participação territorial dos municípios na RH do rio das Ostras

Município	Área na bacia (km²)	% da bacia
Casimiro de Abreu	12	7,5
Rio das Ostras	145	92,5
Total	157	100

Fonte: CILSJ, 2007

As terras pertencentes a Casimiro de Abreu estão à oeste da estrada RJ-162, estendendo-se até o povoado de Palmeiras e pelas áreas circunvizinhas a Reserva Biológica União, no extremo noroeste da bacia. O território do município de Rio das Ostras, além da bacia do rio de mesmo nome, abriga parte de três outras bacias hidrográficas. A do rio São João, representada pela sub-bacia da vala do Medeiros, que drena a porção oeste da cidade e o extremo sul do município; a bacia do rio Macaé, representada pela parte superior do rio Purgatório e dois de seus afluentes – rios Jundiá e Iriry – que tem o mesmo nome dos formadores do rio das Ostras, onde estão as localidades de Rocha Leão e Jundiá, abrangendo a região noroeste do município; e por fim a bacia do rio Imboassica, incluindo seu principal afluente, o córrego Trindade, abarcando os povoados de Trindade e Mar do Norte, a nordeste do município.

Na bacia hidrográfica, está localizada grande parte da cidade de Rio das Ostras, além dos povoados de Cantagalo, Iriri e Âncora. No tocante ao município de Casimiro de Abreu, destaca-se apenas o povoado de Palmeiras, localizado as margens da RJ-162.

3.1. Meio físico

3.1.1. Aspectos climáticos

A determinação das características climáticas de uma determinada região dependerá da influência de uma série de variáveis, locais e externas, que resultará num processo dinâmico, gerando micro-climas regionais. Na região onde estão inseridos os municípios de Rio das Ostras e Macaé, de acordo com os levantamentos realizados pela PMRO em 2004, apresentaram as seguintes realidades extra-locais como determinantes das condições climáticas:

Posição Geográfica – situa-se na zona inter-tropical, o que determina, potencialmente, alta insolação e temperatura;

Recorte do Litoral – na região sudeste do estado do Rio de Janeiro, o litoral sofre uma mudança radical. Entre a cidade do Rio de Janeiro e a de Arraial do Cabo o litoral tem uma direção geral leste-oeste. A partir de Cabo Frio, o litoral passa a ter uma direção geral sudoeste-nordeste. Esta inflexão determina uma incidência diferenciada dos efeitos das massas de ar e ventos;

Relevo – a região apresenta uma vasta planície, com relevo montanhoso apenas a oeste da região, o que determina uma ausência de barramento dos ventos mais úmidos do oceano, desfavorecendo a ocorrência de chuvas do tipo orográficas;

Dinâmica das Massas de Ar – as massas de ar mais atuantes são a Massa Tropical Atlântica, que predomina nos meses de verão, determinando ventos nordeste fracos e altas temperaturas, e as Frentes Polares, que dominam os meses de inverno, caracterizando-se pela ocorrência de ventos de sul-sudoeste e temperaturas mais amenas;

Correntes Marinhas – na região de Cabo Frio existe um importante fenômeno de ressurgência oceânica, que determina a presença em superfície de águas mais frias, resultando em uma menor precipitação na área continental;

Processos Urbanos – estes processos, em geral, determinam mudanças climáticas locais. Na região vem ocorrendo um forte crescimento urbano, com alterações significativas no uso do solo, e conseqüentemente, na difusão da luminosidade proveniente do Sol, pelas superfícies. Ocorrem ainda mudanças locais de insolação (no nível do solo), temperatura e umidade, e qualidade do ar, principalmente devido ao trânsito de veículos, além do risco de erosão.

O clima regional apresenta índices de precipitação mais baixos que nas demais regiões do estado. A temperatura média anual na região fica entre 20° e 25°. As principais características meso-climáticas da área do município de Rio das Ostras e as variações sazonais, segundo dados das estações de Álcalis (Cabo Frio) e de Macaé, são apresentadas a seguir.

Tabela 3 – Temperaturas médias observadas na região

Estação / Mês	Temperatura (°C)
Verão – Janeiro	25° - 26°
Outono – Abril	22° - 23°
Inverno – Julho	19° - 20°
Primavera – Outubro	22° - 23°

Fonte: Estação meteorológica de Álcalis

Localmente, ocorrem diferenças de temperatura, com maiores médias no núcleo urbano e menores médias junto ao litoral, devido aos fortes ventos que ali chegam. A umidade média anual está em torno dos 80%, com ligeiras variações sazonais e pequenas modificações locais, principalmente devido ao sombreamento. A posição geográfica e a pequena formação de nuvens na região determinam uma alta insolação, com diferenças nas áreas de sombreamento na cidade.

Em relação aos ventos, na área em estudo predominam, em frequência, os ventos nordeste, com velocidade comumente acima de 6 nós, associados ao predomínio da Massa Tropical Atlântica. Ocorrem também ventos associados a situações normais (alísios) e os ventos sudoeste, associados às frentes frias.

A pluviosidade média anual está em torno dos 1.300 a 1.500 mm, com variações anuais médias, como podem ser observadas na tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Variação da pluviosidade média

Estação / Mês	Pluviosidade Média
Verão – Janeiro	100 – 150mm
Outono – Abril	50 – 100mm
Inverno – Julho	50 – 100mm
Primavera – Outubro	50 – 150mm

Fonte: Normas Climatológicas do RJ

Os eventos de chuvas mais intensas ocorrem no verão, com picos de até 100mm em um intervalo de 24 horas, com períodos de recorrência de 8 a 10 anos.

A região dos municípios de Rio das Ostras e de Macaé apresenta um excedente hídrico anual pequeno, com valores entre 0 – 50 mm/ano. A variação sazonal ocorre conforme apresentado na tabela 5, cujos valores variam de acordo com a pluviosidade, uma vez que a evaporação tende a se manter constante durante o ano.

Tabela 5 – Variação sazonal do excedente hídrico

Estação / Mês	Excedente/Reposição/Deficiência
Verão – Janeiro	0 - 50mm – excedente
Outono – Abril	0 – reposição
Inverno – Julho	0 – reposição
Primavera – Outubro	0 – reposição

Fonte: Normas Climatológicas do RJ

O clima geral da bacia hidrográfica do Rio das Ostras segue as mesmas características gerais do território dos municípios de Rio das Ostras e de Macaé. Apesar desta particularidade, podem ser identificados pelo menos 3 meso-climas no contexto da bacia:

- no trecho da região da Serra do Segredo e da Serra do Pote, onde o clima apresenta temperaturas médias ligeiramente mais elevadas que as médias regionais, em função da distância do mar; e a umidade relativa do ar também é menor, devido aos ventos menos intensos;
- o segundo, no trecho formado pelos brejos e regiões inundáveis, a médio curso dos rios da região, diferenciado pelas temperaturas ligeiramente mais elevadas; e
- no trecho, que engloba a Lagoa de Iriry e a faixa litorânea, apresentando temperaturas mais amenas que as médias regionais e umidade relativa do ar mais elevada em função da maior proximidade do mar.

Da observação dos dados de evaporação verifica-se que a evaporação média, obtida através dos dados da Prefeitura de Rio das Ostras, é de aproximadamente 1.000 mm e a umidade relativa do ar está no entorno de 81%, sem grandes variações ao longo do ano. A precipitação média anual situa-se em torno de 1.100 mm, sendo maio a agosto o quadrimestre mais seco, enquanto os meses de outubro a janeiro correspondem ao quadrimestre mais chuvoso.

Qualidade do ar

Na bacia do rio das Ostras, conforme PMRO (2004), as principais fontes causadoras de degradação da qualidade do ar são:

- Trânsito de veículos – ao longo da Rodovia RJ-106, nos horários de pico da manhã e da tarde, e em feriados e finais de semana, gerando degradação por gases, descontínua e local, com vários processos de dissipação, sendo os ventos os principais responsáveis;
- Emissão de poeira – ao longo das rodovias vicinais não pavimentadas, devido ao trânsito de veículos. A emissão é principalmente de particulados, com abrangência espacial reduzida e descontinuidade no tempo, causando pequena degradação na qualidade do ar;
- Emanação de gases – trata-se da emissão de odores provenientes da poluição dos cursos d'água, lagoas e do freático e dos motores de veículos, apresentando-se em situações localizadas e de pequeno impacto na qualidade do ar na bacia.

3.1.2. Aspectos geomorfológicos

Conforme o estudo do Levantamento semidetalhado de solos do município de Rio das Ostras (2004), a geomorfologia da bacia hidrográfica do rio das Ostras é caracterizada por dois tipos de sistema de relevo: os relevos de agradação e os relevos de degradação, conforme a figura 13 a seguir.

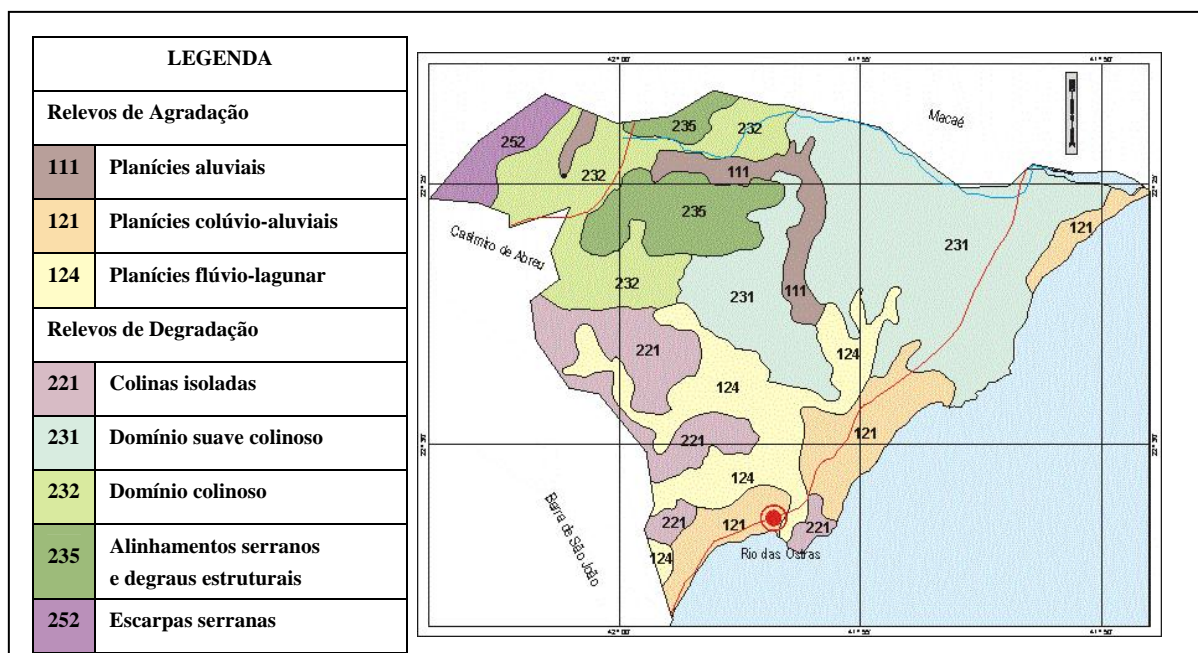


Figura 13 – Sistemas de relevo do Município de Rio das Ostras

- **Relevos de agradação**

Planícies Aluviais

As planícies aluviais apresentam amplitude topográfica nula, as geometrias das vertentes são sub-horizontais. São formadas por depósitos de sedimentos argilo-arenosos fluviais alúvio-coluviais. São áreas com padrão de drenagem variando de terrenos bem drenados a terrenos mal drenados.

