UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL EM CACHOEIRA DO
PIRIÁ, NE DO PARÁ: BASE PARA A GESTÃO AMBIENTAL EM
ÁREAS GARIMPADAS NA AMAZÔNIA

RAIMUNDO NONATO DO ESPIRITO SANTO DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente	Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças
Examinadores:	Prof. Dr. Armin Mathis
	Prof ^a . Dr ^a . Déborah Inês Teixeira Fávaro
	Prof. Dr. Joel Barbujani Sígolo
	Prof. Dr. Omar Yazbek Bitar

SÃO PAULO
2004

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**INVESTIGAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL EM CACHOEIRA DO
PIRIÁ, NE DO PARÁ: BASE PARA A GESTÃO AMBIENTAL EM
ÁREAS GARIMPADAS NA AMAZÔNIA**

Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças

DEDALUS - Acervo - IGC

30900015203

TESE DE DOUTORAMENTO

Área de Concentração: Hidrogeologia e Meio Ambiente

**São Paulo
2004**

T
S237
RNES.i
v.2

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto
de Geociências da Universidade de São Paulo

Santos, Raimundo Nonato do Espírito Santo dos
Investigação do passivo ambiental em Cachoeira
do Piriá, NE do Pará: base para a gestão ambiental
em áreas garimpadas na Amazônia / Raimundo Nonato
do E. S. dos Santos - São Paulo, 2004.
xiv, 193 fls. : il.

=

Tese (Doutorado) : IGC/USP -
Orient. : Rebouças, Aldo da Cunha

1. Amazônia: Impacto ambiental 2. Garimpos 3.
Gestão ambiental 4. Desenvolvimento sustentável I.
Título

Recebido em 23/09/2004
Processado em 23/09/2004
Arquivado em 23/09/2004

DOAÇÃO Serviço de Biblioteca e Documentação
IGC-USP
Data: 23 / 09 / 2004

*A minha família, meu principal
compromisso.
Dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

O autor é grato primeiramente a Deus, pela força concedida para realização deste trabalho. Esta força foi materializada em ajudas recebidas de instituições e de pessoas que contribuíram decisivamente para a conclusão desta pesquisa, em especial:

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pela bolsa de doutorado. Processo Fapesp nº 99/0590-8;

A Dra. Elisabeth Santos e a Edilson Brabo, pesquisadores do Instituto Evandro Chagas, pelo apoio científico, permitindo a utilização do Laboratório de Ecologia Humana e Meio Ambiente (COHEMA), do Instituto Evandro Chagas, em Belém do Pará, para tratamento de amostras e análises químicas, para a determinação de mercúrio e dos compostos nitrogenados;

A Coordenadoria de Saúde e Assistência Social (Coseas), pelo apoio na concessão da bolsa moradia e também, as assistentes sociais Rosana, Marisa, Carla, Marília, Ieda e a secretária Simone, pelo acompanhamento, compreensão e amizade, durante toda a minha estada na Universidade de São Paulo;

O Instituto de Geociências (IGc) da Universidade de São Paulo, em particular ao Programa de pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado e pela adequada infra-estrutura;

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e o Instituto de Terras do Pará (Iterpa), pelas valiosas contribuições para o levantamento bibliográfico;

O Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) 5º distrito - Belém, na pessoa da Geóloga e amiga Edielma Farias e do Geólogo Fernando, pelas informações referentes a história da garimpagem na região e da situação legal da área de Cachoeira do Piriá;

O Prof. Dr. Aldo da Cunha Rebouças, pela confiança, amizade, ensinamentos e pela experiência na orientação deste trabalho;

Ao vereador Adamor Aires, presidente da Câmara Municipal de Santa Luzia do Pará, a Meritíssima juíza Dra. Almira Oliveira, o geólogo Luis Navarro e o senhor Assis, pelas informações, apoio logístico para a realização dos trabalhos de campo na cidade Cachoeira do Piriá;

Os professores Dr. Uriel Duarte, Dra. Débora Favaro e Dr. Omar Y. Bitar, pelas sugestões na fase de qualificação;

Aos pesquisadores Amílcar Mendes e Francisco Berredo (Chicão) do Museu Emílio Goeldi, em Belém do Para, pela ajuda material nos trabalhos de campo, pela análise química de amostras de águas subterrâneas, pelas discussões, pelas sugestões, pela amizade e pelo incentivo a pesquisa;

O pessoal da biblioteca do Instituto de Geociências Maria Aparecida e Maristela, pela ajuda na organização das referências bibliográficas e também, a Brenda e a Érica pelo educado atendimento na seção de empréstimo;

O pessoal da seção de reprografia do Instituto de Geociências da USP, Henrique, Claudionor, José e Edmir, pela ajuda na construção da documentação bibliográfica;

A Paulo Mori, pela orientação na preparação das amostras e análise de substâncias sólidas pelo método da Fluorescência de raios-X (FRX) e pelas sugestões na descrição do método;