Planícies Colúvio-aluviais

Esta unidade geomorfológica, assim como as planícies aluviais, apresenta amplitude topográfica nula, a geometria das vertentes são sub-horizontais. São formadas por depósitos de sedimentos argilo-arenosos, coluviais e aluviais. Em geral são áreas caracterizadas por terrenos mal drenados.

Planícies Flúvio-lagunares

Esta unidade geomorfológica apresenta amplitude topográfica nula e superfícies planas. São formadas por depósitos de sedimentos argilosos orgânicos de paleolagunas colmatadas. Em geral, estas são áreas caracterizadas por terrenos muito mal drenados.

- **Relevos de degradação**

Colinas Isoladas

O sistema de colinas isoladas apresenta amplitude topográfica inferior a 100,0m. O relevo é suave com vertentes geralmente convexas e topos alongados ou arredondados. Apresenta cobertura formada por colúvios e alúvios, com densidade de drenagem muito baixa com padrão paralelo a dendrítico.

Domínio Suave Colinoso

Esta unidade geomorfológica apresenta amplitude topográfica inferior a 50,0m. O relevo é muito suave, com vertentes geralmente convexas e topos alongados ou arredondados. Apresenta cobertura formada por colúvios e alúvios, com densidade de drenagem baixa a média e padrão variável de dendrítico a treliça ou retangular.

Domínio Colinoso

O domínio colinoso tem amplitude topográfica inferior a 100,0m. O relevo é suave, com vertentes geralmente convexas e topos alongados ou arredondados. Apresenta cobertura formada por colúvios e alúvios. A densidade de drenagem é média, sendo seu padrão variável de dendrítico a treliça ou retangular.

Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais

Esta unidade geomorfológica apresentam grande amplitude topográfica (300,0 a 700,0m). Seu relevo varia de médio a elevado com vertentes retilíneas a côncavas, por vezes escarpadas. Os topos são aguçados ou freqüentemente em forma de cristas alinhadas. Apresenta cobertura formada por colúvios e depósito de tálus, com densidade de drenagem alta. O padrão de drenagem pode ser dendrítico, variando de paralelo a treliça ou retangular.

Escarpas Serranas

As escarpas serranas também apresentam amplitude topográfica superior a 500,0m. Seu relevo é muito elevado com vertentes retilíneas a côncavas, ou mesmo escarpadas. Os topos são aguçados ou em forma de cristas alinhadas. Apresenta cobertura formada por colúvios e depósito de tálus. A densidade de drenagem é muito alta, seu padrão de drenagem pode ser dendrítico, variando de paralelo a treliça ou retangular.

3.1.2.1. Geologia

Na área delimitada pela bacia hidrográfica do rio das Ostras ocorrem quatro unidades lito-estratigráficas, conforme descreve Muehe & Valentini (1998), caracterizadas da seguinte forma:

- os gnaisses-granitóides do embasamento cristalino;
- as litologias predominantemente migmatíticas, que formam o relevo interessante das serras da área montante da bacia;
- os cordões litorâneos; e
- os sedimentos atuais e sub-atuais depositados nas planícies de inundação próximo à costa.

Os afloramentos são raros no embasamento cristalino. As rochas formam relevos com solos residuais bem desenvolvidos, espessos, que se apresentam em colinas de morfologia suave.

Os gnaisses-granitóides da Serra do Pote e da Serra do Sossego, por outro lado, formam as escarpas rochosas que se destacam na paisagem de montante da bacia. São notáveis as lascas desenvolvidas a partir de fraturas de alívio, que representam uma feição de risco no contexto do modelado, fato corroborado pelos depósitos de tálus, comuns na região. Uma falha, que ocorre na direção nordeste-sudoeste, individualiza as duas feições morfológicas da região.

A sedimentação quaternária é composta por sedimentos marinhos costeiros e por sedimentos fluviais a flúvio-marinhos. Durante o período quaternário, os processos de transgressão e regressão marinha geraram a morfologia atual da costa, com planícies aluvionares, praias e ilhas, entre outros.

A região de planície é formada por sedimentos quaternários arenosos ou por aterros artificiais para construção civil. Os solos são caracteristicamente arenosos, podzol hidromórfico nas planícies costeiras. Elevações e pequenos morros, formados por solo residual ou pelo afloramento do gnaise, formam costões rochosos na região de praia, sobretudo na desembocadura do rio das Ostras (PMRO, 2004).

3.1.2.2. Relevô

O relevô na bacia hidrográfrica do rio das Ostras é bastante moderno. As suas principais feições foram geradas já no período Quaternário, sendo que grande parte do território urbano é ainda mais recente. A principal implicação deste fato é que as condições gerais encontradas, mesmo antes da presença humana, tendem a não ser as formações clímax, tratando-se de ambientes mutáveis e ainda em evolução.

A evolução da faixa costeira brasileira, segundo os estudos de Muehe & Valentini (1998), apresenta um modelo de oito fases de formação. Apesar de ainda necessitar de aprimoramentos, este modelo possibilita uma abordagem evolutiva das grandes faixas do litoral, e pode auxiliar no entendimento dos processos de geração da bacia hidrográfrica do Rio das Ostras.

As fases de evolução do modelo se aplicariam da seguinte forma:

Fase 1 – corresponde à deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras, no fim do período Terciário, em situação de clima seco, com chuvas concentradas e nível do mar bem abaixo do atual. Na região de estudo, esta fase corresponde a um período de intensa dissecação do relevô, provavelmente com a formação da topologia atual da bacia;

Fase 2 – máximo da antiga transgressão marinha; nesta fase ocorreu uma elevação do nível do mar e erosão dos depósitos anteriores. Na área de estudo, a maior parte

da bacia deveria estar imersa neste momento e, provavelmente, os afloramentos da serra do Pote sejam desta época;

Fase 3 – deposições continentais pós-Barreiras. Este é um período regressivo, de deposição continental, em clima seco e com chuvas concentradas. Também corresponde a uma fase de dissecação do relevo;

Fase 4 – máximo da penúltima transgressão; neste momento, o nível do mar encontra-se a oito metros acima do nível atual. Na área de estudo ocorre deposição de areias e argilas marinhas e erosão de feições da fase anterior;

Fase 5 – construção de terraços marinhos pleistocênicos; nesta fase ocorre deposição de areias marinhas em restingas. Na área de estudo as áreas arenosas mais internas devem pertencer a este período;

Fase 6 – máximo da última transgressão, entre 6.500 e 7.000 anos AP, quando o nível do mar encontrava-se 4,0 a 5,0m acima do nível atual, o que gerou um sistema de lagunas e ilhas barreiras. Esta configuração provavelmente existia na área de estudo;

Fase 7 – construção de deltas intralagunares; neste fase regressiva ocorre a colmatação das lagunas por sedimentos continentais fluviais;

Fase 8 – construção de terraços marinhos holocênicos; neste período ocorre ainda um recuo do nível do mar até chegar ao nível atual, com pequenos eventos transgressivos, levando à formação das restingas mais externas e lagunas internas a essas restingas. Na área de estudo ocorreu o progressivo fechamento das lagunas e consolidação do canal do Rio das Ostras, com prosseguimento da colmatação das áreas brejosas internas por sedimentos continentais.

A estas fases deve ser acrescida uma fase atual (a partir da efetiva ocupação da área), quando intensas modificações, como a retirada da vegetação e retificação ou a criação de canais, favoreceram processos de deposição nas planícies brejosas, com elevação do nível do terreno.

Pelo exposto, podemos realizar uma comparação direta à formação do relevo da bacia hidrográfica do rio das Ostras, onde se nota um processo constante de formação e colmatação de uma antiga laguna, que se torna uma área embrejada e, posteriormente, com sensível impacto antrópico em um sistema fluvial de baixa energia.

Na realidade, a bacia do rio das Ostras apresenta uma morfologia onde se destacam dois anfiteatros: um com eixo no canal do rio das Ostras e outro no eixo do rio Jundiá, separados por um divisor formado por colinas isoladas e terrenos baixos. Estes dois anfiteatros juntam-se no estuário do rio das Ostras (aparentemente o rio Jundiá foi capturado

devido à formação da restinga e/ou canalizado artificialmente para esta área). Em verdade, esta é uma grande área inundável, cuja parte distal liga-se a um canal tortuoso, cuja topologia é ditada pela presença de colinas à beira do mar. A leste e oeste, a bacia é limitada por colinas suaves, e a norte, por relevos mais abruptos (serra do Pote).

3.1.2.2.1. Compartimentos de relevo da bacia do rio das Ostras

A bacia hidrográfica do rio das Ostras apresenta uma morfologia onde se destacam dois anfiteatros, um com eixo no canal do rio das Ostras e outro no eixo do rio Jundiá, separados por um divisor formado por colinas isoladas e terrenos baixos. Estes dois anfiteatros se juntam no estuário do rio das Ostras, que, na verdade, é uma grande área inundável, cuja parte distal liga-se a um canal tortuoso, e cuja topologia é ditada pela presença de colinas à beira do mar.

Compartimento Serra do Pote [CSP/POTE]

A Serra do Pote é o relevo de maior altimetria e visibilidade na bacia, com altitude de até 300 metros. Sua morfologia apresenta topos arredondados, encostas convexas com afloramentos rochosos e altos declives, vales declivosos (em sentido norte-sul e leste-oeste), e rampas de talús-colúvio na base das encostas. Este compartimento pode ser dividido nos seguintes sub-compartimentos: Morro do Iriry, Vale do Rio Cantagalo, Serra do Careta, Vale da Fazenda São Pedro e Serra do Jundiá, agregando ainda o morro do Cantagalo, de características semelhantes, mas isolado da “serra”.

Os sub-compartimentos Morro do Iriry e Morro do Cantagalo apresentam altimetria entre 200,0 e 300,0m, topos arredondados, encostas convexas com declives em torno de 45°, com trechos mais declivosos onde sobressaem afloramentos de rocha. O manto de intemperismo apresenta espessura inferior a 2,0m. Ocorrem processos de movimentação e carreamento de solo, parcialmente inibidos pela presença de vegetação. Este compartimento exporta sedimentos e água para o vale e a baixada (colina Califórnia – Cantagalo) a jusante. Os fluxos pluviais são controlados pela presença da vegetação, predominando fluxos subsuperficiais. Esta área apresenta alto potencial de preservação, tendo em vista que seu desmatamento pode comprometer as áreas a jusante, devido ao aumento do carreamento de sedimentos e diminuição dos fluxos subsuperficiais de recarga.

O sub-compartimento Vale da Serra do Careta apresenta encostas com declives acima de 45°, com manchas de vegetação e afloramentos rochosos. O fundo do vale apresenta declive em torno dos 40°. O manto de intemperismo é pouco profundo. Ocorrem processos de

erosão e carreamento de solo em áreas expostas. Existem riscos de ocorrência de movimentos gravitacionais nas encostas e no vale, que podem gerar corridas de lama, com potencial para atingir zonas a jusante. Esta área apresenta *output* de água e sedimentos para os compartimentos de jusante (colinas Califórnia – Cantagalo). O fluxo das águas é permanente no fundo do vale, com zonas de recarga nas encostas e nos próprios sedimentos do referido fundo de vale. Os fluxos pluviais são predominantemente subsuperficiais, com concentração na calha central do vale. Os principais problemas encontrados estão associados aos riscos de escorregamentos e à erosão em áreas desprotegidas. O potencial desta área também aponta para a preservação, em função dos recursos hídricos existentes. A construção de vias ou mesmo barragens no fundo do vale deve ser acompanhada de estudos geotécnicos adequados.

O sub-compartimento Serra do Careta apresenta altimetria entre 200,0 e 300,0m, com topo e encostas convexas, manto de intemperismo pouco espesso e presença de afloramentos rochosos na alta e média encosta e rampas de colúvio na porção de jusante. Ocorrem processos associados às chuvas, com mobilização e arraste de sedimentos – controlados pela presença de vegetação – e movimentos gravitacionais (movimentos de solo e blocos). Este compartimento apresenta *output* de água e sedimentos para jusante (Compartimento Fazenda São Pedro). A dinâmica da água apresenta fluxos pluviais subsuperficiais predominantes devido à presença de vegetação, com formação de fluxos superficiais difusos em eventos de maior magnitude. Os problemas encontrados estão associados à possibilidade de desmatamento, o que levaria a uma maior produção de sedimentos (de erosão e escorregamentos) para as áreas de jusante, comprometendo a quantidade de água na bacia. Apresenta alto potencial para a preservação.

O sub-compartimento denominado Vale entre a Serra do Capeta e Serra do Jundiá é uma feição estrutural, com encostas íngremes e fundo de vale com declive acima de 40°. Nele ocorrem processos de mobilização e transporte pluvial, erosão e transporte pluvial e movimentos gravitacionais, com potencial para geração de corridas de detritos que podem atingir as áreas a jusante. Este compartimento produz *output* de água e sedimentos para os vales de jusante. A circulação da água apresenta 2 padrões, com os fluxos subsuperficiais alimentando os fluxos semi-permanentes no fundo do vale. Os principais problemas encontrados estão associados ao desmatamento potencial.

A Serra de Jundiá ocupa a porção oeste da Serra do Pote, apresentando altitudes de até 300,0m, topo convexo e encostas também convexas com declives em torno dos 45°, manto de intemperismo pouco espesso e rampas de tálus-colúvio na sua porção distal. Ocorrem processos de mobilização e carreamento em eventos pluviais, parcialmente contidos

pela ação da vegetação. O fluxo das águas é predominantemente subsuperficial, assumindo a forma de fluxos superficiais difusos em eventos pluviais de maior magnitude. Esta área produz *output* de água e sedimentos (controlado pela vegetação) para os compartimentos de jusante.

A Serra do Pote, como um todo, apresenta um baixíssimo potencial para aproveitamento agrário e urbano, devido à fragilidade de suas encostas e vales, e dificuldade de implantação de vias de acesso a custo adequado. Assim, espera-se que esta área, de grande potencial paisagístico, seja mantida para fins de preservação.

Compartimento Colinas Sítio Sagitário [CC]

Este compartimento agrupa uma série de colinas que se estendem no sentido norte-sul, funcionando como divisoras de águas entre as sub-bacias do rio das Ostras e do rio Jundiá, sendo atravessadas pela estrada Rio das Ostras – Cantagalo. A morfologia desta área é formada por duas feições. A primeira é de colinas de maior altimetria (entre 50,0 e 100,0m), com topos semiplanos e encostas convexas com declives entre 30° e 45°. Nestas feições ocorrem processos de mobilização e arraste pluvial, mais intenso quanto menor a cobertura vegetal. A segunda feição é a de colinas suaves, com altimetria abaixo dos 50,0m, também com topos planos e encostas convexas, mais suaves que na feição anterior. A terceira feição é representada pelos vales entre colinas, com fluxo temporário, entulhados com sedimentos alúvio-coluviais. Este compartimento apresenta *output* de água e sedimentos, das colinas para os vales. Estes sedimentos permanecem imobilizados, sendo movimentados para as calhas principais em eventos pluviais de maior intensidade. O volume de material mobilizado das colinas depende da vegetação existente. Este compartimento, por ser cortado pela estrada, apresenta problemas de erosão intensa em pontos específicos, em locais de cortes e extração mineral (Sítio Sagitário, Fazenda N.^a Sr.^a das Graças). Deve ser evitada a aceleração dos processos erosivos pela manutenção da vegetação existente e replantio das áreas de pasto em colinas.

Compartimento Fazenda São Pedro [SP]

Este compartimento situa-se imediatamente ao sul da Serra do Pote. Apresenta 3 feições principais: as colinas isoladas, os vales e os divisores baixos. As colinas apresentam topo plano e encostas convexas, ocorrendo processos de mobilização e arraste pluvial, facilitados pelo predomínio de pastos.

Os vales são planos e apresentam canais escavados com taludes entre 0,5 e 1,0m. Nestes vales predominam os processos deposicionais aluviais e pluviais dos sedimentos mobilizados nas encostas. Os rios têm pouca capacidade de transporte e os sedimentos depositados apenas são transferidos para jusante em eventos pluviais de grande magnitude. Os divisores baixos são pequenas elevações em forma de sela, que ligam as colinas e separam as micro-bacias locais. Ocorrem nesta área processos poucos efetivos de mobilização e arraste pluvial em função de sua morfologia plana. Este compartimento recebe *input* de água e sedimentos dos compartimentos a montante, com *output* de água para o compartimento planície do rio das Ostras. O *output* de sedimentos ocorre de maneira mais intensa em eventos pluviais de maior magnitude. A circulação da água neste compartimento apresenta um padrão superficial nas colinas e divisores, e padrão subsuperficial e canalizado nas baixadas, com tendências marcantes ao assoreamento. Os problemas presentes nesta área estão associados aos processos deposicionais que podem gerar pontos de assoreamento, e a forte tendência erosiva, uma vez que as colinas estão ocupadas com pastos.

Compartimento Colinas de Oeste [ROS-003]

Este compartimento compreende uma série de colinas que delimitam a fronteira oeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras. A morfologia deste compartimento é formada por colinas com altimetria máxima de 100,0m, topos semiplanos e encostas convexas com declives em torno dos 30°. Apresenta uma ocupação agrária, com predomínio de pastos. Ligando estas colinas existem divisores em forma de sela e colinas baixas. Neste compartimento, ocorrem processos de mobilização e arraste pluvial de intensidade mediana a baixa. Os fluxos pluviais são predominantemente superficiais. Ocorre *output* de água e sedimentos para a sub-bacia do rio das Ostras. Estes terrenos apresentam potencial para urbanização, devendo, no entanto ser evitados os cortes nas encostas.

Compartimento Califórnia – Cantagalo [CC / CA]

Este compartimento está situado a norte da bacia do rio Jundiá e a leste da Serra do Pote. Trata-se de um semi-círculo de colinas, que funcionam como divisores, separadas por planícies fluviais, onde a topologia dos rios ainda não foi totalmente modificada. A ocupação é predominantemente agrária, com presença agrícola marcante. As duas feições morfológicas mais marcantes são as colinas e as planícies. As colinas apresentam altimetria máxima em torno dos 50,0m, topos semiplanos e encostas convexas com declives entre 30° e 40°, ocorrendo processos de mobilização e arraste pluvial. As planícies são planas, formadas

por depósitos fluviais e aluviais, sotopostos a depósitos marinhos, apresentando tendência a agradiação. Os rios correm pouco encaixados evidenciando sua pequena capacidade erosiva ou a intensa deposição. Destacam-se duas planícies principais, a do Rio que corta Cantagalo, que tem suas cabeceiras no vale entre a Serra do Careta e o Morro de Iriry, e a do rio que corta Califórnia. Nas planícies, os processos deposicionais dos sedimentos mobilizados das colinas são predominantes, e apenas em eventos pluviais mais intensos estes sedimentos são exportados para jusante. Os principais problemas desta área são a tendência à erosão nas colinas, principalmente nas áreas desprotegidas e a tendência ao assoreamento dos canais. A circulação da água ocorre de forma superficial e difusa nas colinas e concentrada nos canais (muitas vezes em sub-superfície) nas planícies. As planícies apresentam boas condições para usos agrícolas, com limitações importantes para usos urbanos. Os topos das colinas são privilegiados para usos urbanos, mas os moradores tendem a se concentrar a meia encosta, junto à estrada, tendo sido observados problemas de instabilidade devido a cortes e aterros mal executados.