A Sandra Andrade, técnica responsável pelo Laboratório de química e ICP-AES/MS, do Instituto de Geociências da USP, pela análise dos elementos maiores e cátions metálicos em amostras de água subterrânea e pelas informações prestadas sobre o método utilizado;

O pessoal da seção de Pós-graduação do Instituto de Geociências da USP, Ana Paula, Magali e Tadeu, pela ajuda, compreensão e paciência ao longo de todo curso;

Os técnicos do laboratório do Instituto Evandro Chagas, seção de Meio ambiente, José Góes e Adriano Valente, pela realização das análises químicas para mercúrio e para os compostos nitrogenados;

O amigo Prof. Dr. Afonso César Nogueira, pelas valiosas sugestões e apoio na elaboração desse projeto de doutoramento e no decorrer do mesmo;

O senhor Albenor Pontes, a Leila, o Carioca, Belarmino, Mundô e a toda comunidade da cidade de Cachoeira do Piriá, pela acolhida, receptividade e pelo fornecimento das informações, sem as quais a conclusão deste trabalho estaria comprometida;

A Nildeir da Silva, pela ajuda para viabilizar o projeto de doutoramento;

A Claudia Varnier, pela ajuda na elaboração do diagrama de PIPER e pela paciência dispensada para solucionar as pequenas dúvidas surgidas no dia-dia;

O amigo Engenheiro Giancarlo Barbosa Micheli, pela ajuda com os programas de informática;

O amigo Dr. Adriano de Paula Rabelo, pela revisão deste trabalho e incentivo a pesquisa;

A Luiz Cunha, o Clóvis, a Sato, o Tico, a Rose, a Mary, a Ana, o Dinho, o Amaury, o Cláudio, o Roni e a Leopoldina Gomes Cardoso (*in memoriam*), pela imensurável ajuda à minha vida acadêmica, que possibilitou a concretização desse ideal de vida.

SUMÁRIO

<i>Dedicatória</i>	<i>i</i>
<i>Agradecimentos</i>	<i>ii</i>
<i>Sumário</i>	<i>iv</i>
<i>Índice</i>	<i>v</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>viii</i>
<i>Lista de quadros</i>	<i>x</i>
<i>Lista de tabelas</i>	<i>xi</i>
<i>Lista de siglas e abreviaturas</i>	<i>xii</i>
<i>Resumo</i>	<i>xiii</i>
<i>Abstract</i>	<i>xiv</i>
<i>Capítulo 1- Introdução</i>	<i>1</i>
<i>Capítulo 2 - Materiais e Métodos</i>	<i>7</i>
<i>Capítulo 3 - Desenvolvimento Sustentável e a Política Ambiental no Brasil</i>	<i>20</i>
<i>Capítulo 4 - Caracterização Geoambiental e Socioeconômica da Área</i>	<i>57</i>
<i>Capítulo 5 - Investigação do Passivo Ambiental</i>	<i>81</i>
<i>Capítulo 6 - Gestão Ambiental para Áreas Garimpadas na Amazônia</i>	<i>133</i>
<i>Capítulo 7 - Conclusões e Recomendações</i>	<i>170</i>
<i>Referências Bibliográficas</i>	<i>179</i>
<i>Bibliografias Consultadas</i>	<i>190</i>

ÍNDICE

<i>DEDICATÓRIA</i>	<i>i</i>
<i>AGRADECIMENTOS</i>	<i>ii</i>
<i>SUMÁRIO</i>	<i>iv</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>v</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>viii</i>
<i>LISTA DE QUADROS</i>	<i>x</i>
<i>LISTA DE TABELAS</i>	<i>xi</i>
<i>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</i>	<i>xii</i>
<i>RESUMO</i>	<i>xiii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>xiv</i>
 <i>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</i>	 <i>1</i>
1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA	1
1.2 - CONTEXTO DO PROBLEMA	2
1.3 - HIPÓTESE DO TRABALHO	6
1.4 - OBJETIVOS DA PESQUISA	6
 <i>CAPÍTULO 2: MATERIAIS E MÉTODOS</i>	 <i>7</i>
2.1 - MATERIAIS	7
2.1.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	7
2.1.2 - ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA	7
2.2 - AMOSTRAGEM E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	7
2.2.1 - SEDIMENTOS	8
2.2.2 - SOLO	9
2.2.3 - ÁGUA SUBTERRÂNEA	11
2.3 - MÉTODOS	13
2.3.1 - PROCEDIMENTO ANALÍTICO	13
2.3.1.1 - Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Vapor Frio (CVASS)	13
2.3.1.2 - Espectrofotometria	15
2.3.1.3 - Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado (ICP-OES)	16

2.3.1.4 - Fluorescência de Raios - X (FRX)	17
2. 4 - TRATAMENTO DE DADOS	18
2.4.1 - ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO	18
2.4.2 - CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA	18

CAPÍTULO 3: BASE TEÓRICA SOBRE A GESTÃO AMBIENTAL E A POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL 20

3.1 - CONSTRUINDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	20
3.2 - EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE GESTÃO AMBIENTAL	28
3.2.1 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL	30
3.3 - HISTÓRICO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	35
3.3.1 - GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	40
3.4 - POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL	43
3.4.1 - ARCAFOUÇO JURÍDICO E INSTITUCIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS	51