Compartimento Colinas Nordeste – Serra das Pedrinhas [CNOR]

Fechando a bacia hidrográfica do rio das Ostras encontra-se a leste um compartimento formado por colinas isoladas, planícies e pequenas “serras” de pequena altura. Esta área apresenta uma ocupação mista, com atividades agrícolas, pastos e remanescentes florestais. As colinas apresentam topo semiplano e encostas convexas com declives entre 30° e 40°. Distinguem-se dois conjuntos de colinas, uma com altimetria em torno dos 50,0m e outra com altimetria em torno dos 20,0–30,0m. Em ambos os conjuntos predominam os processos de mobilização e arraste pluvial, mais intensos quanto mais desnuda a superfície. Não foram, no entanto, notados sinais de ravinamento. As planícies são semiplanas com pequenas rampas de colúvio no contato com as colinas. Nelas predominam processos deposicionais pluviais e fluviais (este último em eventos de maior magnitude). Os canais não apresentam desníveis em relação às planícies, e é comum a presença de pequenos anteparos e barragens para armazenamento da água.

De certa maneira, o que se denominou de serras, adaptando-se à terminologia local, nada mais são que relevos de maior altimetria, com topos convexos e encostas com declives entre 30° e 50°, com fragmentos florestais. Nestas feições, os processos de mobilização e arraste estão contidos pela vegetação. Este compartimento exporta água e sedimentos para a planície do rio Jundiá. No entanto, o *output* de sedimentos ocorre apenas em eventos pluviais mais intensos. Os problemas desta área estão associados à deposição de

sedimentos nos vales, com conseqüentes problemas de drenagem. Também foram notados problemas de cortes e aterros inadequados com riscos de escorregamentos. Este compartimento apresenta importantes áreas de recarga para os rios a jusante (áreas florestadas).

Compartimento Baixada do rio Jundiá [PRJ]

A baixada do rio Jundiá apresenta uma morfologia marcadamente plana, resultante de processos marinhos, fluviais e pluviais, apresentando tendências de acreção. Neste compartimento ocorrem processos de deposição diretamente de sedimentos de áreas elevadas vizinhas, bem como deposição de sedimentos mobilizados pelo rio em momentos de cheia. Estes sedimentos depositados podem apenas ser remobilizados em eventos de grande magnitude, sendo conduzidos para o canal e daí para os compartimentos de jusante.

O canal do rio Jundiá apresenta-se retificado, com largura média de 3,0 a 4,0m e taludes laterais de até 1,5m, o que indica um forte declive em relação à baixada. Dentro deste canal ocorrem fluxos de baixa energia, sem competência para o transporte de materiais mais pesados. Existem ainda elementos que diminuem ainda mais esta energia, como plantas higrófilas e barragens artificiais. Esta situação provoca um predomínio de processos deposicionais, com tendência ao rápido assoreamento, que se modifica apenas em eventos de grande magnitude, quando o rio adquire competência para erodir o fundo e as margens, e carrear o material do canal para a rede de drenagem da planície adjacente.

Este compartimento recebe água e materiais dos compartimentos de montante e dos divisores de leste e oeste. Porém, grande parte dos sedimentos mais grosseiros tende a ficar imobilizado nas planícies. Para jusante, o *output* é de água e sedimentos finos (argilas). Apenas em eventos pluviais de maior intensidade este *output* se torna efetivo.

A planície apresenta alto potencial de aproveitamento agrário e baixo potencial para aproveitamento urbano (devido a problemas de drenagem). Os problemas de assoreamento e dificuldades de drenagem são os mais comuns.

Compartimento Curva do rio Jundiá

A curva do rio Jundiá é a feição mais marcante e que define este compartimento. Na verdade, a morfologia atual é bastante incomum, parecendo tratar-se de uma decisão humana, uma vez que seria de esperar-se que o canal continuasse para sul, abastecendo as lagunas costeiras. O fechamento da restinga poderia explicar a mudança acentuada dessa direção. A construção da rodovia Amaral Peixoto e posteriores trabalhos de dragagem

também poderiam explicar esta topologia tão incomum. Esta topologia determina uma redução ainda maior da energia do curso d'água, o que aumentaria a eficácia dos processos deposicionais e do assoreamento. Por outro lado, a tendência ao fechamento do canal tende a provocar o extravasamento em eventos de maior magnitude e enchentes nas margens. Some-se a isto a proximidade da urbanização e a presença de áreas desnudas (antigas jazidas de saibro), com o conseqüente aumento do carreamento pluvial para o canal, e tem-se uma situação de grande instabilidade e risco.

O canal em si apresenta uma topologia em “S”, inicialmente com sentido sul, fazendo uma forte curva para leste, e depois nova curva acentuada para sudoeste. Sua largura é de 10,0m, com profundidade de 1,0m, e taludes verticais de 0,5m. A planície circundante é plana e articulada com pequenos morrotes a norte e com áreas planas em processo de ocupação a sul. Esta planície desnuda e/ou ocupada é grande fonte de sedimentos para o canal. Este compartimento também recebe *input* de água e sedimentos do trecho de montante do rio Jundiá, principalmente em eventos de maior magnitude.

Parece fundamental a proteção das áreas marginais deste rio, visando diminuir os riscos existentes e controlar (gerenciar) os potenciais problemas de assoreamento e enchentes.

Compartimento Rio Iriry [RI]

Este compartimento ocupa a maior parte da porção oeste da bacia hidrográfica do rio das Ostras. Pode-se afirmar que este compartimento apresenta duas feições características.

A primeira é a planície de origem marinha, que passou por sucessivos estágios de colmatação, com uma topografia semiplana. Nela ocorrem processos de deposição de sedimentos trazidos pelo canal em eventos pluviiais intensos, e deposição de origem pluvial dos compartimentos de colinas vizinhos. Aqui se repete a situação geral das baixadas, onde são imobilizados sedimentos.

Uma segunda feição é o canal, antrópico e retilíneo, em desnível de 1,0m em relação à planície, com fluxo de pequena energia e pouco poder de transporte de sedimentos. Nestes predominam processos de deposição por materiais de montante e sedimentos carreados das planícies vizinhas, com fortes tendências de assoreamento e extravasamento em momentos de chuvas mais intensas. Além do *input* de água e sedimentos de montante, este compartimento gera *output* de sedimentos finos e água para o compartimento a jusante.

Deve-se ressaltar que estas planícies atuam como áreas de retenção de sedimentos e de água (principalmente em eventos extremos), evitando transbordamentos a

jusante. Os principais problemas da área estão associados ao assoreamento e a dificuldade de drenagem da planície, o que sugere limitações severas para os usos urbanos.

Compartimento Baixada Jundiá – rio Iriry – rio das Ostras [J-I-RO]

Situa-se na confluência entre as sub-bacias de leste e oeste, que formam o rio das Ostras. Sua morfologia é plana, ficando grande parte do ano alagada. Em seu setor central destacam-se canais artificiais que atuam como linhas de fluxo mais intenso, e canais efetivos durante as marés mais baixas. Sofre ainda influência das marés. Trata-se de um ambiente de energia muito baixa, sendo a área dominada por processos deposicionais de sedimentos finos trazidos pelas calhas dos rios e materiais mais grosseiros carreados em eventos de maior intensidade. Esta zona gera *output* de água e sedimentos finos para o estuário do rio das Ostras e sofre *input* de água e sedimentos finos dos compartimentos de montante. Esta área apresenta problemas de assoreamento intenso, mais efetivo em períodos de fortes chuvas. É uma área inadequada para ocupação devido ao afloramento do lençol freático, aos riscos de enchentes e a presença de solos moles. Mesmo assim esta área parece estar na mira da especulação imobiliária local, devendo ser preservada.

Compartimento Colinas Rancho da Praia [CL]

Este compartimento é formado por uma série de colinas alinhadas no sentido leste-oeste, estendendo-se desde os divisores da bacia até o canal do rio das Ostras. Exibe feições diferenciadas não só devido a morfologia, mas também em função do uso humano. As feições mais comuns são as colinas de topo semiplano, com encostas suaves (declives entre 25° e 35°). Nestas feições ocorrem processos de mobilização e transporte pluvial. Entre estas colinas existem pequenos divisores convexos e rampas de colúvio, onde os processos erosivos são ainda mais atenuados. A parte leste do compartimento encontra-se em processo de ocupação, em duas áreas distintas. A primeira é um loteamento assente sobre divisores e colinas baixas (bairro Nova América), um terreno de topografia semiplana, mas onde os processos de mobilização são intensos, devido a exposição de áreas em construção e a falta de capeamento das vias. Outra situação é a do Morro da Vista, que tem seu topo semiplano ocupado por residências de classe média. As encostas desta elevação foram submetidas a intensa degradação devido à exploração de saibro, gerando áreas expostas, com altos índices de erosão e remobilização de sedimentos para jusante. O *output* de material desta área toma a direção do Valão do Medeiros ou se dirige para a planície do rio das Ostras. Esta é uma das áreas de maior produção de sedimentos que tendem a assorear o canal do rio das Ostras.

Compartimento Valão das Corujas [RC]

Trata-se de uma planície originalmente embrejada, parcialmente aterrada, em cujo centro foi aberto um canal artificial, que deságua no rio das Ostras. A morfologia é plana, estando praticamente toda ocupada por casas de classe de renda média a baixa. Nesta baixada ocorrem processos antrópicos associados ao arraste de material humano através das vias capeadas e redes de drenagem incipientes. O canal (valão) apresenta largura de 5,0m e pequena profundidade. A energia neste canal é baixa, ocorrendo processos deposicionais de areias, argilas, e principalmente material antrópico de diversos matizes, lançados pela população. Este processo indica uma forte tendência ao assoreamento, com ocorrência de extravasamentos com riscos para as casas existentes nas margens (principalmente junto ao rio das Ostras).

Compartimento Sul-Sudoeste [CS]

Trata-se de uma área mais elevada, que funciona como um divisor de águas entre a planície do Canal do Medeiros e a restinga externa. É composta por colinas baixas, rampas de colúvio e regiões arenosas. Os processos naturais estão inibidos pela urbanização, porém ocorre mobilização e arraste de material antrópico em ruas e sistemas de drenagem. Existe um forte *output* de água e sedimentos para a planície do canal do Medeiros e daí para o canal, com incremento dos problemas de assoreamento nesta área. A circulação de água é basicamente superficial, com tempos de concentração baixos (no canal do Valão do Medeiros), o que também contribui para a ocorrência de problemas de drenagem. Nesta área foram ainda detectadas áreas de exploração de saibro abandonadas, onde ocorrem processos erosivos intensos.

Compartimento Núcleo Urbano de Rio das Ostras

O núcleo urbano de Rio das Ostras, do ponto de vista do relevo, apresenta-se como um divisor de águas, de topografia semi-plana, impermeável, levemente inclinada para norte. Neste compartimento ocorrem processos de arraste de material antrópico em eventos pluviais, através das ruas e dos sistemas de drenagem, que estão articulados diretamente aos canais existentes, no caso, o Rio das Ostras. Esta área é a maior fonte de sedimentos para a calha deste rio.

Compartimento Morro do rio das Ostras [ME]

O morro às margens do rio das Ostras apresenta-se sob forma de uma elevação de topo plano – ocupado e impermeabilizado – e encostas íngremes (declives maiores que 45°) retilíneas. Esta elevação é responsável pela topologia atual do canal. Nesse compartimento ocorrem processos de mobilização e arraste de solo das encostas, sendo uma área relevante na produção de sedimentos que são exportados para o estuário do rio das Ostras.

Compartimento do rio das Ostras [RO]

O compartimento do rio das Ostras abrange o segmento deste rio a montante da rodovia Amaral Peixoto. Este compartimento apresenta duas feições: a planície embrejada e o canal retificado. A planície embrejada apresenta topografia marcadamente plana, sendo periodicamente inundada. Predominam processos de deposição de materiais finos e elementos antrópicos de pequena densidade, facilmente arrastados pelas águas pluviais (como plástico e garrafas). Estes processos deposicionais são facilitados pela presença de vegetação de mangue. O canal, retificado, apresenta largura variável e pequena profundidade, apresentando fluxo de baixa energia, bidirecional, determinando a predominância de processos deposicionais, inclusive de material antrópico. A construção da nova ponte sobre a rodovia Amaral Peixoto minimizou uma importante ação de diminuição da energia e ponto preferencial de assoreamento naquele local. Em eventos de chuvas mais intensas (e marés baixas) tendem a ocorrer processos de transporte de materiais no canal e sua exportação para o estuário do Rio das Ostras. Esta área apresenta sérias limitações para ocupação antrópica, no entanto, foi detectado um forte vetor de ocupação nos limites deste compartimento.

Compartimento Estuário do rio das Ostras [ERO]

O estuário do rio das Ostras é o segmento de canal e planície adjacente situado entre a rodovia Amaral Peixoto e a foz do rio. Este compartimento é formado por uma planície arenosa totalmente capeada por aterros antrópicos. Nesta planície ocorrem processos de arraste de material antrópico pelo sistema de drenagem e nas ruas, lançando estes materiais diretamente no canal. O canal apresenta um topologia tortuosa, função das condições locais de relevo, estando retificado e com as margens estabilizadas por muros de gabião. O fluxo no canal é bidirecional e de baixa energia, favorecendo processos deposicionais que tendem a causar forte assoreamento. Foi notada a presença de depósitos de lixo nas margens do canal e mesmo dentro deste.

Compartimento Restinga Interna [R / RE]

A restinga interna está situada entre a rodovia Amaral Peixoto e a planície do rio das Ostras, apresentando uma topografia típica, com sucessivas cristas praias e uma conformação arenosa. Este compartimento apresenta duas feições. A primeira é de restinga não ocupada, arenosa, e com vegetação remanescente. Nesta área os processos atuais são inexpressivos, na medida em que os agentes geomórficos não têm competência para mobilizar os sedimentos. O fluxo das águas é horizontal, contribuindo para a recarga dos aquíferos e evitando grande concentração de águas no canal. A segunda feição é a restinga já ocupada, apresentando ainda a predominância de ruas não asfaltadas. Nesta situação o carreamento de sedimentos para os canais é intenso e a concentração das águas muito mais rápida, podendo gerar problemas de extravasamento dos canais. É necessário que esta área tenha sua ocupação controlada através da criação de áreas de retenção, com os remanescentes ainda existentes.

Compartimento Amaral Peixoto

A rodovia Amaral Peixoto funciona como um sistema divisor e vetor de trânsito de água e sedimentos. As águas que caem nesta via tendem a escoar superficialmente, arrastando materiais antrópicos disponíveis (lixo, plástico, papel) para os cursos d'água.

A análise dos compartimentos de relevo existentes na bacia hidrográfica do rio das Ostras, devidamente apresentada no Diagnóstico Ambiental de 2004, com base no Levantamento Semidetalhado de Solos do Município de Rio das Ostras, gerou o mapa de compartimentos de relevo na bacia, apresentado a seguir.

3.1.3. Aspectos pedológicos

A identificação e o mapeamento dos solos da bacia hidrográfica do rio das Ostras foram realizados em 2003, através dos estudos do levantamento semidetalhado dos solos do município (PMRO, 2004), com base no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), quando várias classes de solo tiveram sua nomenclatura modificada.

Como o sistema é recente, ainda é pequena a familiarização dos técnicos com a nova terminologia, e ainda se faz necessário uma associação com a classificação anterior.

Os solos, como componentes do meio físico, expressam física, química e morfologicamente, os atributos do ambiente do qual fazem parte. Assim, os solos das unidades geológicas e geomorfológicas da paisagem guardam entre si marcantes diferenças em relação aos seus atributos.

Desta forma, o levantamento apresentado em 2004 pôde caracterizar áreas inaptas, de uso restrito e aptas para atividades agro-silvi-pastoris, dentro dos princípios da eco-eficiência e da sustentabilidade ambiental.

3.1.3.1. Mapeamento pedológico da bacia

As unidades de mapeamento são associações de solos, que não podem ser separados por deficiência da escala do mapeamento e/ou por estarem os solos associados de uma maneira muito complexa. A nomenclatura das unidades de mapeamento consiste da abreviatura das classes de solo componentes da associação e a primeira abreviatura corresponde ao nome do solo dominante. Por apresentar atributos que determinam o desenvolvimento de diferentes fisionomias vegetais, os solos são os principais estratificadores de ambientes (RESENDE *et al*, 1997) e são utilizados para a elaboração de planejamentos regionais como zoneamentos ambientais ou classificação do potencial agrícola das terras.

A bacia hidrográfica do rio das Ostras possui um mapeamento de unidades de associação de solos detalhada, que enfatiza em seu escopo, áreas de aptidão agrícola, bem como risco de erosão. A figura 15 contém a materialização deste mapeamento, cuja descrição das unidades encontramos a seguir.

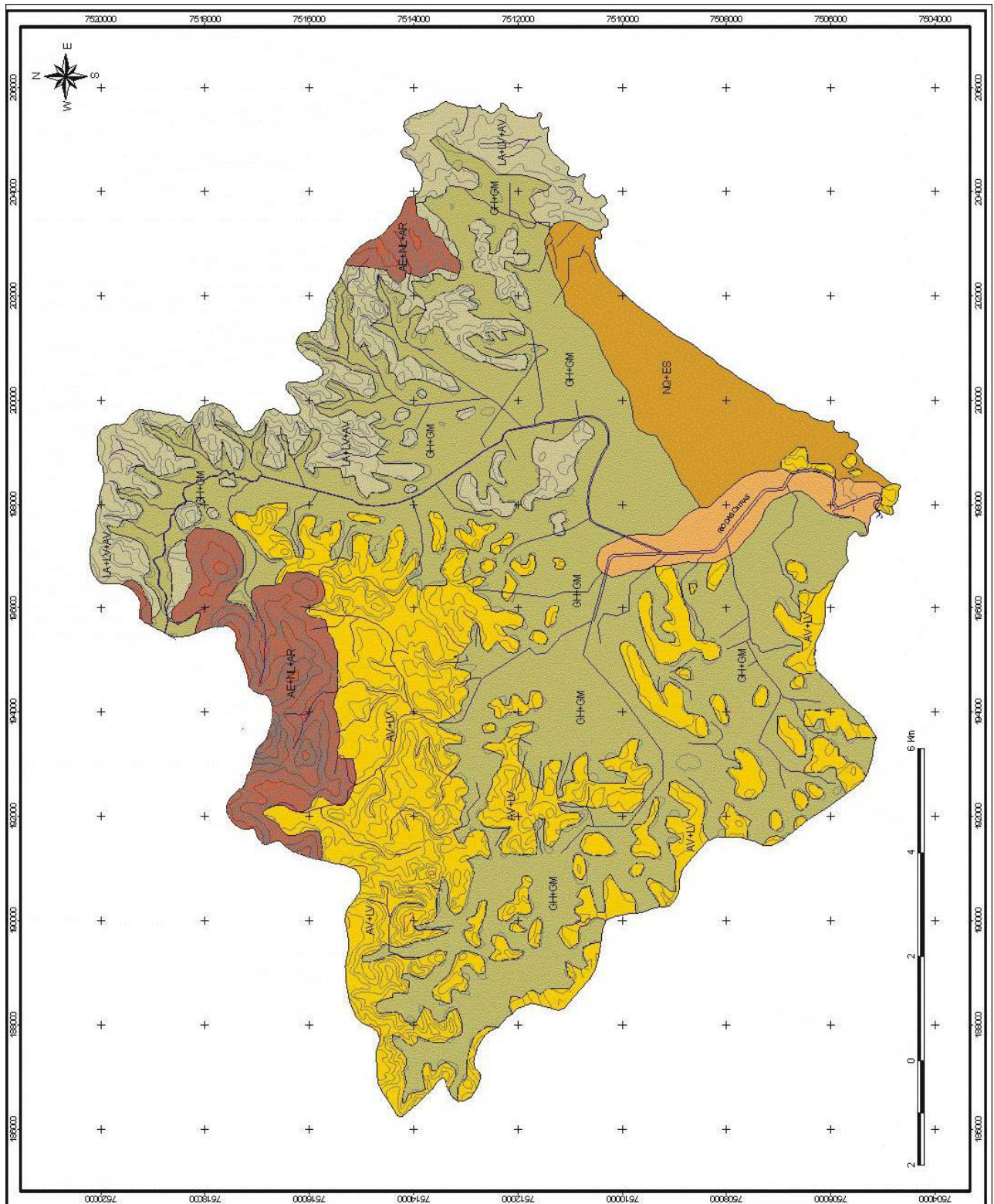


Figura 15 – Mapa de compartimentos de solo de Rio das Ostras
 Fonte: PMRO, 2004

Unidade GH + GM

Corresponde a associação de Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico, textura argilosa ou muito argilosa (Solo Glei Pouco Húmico) e o Gleissolo Melânico Distrófico típico, textura argilosa (Solo Glei Húmico). Correspondem aos solos da Planície Fluvial e são formados por sedimentos argilosos do Quaternário, conforme apresentado na figura 15. Não apresenta risco de erosão, pois se constitui em ambiente de sedimentação, já que se localiza na parte mais baixa da paisagem.