CAPÍTULO 4: CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL E SOCIOECONOMICA DA ÁREA DE ESTUDO 57

4.1 - CONTEXTO GEOLÓGICO	57
4.2 - FORMAÇÕES SUPERFICIAIS	61
4.3 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA	64
4.3.1 - COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS	64
4.4 - MINERALIZAÇÕES	68
4.5 - EXPLORAÇÃO DO OURO	69
4.6 - QUESTÃO FUNDIÁRIA E EXPANSÃO URBANA	73

CAPÍTULO 5: INVESTIGAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL 81

5.1 - GARIMPAGEM E OS IMPACTOS NO MEIO FÍSICO	81
5.1.1 - IMPACTOS NO SOLO	85
5.1.1.1 - Composição química	85
5.1.1.2 - Mudanças Topográficas	88
5.1.1.3 - Mercúrio	91
5.2 - IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	96
5.2.1 - ÁGUAS SUPERFICIAIS	96
5.2.1.1 - Assoreamento	96
5.2.1.2 - Composição Química dos Sedimentos	97
5.2.1.3 - Mercúrio nos Sedimentos	99
5.2.2 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	112

5.2.2.1 - Fontes de abastecimentos	112
5.2.2.2 - Hidroquímica	114
5.2.2.3 - Classificação hidroquímica	119
5.2.2.4 - Qualidade das águas subterrâneas	120
5.2.2.5 - Compostos nitrogenados	123
5.3 - OUTRAS LINHAS DE INVESTIGAÇÕES DE PASSIVOS AMBIENTAIS NA ÁREA	131

CAPÍTULO 6: GESTÃO AMBIENTAL PARA ÁREAS GARIMPADAS NA AMAZÔNIA 133

6.1 - PLANEJAMENTO PARA A GESTÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	133
6.1.1 - DESMATAMENTOS E SUSTENTABILIDADE DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS	136
6.1.1.1 - Extrativismo vegetal	138
6.1.1.2 - Agropecuária	139
6.1.1.3 - Pesca	139
6.2 - MODELO DE GESTÃO AMBIENTAL, PARTICIPATIVA E COMPARTILHADA	141
6.3 - IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO AMBIENTAL NA ÁREA DE ESTUDO	143
6.3.1 - FASE PREPARATÓRIA	143
6.3.1.1 - Diagnóstico sócio-econômico e ambiental da área	143
6.3.1.2 - Escolha das áreas para aplicação do modelo	144
6.3.1.3 - Seleção e atribuições dos órgãos intervenientes	145
6.3.1.4 - Gestão democrática e descentralizada	146
6.3.1.5 - Construção de modelo de divulgação	147
6.3.2 - FASE DE NEGOCIAÇÃO	148
6.3.2.1 - Avaliação da demanda e viabilidade para desenvolver o modelo de gestão	148
6.3.2.2 - Institucionalização	149
6.3.2.3 - Recursos técnicos e viabilidade econômica	149
6.3.2.4 - Co-responsabilidade	150
6.3.2.5 - Monitoramento e avaliação da gestão ambiental	150
6.4 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO PROCESSO DE GESTÃO AMBIENTAL	152
6.4.1 - CONSIDERAÇÕES LEGAIS E CONCEITUAIS NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	152
6.4.2 - MEDIDAS E TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS APLICÁVEIS NA ÁREA DE CACHOEIRA DO PIRIÁ	154
6.4.2.1 - Medidas geotécnicas	154
6.4.2.2 - Medidas de remediação	158
6.4.2.3 - Medidas de revegetação	159
6.4.2.4 - Medidas sócioeconômicas	159
6.5 - GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CACHOEIRA DO PIRIÁ	167
6.5.1 - CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS	167

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 170

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 179

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS 190

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Mapa de localização da área de estudo	1
FIGURA 2.1 - Amostragem de solo na área urbana de Cachoeira do Piriá	10
FIGURA 2.2 - Mapa de localização dos pontos de amostragem	12
FIGURA 2.3 - Esquema para análise de Mercúrio em amostra de solo e sedimento	14
FIGURA 2.4 - Modelo esquemático do funcionamento do Mercury Analyzer	15
FIGURA 2.5 - Representação esquemática da metodologia utilizada na pesquisa	19
FIGURA 4.1 - Mapa geológico da região do Gurupi	59
FIGURA 4.2 - Afloramento de rocha máfica exibindo feições de alateração	60
FIGURA 4.3 - Feições de bandas de cisalhamento nas lateritas	60
FIGURA 4.4 - Aspecto da alteração hidritermal em veios de quartzo	60
FIGURA 4.5 - Perfil esquemático dos compartimentos lateríticos na área de estudo	61
FIGURA 4.6 - Perfil tipo das rochas lateritas na área de Cachoeira do Piriá	62
FIGURA 4.7 - Mapa geológico da área de estudo	63
FIGURA 4.8 - Sistema de morros alongados	65
FIGURA 4.9 - Sistema de morros alongados com vertentes retilíneas e vales em V	65
FIGURA 4.10 - Colinas alongadas com topos restritos colonizados com capim	66
FIGURA 4.11 - Colinas pequenas de topos suaves e planície de relevo suavizado próximo as drenagens	66
FIGURA 4.12 - Mapa dos compartimentos geomorfológicos	67
FIGURA 4.13 - Novas habitações construídas próximas às cavas abandonadas	79
FIGURA 4.14 - Áreas de expansão da cidade de cachoeira do piriá	79
FIGURA 4.15 - Mapa geoambiental da área	80
FIGURA 5.1 - Concentrações de elementos traço nos diferentes solos	87
FIGURA 5.2 - Método do desmonte hidráulico sendo praticado	88
FIGURA 5.3 - Chegada do material lamoso na caixa pré-concentradora	88
FIGURA 5.4 - Garimpagem por meio de minas subterrâneas em cachoeira	89
FIGURA 5.5 - Cava recente produzida por minas subterrâneas.	90
FIGURA 5.6 - Cava abandonada no perímetro urbano de cachoeira	90
FIGURA 5.7 - Lagos antigos, da década de 80, na porção sul da área	90
FIGURA 5.8 - " <i>Trend</i> " das concentrações de hg no <i>horizonte (a)</i> dos solos em Cachoeira do Piriá	95
FIGURA 5.9 - Concentração do hg no horizonte a nas zonas urbana e rural	95
FIGURA 5.10 - Igarapé da represas fortemente assoreado.	96

FIGURA 5.11 - Detalhe da coloração da água devido à presença de sedimentos em suspensão	96
FIGURA 5.12 - Concentração dos elementos-traço nas drenagens estudadas	98
FIGURA 5.13 - Concentrações de elementos-traço ao longo do ig. macaco	98
FIGURA 5.14 - Ciclo do mercúrio nos garimpos	100
FIGURA 5.15 - Drenagem com baixa profundidade e pouca energia de transporte	102
FIGURA 5.16 - Concentrações de hg nas drenagens do setor sul	103
FIGURA 5.17 - Concentrações de hg nas drenagens do setor norte	104
FIGURA 5.18 - Concentrações do hg ao longo do igarapé macaco	106
FIGURA 5.19 - Bateria de poços tubulares que abastecem a cidade	114
FIGURA 5.20 - Detalhe da proteção de um poço amazona	114
FIGURA 5.21 - Classificação hidroquímica das águas dos principais poços que abastecem a cidade de cachoeira do piriá, segundo o diagrama de piper	119
FIGURA 5.22 - Vista geral da primeira rua de cachoeira do piriá	122
FIGURA 5.23 - Ruas do centro da cidade de Cachoeira do Piriá	122
FIGURA 5.24 - Estado precário de outra rua dentro da cidade.	122
FIGURA 5.25 - Queima de lixo próximo à cidade de cachoeira.	123
FIGURA 5.26 - Comportamento do nitrogênio em subsuperfície	125
FIGURA 5.27 - Sazonalidade das concentrações de nitrato em poços abertos e tubulares	128
FIGURA 5.28 - Latrinas junto a poços, principal fonte de contaminação	130
FIGURA 5.29 - Uso freqüente dos poços amazonas dentro da cidade	130
FIGURA 5.30 - Moradores utilizando os poços amazonas	130
FIGURA 6.1 - Exemplos de espécies nativas nas margens do ig. macaco	138
FIGURA 6.2 - Áreas com açaí nativo; principal forma de extrativismo vegetal	138
FIGURA 6.3 - Cava alagada e abandonada próxima a cidade	156
FIGURA 6.4 - Mesma cava sem água e preenchida por rejeitos	156

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - Paradigmas de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável	28
QUADRO 3.2 - Princípios da gestão ecossistêmica e sua relação com as variáveis envolvidas em estudos ambientais	29

LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1 - Concentração de elementos-traço em amostras de solos	86
TABELA 5.2 - Teores médios dos principais óxidos nos solos.	86
TABELA 5.3 - Concentrações de mercúrio nos perfis de solo áreas urbana e rural	93
TABELA 5.4 - Concentrações de elementos-traço em sedimentos de corrente .	97
TABELA 5.5 - Concentrações de mercúrio nas drenagens do setor sul da área .	102
TABELA 5.6 - Concentrações de mercúrio nas drenagens do setor norte da área.	104
TABELA 5.7 - Concentrações de mercúrio nos sedimentos do igarapé Macaco .	105
TABELA 5.8 - Comparação com outro de trabalho realizado anteriormente no setor sul da área	107
TABELA 5.9 - Índices de geoacumulação do mercúrio para os sedimentos.	108
TABELA 5.10 - Parâmetros físico-químicas e concentrações dos íons maiores nas águas subterrâneas.	118
TABELA 5.11 - Concentrações dos íons dominantes nos principais poços que abastecem a cidade.	119
TABELA 5.12 - Parâmetros físico-químicos e teores dos compostos nitrogenados nas águas subterrâneas coletadas em novembro de 2001	126
TABELA 5.13 - Parâmetros físico-químicos e teores dos compostos nitrogenados nas águas subterrâneas coletadas em julho de 2002.	127