Sua aptidão agrícola é moderada e os principais fatores limitantes são o excesso de água e a elevada susceptibilidade de contaminação dos recursos hídricos por agroquímicos, já que esses solos guardam estreitas relações com os mananciais e constituem áreas com moderada capacidade de recarga. Trinta metros de cada margem dos cursos d'água correspondem a Área de Preservação Permanente, segundo Resolução CONAMA n.º 303 de 20 de março de 2002 (anexo A), onde a vegetação ciliar deve ser recuperada ou enriquecida. As áreas remanescentes dessa unidade de mapeamento podem ser utilizadas para pastagens ou para culturas anuais, manejadas de forma semi-intensiva, preferencialmente sem a adição de agro-químicos.

Unidade GS + GT

Os solos componentes dessa unidade são o Gleissolo Sálco Sódico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (Solonchak Sódico) e Gleissolo Tiomórfico Órtico sálco, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (Solos Indiscriminados de Mangues).

Embasam a Planície Flúvio-marinha, como pode ser observado na figura 15, e são originados de partir de sedimentos diversificados do Holoceno. O risco de erosão nessa unidade de mapeamento é nulo, uma vez que se localizam em áreas planas, que recebem sedimentos transportados das partes mais altas da paisagem.

Não apresentam aptidão agrícola, devido aos atributos químicos de sua composição, com excesso de sais e elevados teores de sódio e enxofre, permitindo, apenas, o desenvolvimento de plantas adaptadas a essas condições. Além disso, são áreas protegidas por lei, pois embasam os manguezais, ambiente de extrema importância para a manutenção da biodiversidade na zona litorânea. Ações como a replantio e o enriquecimento dos manguezais

com espécies nativas e adaptadas a essas peculiares condições já vêm ocorrendo e devem ser intensificadas.

Unidade NQ + ES

Unidade formada pela associação entre o Neossolo Quartzarênico Órtico solódico, A moderado (Areias Quartzosas Marinhas Distróficas) e o Espodossolo Cárbico Hidromórfico arênico, A moderado, textura arenosa (Podzol Hidromórfico).

Corresponde aos solos da Planície Marinha, conforme observado na figura 15, originados a partir de sedimentos arenosos do Quaternário, predominantemente transportados pelos ventos alíseos. Também não apresentam risco de erosão hídrica, mas como são muito arenosos e conseqüentemente não possuem estrutura, são susceptíveis a erosão eólica.

Atributos como granulometria arenosa, baixa capacidade de retenção de água e muito baixa fertilidade natural tornam esses solos inaptos para o uso agrícola. Nas depressões, onde ocorrem o Espodossolo, o excesso temporário de água limita o uso agrícola. Constituem ambientes extremamente frágeis, colonizados por vegetação de restinga. A retirada dessa cobertura vegetal intensifica a erosão eólica, que degrada a paisagem. A recuperação da vegetação da restinga deve ser intensificada, com intuito de preservar a biodiversidade, manter a beleza cênica e favorecer a recarga dos aquíferos.

Unidade AV + LV

O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa (Podzólico Vermelho-Amarelo Álico) e o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (Latosolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico) são os solos dessa unidade.

Ocorre a oeste e ao norte da área de colinas da bacia hidrográfica do rio das Ostras, conforme mapa apresentado na figura 15, onde o relevo é convexo e predominantemente ondulado, e cujo limite se dá com as planícies.

Por se situarem em áreas com declividades acima de 8%, apresenta moderado risco de erosão em sulcos. A exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva provoca o encrostamento superficial, diminuindo a infiltração da água no solo e intensificando o deflúvio superficial. Muitas colinas já apresentam sinais de degradação por sulcos de erosão,

o que compromete não só o potencial agrícola das terras como também a qualidade dos mananciais superficiais.

A capacidade de recarga dessas áreas, originalmente elevada, também fica comprometida pelo encrostamento superficial. A adoção de práticas de conservação do solo como o plantio em nível, faixas de retenção, cobertura morta, terraceamento e o plantio direto é primordial para a minimização dos processos erosivos e para a manutenção da capacidade de recarga dessas áreas.

Apresenta elevada aptidão agrícola para a implantação de pastagens, culturas perenes e reflorestamento, desde com a adoção de práticas conservacionistas. Para culturas anuais, a aptidão é restrita, pois essa forma de uso deixa o solo mais susceptível os processos erosivos. O plantio direto se constitui em alternativa para a produção de culturas anuais dentro dos princípios da sustentabilidade.

Unidade LA + LV + AV

Formada pela associação entre o Latossolo Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (Latossolo Amarelo Álico ou Distrófico), o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa (Latossolo Vermelho-Amarelo Álico ou Distrófico) e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, A moderado textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa (Podzólico Vermelho-Amarelo Álico).

Ocorre a leste da área de colinas da bacia, conforme apresentado na figura 15, onde o relevo é convexo e predominantemente ondulado, e cujo limite se dá com as planícies.

Apresenta o mesmo risco de erosão e a mesma aptidão agrícola da unidade descrita anteriormente. A adoção das práticas de conservação do solo é fundamental para a utilização dessas áreas para atividades agro-silvi-pastoris, dentro dos princípios da ecoeficiência e da sustentabilidade. A conscientização e o treinamento dos agricultores em técnicas de conservação do solo e a constituição de uma patrulha mecanizada para a implantação de práticas conservacionistas são premissas básicas para a manutenção da qualidade do solo e das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras e da qualidade de vida da população.

Unidade AE + NL + AR

Argissolo Vermelho Distrófico e Eutrófico típico, A moderado textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa (Podzólico Vermelho Escuro), o Argissolo Vermelho Eutrófico léptico, A moderado textura média/argilosa ou argilosa/muito argilosa (Podzólico Vermelho Escuro pouco profundo), os Neossolos Litólicos Eutróficos típicos, A moderado textura média e argilosa (Solo Litólico) compõe essa unidade, associados a afloramentos de rocha.

Ocorre ao norte e a leste da bacia, na região das serras do Pote, da Careta, do Jundiá e Pedrinhas, conforme apresentado na figura 15, onde o relevo é forte ondulado, montanhoso e escarpado, e as altitudes oscilam entre 200,0 e 600,0m.

As elevadas declividades e a pequena espessura do perfil caracterizam os solos dessa unidade como de elevado risco de erosão, iniciada com a retirada da cobertura vegetal, expondo solo ao embate, que provoca o selamento superficial, o aumento do deflúvio superficial, a formação de sulcos de erosão, que podem evoluir para voçorocas. Além disso, a ocorrência de movimentos de massa, de deslizamentos e de desabamentos também é comum nessa unidade, por causa das grandes inclinações.

Essas áreas são inaptas para culturas anuais e possuem aptidão restrita para culturas perenes, reflorestamento e pastagens, desde que adotadas práticas de conservação do solo. Por serem áreas de maior capacidade de recarga dos aquíferos, usos alternativos – como o eco-turismo – devem ser adotados, como forma de conservação dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio das Ostras.

3.1.4. Caracterização física da bacia

A bacia hidrográfica do rio das Ostras localiza-se entre os paralelos 22°20' e 22°35' Sul e os meridianos 41°45' e 42°05' Oeste, abrangendo a região conhecida como as baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro.

O rio das Ostras nasce de dois afluentes principais chamados rio Iriry e Maurício, com o nome de rio Jundiá, percorre cerca de 29km no sentido noroeste-sudeste, descrevendo uma série de meandros até desaguar no oceano Atlântico.

Ele atravessa pastagens e muitos alagados no seu trecho médio, no seu baixo curso drena o brejo do Palmital e em sua foz encontra-se um manguezal extenso, conforme poderá ser observado através da figura 16 a seguir (PMRO, 2004).