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Agência brasileira de normas técnicas
ADA - Agência de Desenvolvimento da Amazônia
BASA - Banco da Amazônia
Cetem - Centro de Tecnologia Mineral
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente
Coseas - Coordenadoria de Saúde e Assistência Social
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais
Crusp - Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo
CVRD - Companhia vale do rio Doce
Digeo - Divisão de Geologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral
EMBRAPA - Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
Epusp - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FAO - Food and agriculture organization
Fapesp - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM - Instituto brasileiro de mineração
IGc - Instituto de Geociências
INCRA - Instituto Nacional de colonização e Reforma Agrária
INPA - Instituto de pesquisa da Amazônia
IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo
Iterpa - Instituto de terra do Pará
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NAEA - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos
OMS - Organização Mundial de Saúde
PRAD - Plano de recuperação de áreas degradadas
SAGRI - Secretária executiva de agricultura
Sebrae - Serviço brasileiro de apoio às micros e pequenas empresas
SEMMA - Secretaria de Mineração e Meio Ambiente
UFPA - Universidade Federal do Pará
USP - Universidade de São Paulo

RESUMO

A pesquisa que originou o presente trabalho resultou num entendimento das questões relacionadas aos custos externos da garimpagem na Amazônia.

A proposta de investigação do passivo ambiental em áreas garimpadas como base para um modelo de gestão ambiental procurou caracterizar os principais impactos ambientais decorrentes da atividade garimpeira na área de Cachoeira do Piriá, NE do estado do Pará, bem como suas conseqüências para o desenvolvimento econômico e social da região e para as condições de vida das populações envolvidas com o garimpo.

A investigação do passivo ambiental na área de estudo mostrou que os impactos ambientais mais significativos ocorreram principalmente no meio físico. Assoreamentos e interrupções dos rios e igarapés, desmatamentos acentuados, contaminações por mercúrio em sedimentos de corrente e solo, mudanças na topografia, formações de lagos, cavas abandonadas e taludes instáveis representam uma imensurável agressão ao geoambiente local.

Os efeitos degradativos trouxeram conseqüências danosas para os meios biológico e sócioeconômico, haja vista a contaminação do mercúrio em peixes, no homem e em outros animais na área. A ocupação desordenada do garimpo gerou a caotização do sistema de saneamento da cidade, provocando a contaminação das águas subterrâneas pela presença de nitrato (NO_3).

A pesquisa também avaliou os conflitos fundiários e políticos verificados ao longo dos anos na região de Cachoeira do Piriá. Essas disputas foram consideradas como entraves para o desenvolvimento econômico da área.

O diagnóstico do passivo ambiental e a análise dos conflitos locais possibilitaram a formulação de um modelo de gestão ambiental com abordagem ecossistêmica participativa e compartilhada. Esse modelo contempla a formulação de alternativas para a recuperação das áreas degradadas sob o ponto vista socioeconômico e a caracterização do aquífero local como instrumento essencial para a gestão das águas subterrâneas na cidade de Cachoeira do Piriá.

O modelo proposto exige a participação e o compartilhamento dos órgãos governamentais, dos segmentos sociais, da iniciativa privada e da comunidade local para mediar os conflitos e as tomadas de decisão, garantindo a sustentabilidade econômica da área, visando de forma mais ampla o desenvolvimento sustentável.

Abstract

The research that gave origin to this work has resulted in a comprehension of the problems related to the external expenses of the gold prospecting in Amazon.

The proposal of examining the environmental losses in prospected areas as a base for an environmental management model intended to distinguish the main impacts arisen from the gold prospecting activity in the area of Cachoeira do Piriá, northeast of the state of Pará, Brazil, as well as to detect their consequences to the social and economical development of that region and also to the life conditions of the populations related to the prospecting.

The examining of the environmental losses in the focalized area has showed that the most significant impacts occurred specially on the physical milieu. Sediment accumulation and interruption of rivers and brooks, large deforestation, mercury contamination of flowing and ground sediments, topographic changes, lake formations, abandoned digging and unstable talus represent an immense aggression to the local geoenvironment.

The degrading effects have caused destructive consequences to the biological and socioeconomic environments, once we consider the mercury contamination of fish, man and other animals in that area. The prospecting disorganized occupation has caused a chaos of that town's sanitation system, resulting in the contamination of the subterranean waters by the presence of nitrate (NO₃).

The research has also approached the landed and political conflicts which have taken place along the years in Cachoeira do Piriá region. These disputations were considered as hindrance to the economic development in that area.

The environmental losses' diagnosis and the analysis of the local conflicts made possible the formulation of an environmental management model, taking into account the participative and sharing ecosystemic approach. This kind of model considers the formulation of alternatives for the degraded areas' recuperation under the socioeconomic standpoint and the characterization of the local water-bearing as an essential instrument to the management of the subterranean waters in the town of Cachoeira do Piriá.

The proposed model suppose the participation and the sharing of responsibilities among the governmental bureaux, the social segments, the private investors and the local community for the mediation of the conflicts and the taking of decisions, in order to guarantee the economic sustainability of that area, aiming in a broader way the sustainable development.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA

A cidade de Cachoeira do Piriá encontra-se localizada no NE do Estado do Pará, estando contida na Folha SA.23-V-C-VI (Castanhal) e folhas SA 23 e SA 24 (São Luiz/Terezina) do Projeto RADAM, no interflúvio dos rios Piriá e Gurupi. A área de estudo está compreendida entre as coordenadas $46^{\circ} 32' 20''$ e $46^{\circ} 33' 21''$ de longitude W e $1^{\circ} 45' 01''$ e $1^{\circ} 46' 22''$ de latitude sul. O acesso à área é feito saindo-se de Belém, através da Rodovia BR-316 (Pará-Maranhão) passando pelas cidades de Capanema e Santa Luzia do Pará até a chegar a Cidade de Cachoeira do Piriá, totalizando um percurso de 300 Km em estradas que permitem um excelente deslocamento de veículos automotores (figura 1.1).

Figura 1.1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO (ABREU, 1990)

1.2- CONTEXTO DO PROBLEMA

O chamado Ciclo do Ouro contribuiu para o povoamento de algumas regiões no Brasil, principalmente nos estados de Minas Gerais e Goiás. O povoamento das regiões onde se instalam os empreendimentos mineiros é caracterizado por profundas mudanças no meio ambiente, pobreza, miséria e uma enorme desigualdade social. A descoberta de depósitos minerais geralmente está associada a regiões inóspitas, distantes dos grandes centros, como, por exemplo, a Amazônia.

A Amazônia apresenta um dos maiores cenários minerais e hídricos do mundo. A existência de grandes depósitos e de possuir uma das maiores reservas de água doce do planeta a coloca em uma posição privilegiada perante a comunidade internacional, mas, por outro lado, aumenta ainda mais o perigo de sua devastação. O interesse pela exploração dos recursos naturais da região levou para lá, nas últimas décadas, uma grande quantidade de pessoas e empresas que, embaladas pelo mito do sonho dourado, acabaram deixando um quadro de intensa degradação física e social na região.

Na Amazônia a poluição hídrica tem se agravado devido ao uso inadequado do solo, dos insumos agrícolas, da mineração e do desmatamento. Entretanto, a magnitude do potencial hídrico da região acaba mascarando a gravidade do problema, pois passa-se a menosprezar esses impactos, achando que são pequenos perto da exuberância natural da região. Essa postura pode estimular os poluidores a manter o nível de poluição e as autoridades omitirem-se de suas responsabilidades. Essa conduta pode transformar esses “insignificantes” impactos em um gigantesco problema para toda região. Dentre as grandes preocupações ambientais relacionadas com os recursos hídricos na região esta a mineração, devido o seu enorme potencial e as técnicas de exploração (métodos de lavra), que são extremamente impactantes para os recursos hídricos e a proliferação dos garimpos em quase toda a região, utilizando técnicas e equipamentos obsoletos que trazem graves prejuízos à qualidade de vida das populações que dependem dos rios como fonte de alimentação. (SILVA, 2003).

O “boom” do comércio mundial do ouro aconteceu em um período de grande desorganização econômica, social e administrativa no Brasil. A evidência cabal desse quadro caótico da nação foi a corrida desesperada de milhares de desempregados e trabalhadores rurais, retirantes nordestinos, para a principal área garimpeira do país na época, que era a Amazônia, local onde estavam sendo descobertas sucessivamente áreas de exploração mineral, principalmente no estado Pará. Esse processo migratório desorganizado para essas áreas foi denominado de “*camelotização da mineração*”, por comparação com as ruas dos grandes centros urbanos, que estão tomadas por desempregados que fazem da economia informal seu único meio de sobrevivência (SCLIAR, 1996).

A população garimpeira da Amazônia correspondia a 80% dos garimpeiros que atuavam no Brasil nesse período. Os garimpos na Amazônia também cumprem o papel de povoadores da região, pois quando se instalam fazem surgir vilas, cidades e até se transformam em município, influenciando diretamente no aumento da população (BECKER, 1990).

As áreas garimpadas no estado do Pará perfazem cerca de 100 mil Km² (SILVA, 1993). As principais regiões garimpeiras do estado são sudoeste -Tapajós, sudeste - Carajás/Serra Pelada e nordeste - Gurupi. Em 1990, somente na região do rio Tapajós, existiam cerca de 460 pontos de garimpo e 340 pistas de pouso, com a população garimpeira variando entre 90.000 a 140.000 habitantes (FEIJÃO & PINTO, 1992).