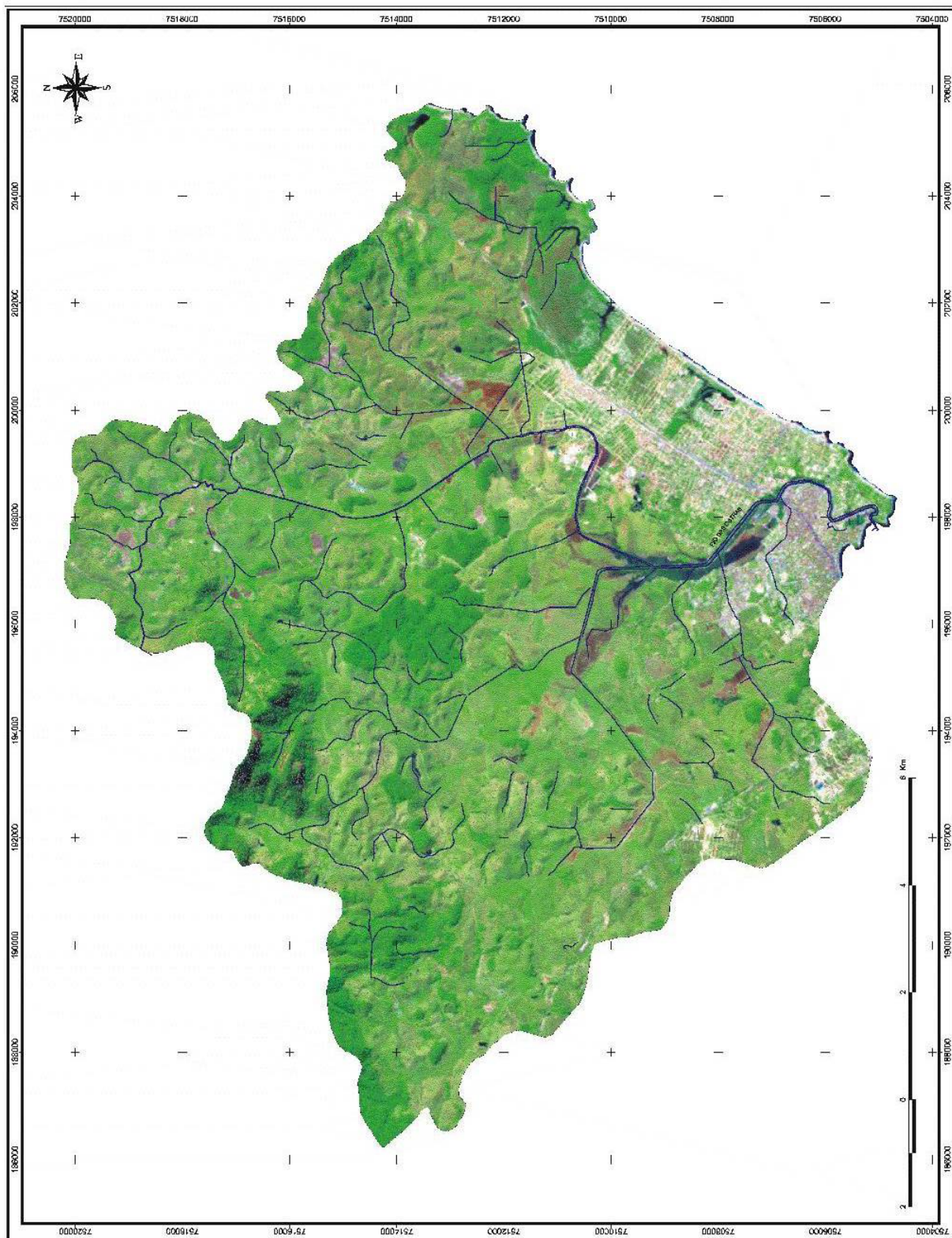


Figura 16 – Bacia hidrográfica do rio das Ostras
Fonte: PMRO, 2004

3.1.4.1. Posição geográfica da bacia

A bacia hidrográfica do rio das Ostras está inserida no compartimento Planícies Litorâneas, conforme descreve o RADAMBRASIL (1983), fazendo fronteira com quatro sistemas geomorfológicos locais, conforme descrevemos a seguir.

Subsistema rio Purgatório – serra do Segredo

Trata-se de um setor da bacia de drenagem do rio Macaé, formado por um compartimento cristalino isolado (serra do Segredo) e pela planície do rio Jundiá, afluente do rio Purgatório.

Bacia hidrográfica do rio São João

Ocupa a faixa a oeste da bacia do rio das Ostras, apresentando uma característica típica dos rios da região sudeste, com pequenos cursos, divididos entre a escarpa e a planície marinha, tendo sido fortemente modificados pela ação antrópica.

Bacia da laguna de Imboassica

Esta pequena bacia encontra-se a norte da bacia do rio das Ostras. Apresenta uma morfologia de colinas e planícies intercolinas, desaguando numa laguna em forma de gota, com ligação sazonal com o mar.

Litoral entre a foz do rio das Ostras e a laguna de Imboassica

Este trecho do litoral apresenta-se regularizado pela presença de restingas. Este sistema mantém forte relação com a bacia do rio das Ostras, recebendo água e sedimentos desta, e condicionando os processos geodinâmicos na foz do rio.

Divisão hidrográfica do estado

O Estado do Rio de Janeiro estava dividido em Macroregiões Ambientais, denominadas MRAs, através do Decreto Estadual n.º 26.058/2000, que considerava como base os princípios gerais estabelecidos pela Lei Federal n.º 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, quando as bacias hidrográficas são tidas como as unidades básicas de planejamento e intervenção da gestão ambiental.

Através desta divisão, a bacia hidrográfica do rio das Ostras pertencia a duas macroregiões ambientais denominadas MRA-4 e MRA-5. Essas macroregiões tinham a abrangência espacial conforme descrito no quadro 2, a seguir.

Macro-região Ambiental		Nome Abreviado	Abrangência Espacial
MRA – 4	Bacia da Região dos Lagos, do Rio São João e Zona Costeira Adjacente	Região dos Lagos - São João	Setor Terrestre: Bacias das lagoas de Jaconé, Saquarema e Araruama e dos rios São João, Una e das Ostras. Setor Costeiro: Zona Costeira, entre a ponta situada próxima aos limites entre Maricá e Saquarema e uma ponta ao sul da praia de Itapebussus, no município de Rio das Ostras.
MRA – 5	Bacia do Rio Macaé, da Lagoa Feia e Zona Costeira Adjacente	Macaé - Lagoa Feia	Setor Terrestre: Bacia do rio Macaé e das lagoas de Imboassica, Feia e diversas bacias menores situadas até os limites da MRA -6. Setor Costeiro: Zona Costeira entre uma ponta ao sul da praia de Itapebussus, no município de Rio das Ostras até um local próximo a Barra do Açú.

Quadro 2 – Abrangência espacial das macro-regiões ambientais

Fonte: CILSJ, 2007

MRA-4 – Compreendia a bacia da Região dos Lagos, do rio São João e da zona costeira adjacente. Sua abrangência espacial incluía um setor terrestre (bacias das lagoas de Jaconé, Saquarema e Araruama; e dos rios São João, Una e das Ostras) e um setor costeiro (zona costeira entre a ponta situada próxima aos limites entre Maricá e Saquarema; e uma ponta ao sul da praia de Itapebussus, no município de Rio das Ostras).

MRA-5 – Compreendia a parcela do território dos municípios de Macaé, Campos dos Goytacazes, Quissamã, Santa Maria Madalena, Conceição de Macabu, São João da Barra, Carapebus, Trajano de Moraes, Casimiro de Abreu, Nova Friburgo e Rio das Ostras, banhados pelas bacias hidrográficas da lagoa de Imboassica, do rio Macaé e da lagoa Feia, além das microbacias das pequenas e médias lagoas da MRA-5 e da região costeira adjacente.

O território do Estado do Rio de Janeiro, para fins de gestão de recursos hídricos, sofreu uma alteração através da Resolução n.º 18 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, em 08/11/2006, que aprovou a definição das regiões hidrográficas conforme apresentado no anexo B. Desta forma, a bacia hidrográfica do rio das Ostras passou a pertencer à RH-VIII – Região Hidrográfica Macaé e das Ostras – cujo território corresponde ao antigo MRA-5 acrescido da região hidrográfica da bacia do rio das Ostras.

3.1.4.2. Forma da bacia

O projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ realizado em 1999, possibilitou que diversos parâmetros fossem estudados para servir como instrumento de gestão de recursos hídricos da região da bacia hidrográfica do rio das Ostras, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 6 – Características fisiográficas da bacia do rio das Ostras

Características	Unidade	Valor
Área de Drenagem	km ²	144,9
Perímetro	km	66,4
Comprimento Axial	km	29,0
Coefficiente de Compacidade	-	1,54
Fator de Forma	-	0,17
Altitude Máxima	m	600,0
Altitude Mínima	m	0,0
Declividade Média	m/m	0,0207
Tempo de Concentração	horas	4,0

Fonte: PLANÁGUA-SEMADS/GTZ

A forma da bacia foi determinada através dos métodos e procedimentos de cálculo indicados no item 2.1.2.1, segundo Tucci (1993), e cujo resultado constam da tabela 6 acima apresentada.

3.1.4.3. Declividade do rio

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes (TUCCI, 1993).

A tabela 6, anteriormente apresentada, mostra o resultado de estudo da declividade média do rio das Ostras, obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal, segundo PLANÁGUA-SEMADS/GTZ.

3.1.4.4. Tempo de concentração

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a

gota, que se precipita no ponto mais distante da seção considerada de uma bacia, leva para atingir esta seção (TUCCI, 1993).

De acordo com o resumo apresentado pela tabela 6, observamos que a bacia hidrográfica do rio das Ostras, devido às suas características fisiográficas, com reduzida declividade do terreno, permite a formação de várias áreas de inundação. Destacando-se, também, a forte influência do regime de marés sobre o rio, que pode estimar efeitos de remanso até cerca de 6 km a partir da foz.

3.1.4.5. Regime fluvial

A bacia hidrográfica do rio das Ostras não possui estações fluviométricas em operação, sendo assim, os estudos hidrológicos desenvolvidos para efeito técnico, consideraram os dados de vazões mínimas das estações Correnteiras e Fazenda Bacaxá, ambas localizadas na bacia do rio São João (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 1999).

A tabela 7, a seguir, apresenta os resultados dos estudos das vazões mínimas nessas estações, que foram extraídos da publicação “Subsídios para Gestão dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Macacu, São João, Macaé e Macabu – 1999” do projeto PLANAGUA-SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha.

Tabela 7 – Vazões mínimas para 1, 7, 14 e 30 dias consecutivos

Estação Correnteiras (Área de Drenagem = 386 km ²)								
Dias	1		7		14		30	
TR (anos)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)
2	3,58	9,27	3,78	9,79	3,82	9,90	4,27	11,1
5	2,97	7,69	3,13	8,11	3,28	8,50	3,53	9,14
10	2,62	6,79	2,74	7,10	2,85	7,38	3,11	8,06
20	2,32	6,01	2,39	6,19	2,47	6,40	2,74	7,10
Estação Fazenda Bacaxá (Área de Drenagem = 240 km ²)								
TR (anos)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)	Q (m ³ /s)	q (l/s.km ²)
2	0,43	1,79	0,55	2,29	0,66	2,75	0,78	3,25
5	0,32	1,33	0,39	1,62	0,46	1,92	0,57	2,38
10	0,27	1,12	0,33	1,38	0,38	1,58	0,50	2,08
20	0,24	1,00	0,29	1,21	0,32	1,33	0,45	1,88

Fonte: PLANÁGUA-SEMADS/GTZ

Onde:

Q = vazão mínima média;

q = vazão específica mínima; e

TR = tempo de recorrência, ou seja, período de tempo, em anos, no qual um evento pode ser igualado ou superado.