Nessas regiões, ao longo dos anos de atividade garimpeira, surgiram dezenas de comunidades que sobreviviam em função dos garimpos. Esses núcleos urbanos apoiavam a atividade garimpeira fornecendo alimentos, utensílios de trabalho e lazer. Esses conglomerados populacionais são chamados de currutelas. A currutela (vila garimpeira) é o local onde se vê claramente a dissociação de capital e trabalho. A pobreza da maioria da população é produto dessa dissociação, que acaba criando um tipo de marginalidade tolerada dentro do espaço físico dos garimpos (GIORDANO, 1995). As condições de vida nessas currutelas eram insalubres devido à falta de saneamento básico, à violência, à desordem urbana e à falta de serviços essenciais, como, por exemplo, os de saúde.

Os garimpos de ouro na Amazônia, além de serem fontes de riqueza “fácil”, são apontados como um dos principais responsáveis pelos atuais problemas ecológicos e sociais da região. A descoberta de novas áreas propícias à garimpagem sempre exerceu atração sobre muitos garimpeiros e sobre outras pessoas que buscavam nessa atividade melhorar suas vidas através da esperança do “sonho dourado” (SANTOS, 1998).

Com a decadência do comércio do ouro na década de 90, a maioria dessas currutelas teve suas populações reduzidas, mas não foram abandonadas, pois as pessoas envolvidas diretamente com a garimpagem não dispunham de outras opções, senão permanecer no local, praticando a garimpagem de subsistência. Essa é a realidade na maioria das regiões garimpeiras na Amazônia, principalmente no estado do Pará. Nesse período, essas áreas buscaram suas emancipações municipais, apoiadas por políticos que viam na criação de um novo município a oportunidade de aumentar seus domínios eleitorais. As autoridades envolvidas no processo analisaram principalmente os argumentos sócio-econômicos e subjugaram as condições que o meio ambiente oferecia para que houvesse desenvolvimento local. Nessas condições, alguns garimpos foram transformados em municípios e as currutelas passaram a ser cidade-sede em muitas áreas garimpeiras do estado do Pará.

Dentro deste contexto, insere-se a área garimpada de Cachoeira do Piriá, localizada na região do Gurupi, às margens da BR-316 (Pará - Maranhão), nordeste do Estado do Pará, a qual serviu de como estudo de caso para execução dessa pesquisa.

Nos anos 80, a região de Cachoeira do Piriá despontou no cenário mineral paraense como uma promissora região aurífera, chegando a ter 10 mil habitantes. A garimpagem se estendeu até o início da década de 90. Em 1990, foram identificados mais de 25 pontos de exploração de ouro, com uma população estimada em 25.000 garimpeiros (FEIJÃO & PINTO, 1982). Em 1995, essa região foi transformada no município de Cachoeira do Piriá, por meio da lei estadual 5.927, que o desmembrou do município de Viseu. Segundo dados do IBGE 2000, a população é de 16.500 habitantes, sendo 70% residentes na zona rural e o restante na cidade. A área do município é de aproximadamente 2.610 Km². A vila dos garimpeiros tornou-se o principal conglomerado urbano da região e a sede do município. Segundo os moradores, a transformação da curutela em município teve como ponto positivo a chegada da energia elétrica, a criação de uma escola e de um posto de saúde. Esforços estão sendo realizados para obtenção de mais recursos. Porém, os impactos ambientais deixados pela garimpagem - *Passivo Ambiental* - limitam o desenvolvimento da cidade de Cachoeira do Piriá.

O passivo ambiental configura-se na parte contábil, que significa custos para aquele que herdar tais impactos, que pode ser um empreendedor ou o Estado. Refere-se também aos benefícios ou resultados econômicos que deverão ser sacrificados em favor da preservação, recuperação e proteção do meio ambiente (RIBEIRO, 1992).

O passivo ambiental é um instrumento de gestão ambiental e é utilizado como sinônimo de impactos ambientais deixados por um empreendimento e assumido por terceiros. A investigação envolve identificação do problema, avaliação, dados históricos da área, situação do imóvel e tipo de empreendimento. O passivo ambiental da atividade garimpeira na área de Cachoeira está caracterizado pela degradação do meio físico, do meio biológico e do meio sócio-econômico. No meio físico os impactos registrados são assoreamento das drenagens, material em suspensão nos rios, interrupção das drenagens, desgastes do solo, formação de cratera, cavas, desgastes induzidos do solo e mudanças na topografia do terreno. O meio biológico também é afetado pelo desmatamento de grandes áreas, o desaparecimento da flora e da fauna, a diminuição de espécies aquáticas, a contaminação de sedimentos de corrente, de peixes e de outros animais. Os efeitos negativos sobre o meio sócio-econômico são consequências dos impactos no meio físico e biológico, como a falta de peixes nos rios e o afugentamento de animais de caça, que servem de alimentos para as comunidades próximas.

A degradação dos recursos hídricos na área de Cachoeira do Piriá configura-se em um dos mais importantes passivos ambientais relacionados com a atividade garimpeira, e atinge diretamente as águas superficiais e os aquíferos, implicando na queda de qualidade de

vida da comunidade e comprometendo as gerações futuras, pois o abastecimento público já sofre com a escassez no fornecimento, devido ao rebaixamento do nível freático e à contaminação de poços, com teores de nitrato acima do permitido pela organização mundial de saúde. Esse último aspecto está relacionado com a ocupação desordenada e a falta de saneamento básico. Tentativas de melhoria no sistema de abastecimento da cidade foram feitas recentemente, porém, pela falta de conhecimento geológico, os trabalhos não obtiveram sucesso, e a perda financeira foi inevitável.