Os dados pluviométricos, que foram definidos para a bacia hidrográfica do rio das Ostras em estudo prévio, consideram uma precipitação média entre 1.120 e 1.180mm e o número de dias de chuva entorno de 120 dias, adotando as vazões médias mínimas calculadas para a estação Fazenda Bacaxá como representativas da bacia do rio das Ostras, cujos valores resultantes da regionalização aplicada a serem adotados são apresentados na tabela 8, abaixo (PLANÁGUA-SEMADS/GTZ, 1999).

Tabela 8 – Vazões mínimas para 1, 7, 14 e 30 dias consecutivos

Bacia Hidrográfica do Rio das Ostras				
Dias	1	7	14	30
TR (anos)	q (l/s.km ²)	q (l/s.km ²)	q (l/s.km ²)	q (l/s.km ²)
2	1,79	2,29	2,75	3,25
5	1,33	1,62	1,92	2,38
10	1,12	1,38	1,58	2,08
20	1,00	1,21	1,33	1,88

Fonte: PLANÁGUA-SEMADS/GTZ

3.1.4.6. Outorga

A Política Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e seus respectivos instrumentos no Estado do Rio de Janeiro é estabelecida pela Lei Estadual n.º 3.239 de 02/08/1999, dos quais a outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um dos mais importantes.

Porém, a lei não foi regulamentada, e, portanto, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, instituído pelo Decreto n.º 27.205 de 2/10/2000, ainda não estabeleceu os critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro.

Assim sendo, cabe a Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas - SERLA a análise e autorização dos pedidos de concessão de outorga. A SERLA é o órgão responsável pela gestão dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro,

conforme Decreto n.º 2.330, de 08/01/1979, que instituiu o Sistema de Proteção dos Lagos e Cursos d'Água do Estado. A competência para emissão de outorga de uso de recursos hídricos é definida no artigo 10 e seus parágrafos, transcritos a seguir:

“Art. 10 – A captação de água dos cursos d'água sob jurisdição estadual dependerá:

I – da aprovação da SERLA, quanto à viabilidade e quanto aos projetos da unidade de captação, especificações e demais elementos.

II – da autorização do Governador do Estado.”

Desta forma, a SERLA prevê, com base em seus procedimentos técnicos e administrativos, que as outorgas não terão prazo superior a 35 anos, podendo ser renovadas, ressalvadas as seguintes situações:

- para concessionárias e autorizadas de serviços públicos de geração de energia hidrelétrica não deverá ser superior ao estabelecido nos respectivos contratos de concessão ou autorização;
- para empreendimentos industriais e de irrigação não deverá exceder a 5 anos; e
- para captação com finalidade de abastecimento humano e de geração térmica não deverá exceder a 10 anos.

Com relação às vazões disponíveis nos cursos d'água e as outorgáveis, a SERLA leva em consideração os seguintes critérios:

Águas superficiais

- abastecimento humano: considerar como vazão máxima outorgável até 80% do valor da vazão disponível no local de interesse;
- demais usos: considerar como vazão máxima outorgável até 50% do valor da vazão disponível no local de interesse.

Entende-se por vazão disponível em um determinado local de interesse, a vazão $Q_{7,10}$ subtraída dos usos de montante.

Águas subterrâneas

- as vazões máximas outorgáveis serão definidas a partir da avaliação e parecer técnico emitido pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM).

Lançamento de efluentes

- aspectos quantitativos de efluentes nos pontos indicados;
- localização do lançamento.

3.1.4.7. Disponibilidade hídrica

Conforme exposto anteriormente, a SERLA e a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA, com base na Lei Estadual de Recursos Hídricos n.º 3.239/1999, estabelecem como vazão mínima para outorga de uso da água e diluição de efluentes a vazão $Q_{7,10}$, definida como sendo a menor mínima média de 7 dias consecutivos com 10 anos de recorrência.

Assim sendo, os valores de vazões máximas outorgáveis (disponibilidade mínima) para cada trecho de rio serão calculados pelo produto da vazão específica $Q_{7,10}$ regionalizada para a bacia hidrográfica do rio das Ostras com a área de drenagem total envoltória ao ponto de interesse considerado. Segundo a tabela 7 apresentada no item 3.1.4.5, e através do método $Q_{7,10}$, identificamos a vazão específica sendo igual a 1,38 l/s.km² (PMRO, 2004).

3.1.4.8. Qualidade da água

A prefeitura não possui um programa de monitoramento constante da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio das Ostras, cuja competência é da administração estadual. Apesar da inexistência de dados mais atualizados, optamos por consultar um estudo preliminar realizado em 2003, do qual obtivemos os resultados da análise da qualidade da água da bacia, conforme apresentado na tabela 9, a seguir.

Tabela 9 – Resultado da análise de qualidade das águas da bacia do rio das Ostras

Parâmetro	Unidade	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Temperatura	°C	25	26	26	26	26	26	26
Sólidos totais	mg/L	1600	1420	1660	1940	1740	1586	11800
Turbidez	NTU	8,40	9,60	9,40	10,30	9,50	11,20	13,10
pH	Sorensen	7,4	7,7	7,6	7,6	7,9	7,9	8,1
OD	mg/L	4,1	4,4	4,4	4,8	4,0	4,6	4,1
DBO	mg/L	16	28	28	14	9	38	60
DQO	mg/L	25	50	55	25	14	73	180
P _{total}	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	<0,01
N _{total}	mg/L	0,70	14,00	7,20	8,60	3,70	1,70	4,00
N _{Kjeldahl}	mg/L	0,06	11,00	5,70	7,10	3,10	1,60	3,85
Coliforme total	NMP/100mL	1.720	2.820	2.014	2.382	2.581	1.482	3.420
Coliforme fecal	NMP/100mL	202	1.000	300	852	626	309	1.600
Condutividade superficial	us/cm	5.050	4.580	4.900	14.310	19.270	17.030	99.600
Condutividade de fundo	us/cm	5.230	4.690	5.090	21.400	33.300	83.600	99.600
Salinidade superficial	g/kg	2,60	2,40	2,60	8,30	11,40	10,00	66,00
Salinidade de fundo	g/kg	2,80	2,40	2,70	12,80	20,60	58,70	67,00

Fonte: PMRO, 2004

Este estudo preliminar foi realizado nos rios componentes da bacia hidrográfica do rio das Ostras, considerando-se sete pontos de coleta distribuídos pela bacia, durante a ocorrência de maré de sizígia e baixo fluxo de vazão nos rios, conforme descritos na tabela 10 abaixo, e cuja disposição física podemos observar na figura 17, em seguida (PMRO, 2004).



Figura 17 – Postos de coleta de material para análise da qualidade da água do rio das Ostras
 Fonte: Sistema de Informações Ambientais, 2003

Tabela 10 – Localização das estações de coleta de estudo preliminar

Estação de coleta	Localização	Largura (m)	Profundidade (m)
E1	no rio Iriry, logo à montante de seu deságüe no rio das Ostras	8,0	1,0
E2	no rio Jundiá, logo à montante de seu deságüe no rio das Ostras	15,0	1,5
E3	no rio das Ostras, logo à jusante do encontro dos rios Iriry e Jundiá	20,0	1,5
E4	no rio das Ostras, logo à montante do deságüe do valão das Coruias	30,0	1,5
E5	no valão das Coruias, logo à montante do seu deságüe no rio das Ostras	8,0	1,0
E6	no rio das Ostras, logo à jusante da foz do valão das Coruias	25,0	1,5
E7	no rio das Ostras, à montante de sua foz, após a área urbana	30,0	2,5

Horário de coleta: estofa de maré, enchente de sizígia (dia 05/12/2003; de 11h20min as 13h00min)

Fonte: PMRO, 2003

Os resultados obtidos por este estudo preliminar deverão atender os parâmetros apresentados pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais de enquadramento; além de atenderem as normativas e diretrizes da FEEMA NT-202.R-10 e DZ-215.R-3, respectivamente.

3.2. Meio biótico

3.2.1. Cobertura vegetal

A caracterização das comunidades florísticas ocorrentes nos limites da bacia hidrográfica do rio das Ostras foi desenvolvida no Relatório da Comissão de Estudos Ambientais em 2003, quando através da consulta a informações existentes na bibliografia correlata, bem como através de observações, análises e outras investigações desenvolvidas *in situ*, proporcionaram uma base de dados consistente para a formulação de um elenco de medidas e/ou atividades integrantes de proposições/programas para quaisquer análises de caráter ambiental futura.

Contexto Regional

Em diferentes graus, todas as formações vegetais originais da região sofreram degradação com a ocupação humana intensiva após a colonização. Durante o século XVI a região foi importante fornecedora de pau-brasil, e outras madeiras de lei. No início do século XVII tem início a cultura da cana-de-açúcar e a criação extensiva de gado nas baixadas. Na primeira metade do século XIX o café chega a região, e finalmente no século XX a cultura da laranja. Atualmente, além das fazendas de gado, há uma grande quantidade de loteamentos e pequenos sítios, onde observou-se cultivos de subsistência (GLOBALTECH, 2001).

Os remanescentes florestais concentram-se nas áreas mais íngremes e de difícil acesso, sendo quase todas formações secundárias empobrecidas pela intensa exploração das espécies de maior valor comercial ou madeiras mais nobres. As matas ciliares foram quase que totalmente eliminadas, não mantendo em nenhuma área a faixa de preservação permanente. Nas cabeceiras dos cursos d'água ainda são observadas algumas matas de proteção.

A bacia hidrográfica do rio das Ostras possui quatro elementos fitofisionômicos básicos, conforme Globaltech (2001), que são: a floresta ombrófila densa, o manguezal, a restinga e os campos das terras baixas. Além disso, as principais fitofisionomias segundo Veloso et al. (1991), foram enquadradas na classificação das formações da cobertura vegetal e