As condições de vida na sede do município são consequência da degradação ambiental causada pela atividade garimpeira, que não se resume somente na contaminação por mercúrio, mas degrada também o homem, pois os impactos no meio físico são difíceis de ser reparados. Com isso estão impedindo investimentos concretos e dificultando o desenvolvimento da área. Diante desses fatos, pretende-se neste trabalho apresentar uma investigação do passivo ambiental, para diagnosticar os problemas no meio ambiente deixados pela atividade garimpeira na área de Cachoeira do Piriá, incluindo os impactos nos recursos hídricos, tanto nas drenagens como nas águas subterrâneas.

Em relação ao desenvolvimento na região amazônica e ao desenvolvimento sustentável como sendo um modelo de desenvolvimento regional, BECKER 1994 apud BATISTA 2001 considera que: "O novo modelo se fundamenta em três princípios básicos: o princípio de uma nova racionalidade no uso dos recursos; o princípio da diversidade, isto é, uso das potencialidades autóctones em recursos naturais humanos, significando uma valorização seletiva das diferenças; o princípio da descentralização, implicando não apenas na distribuição territorial das decisões mas sobretudo na forma inovadora de planejamento e governo, a gestão do território, entendida como um processo em que os esforços do desenvolvimento são baseados na parceria construtiva entre todos os atores do desenvolvimento através da discussão direta, onde normas e ações são estabelecidas e responsabilidades e competências são definidas. Privilegia-se assim, o poder local como base do desenvolvimento".

Na presente Tese, a metodologia desenvolvida de gestão ambiental participativa e compartilhada para as áreas degradadas e para os recursos hídricos subterrâneos será apresentada por meio de diretrizes de implementação em um estudo de caso, relacionado ao passivo ambiental da referida área garimpada no NE do Estado do Pará, cujas condições de vida de seus habitantes estão intrinsecamente relacionadas à situação em que se encontra o meio ambiente, além da complexa situação fundiária, que envolve órgãos governamentais, iniciativa privada e a comunidade local. Pretende-se com tais propostas imputar responsabilidades para todos os segmentos institucionais e sociais envolvidos no processo de desenvolvimento de Cachoeira do Piriá como INCRA, DNPM, CPRM, BASA, prefeitura municipal, a empresa de mineração que é detentora da Portaria de Lavra e a comunidade local,

baseado nos princípios do desenvolvimento sustentável, que são a equidade social e a preservação do meio ambiente.

Neste trabalho é dada prioridade à investigação do passivo ambiental da garimpagem, pois se entende que essa abordagem é de extrema importância para as tomadas de decisões que impliquem na criação de um novo município e serve como ferramenta essencial aos projetos de planejamento municipal, a fim de construir um modelo de gestão ambiental, que proporcione desenvolvimento local em bases sustentáveis, principalmente naquelas regiões do estado onde foram realizados trabalhos de garimpagem e que almejam sua emancipação.

1.3 - HIPÓTESE DO TRABALHO

Os motivos que levaram à elaboração dessa proposta estão balizados na hipótese de que nas áreas garimpadas da Amazônia os impactos ambientais influenciam decisivamente no processo de planejamento, desenvolvimento econômico e melhoria das condições de vida da população local e que a investigação desse passivo ambiental se constitui no principal instrumento de gestão ambiental para a formulação de políticas públicas que visem o desenvolvimento sustentável nessas áreas.

1.4 - OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo central do trabalho será a verificação dessa hipótese. Para alcançar o objetivo principal, algumas metas específicas foram estabelecidas:

- Caracterização o meio físico na área da cidade de Cachoeira do Piriá
- Avaliação o grau de degradação do meio físico nas áreas garimpadas,
- Caracterização a composição química de solos e sedimentos;
- Caracterização a contaminação do mercúrio nos sedimentos de corrente das principais drenagens da área;
- Caracterização a contaminação do mercúrio em solos da área urbana e rural da cidade de Cachoeira;
- Avaliação as condições dos recursos hídricos na área garimpada, com ênfase para o uso das águas subterrâneas em Cachoeira;
- Avaliação a qualidade da água consumida pela população local, mediante ao estudo dos compostos nitrogenados;
- Avaliação a situação legal (fundiária e mineral) da área de cachoeira do Piriá, junto aos órgãos governamentais, prefeitura municipal de Cachoeira e a empresa de mineração responsável pela área.
- Apresentação um modelo de gestão ambiental para a área de estudo.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - MATERIAIS

2.1.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Esta fase consta de uma síntese e comentários de publicações nacionais e internacionais referentes à contaminação do mercúrio, dos compostos nitrogenados em águas subterrâneas, hidrogeoquímica, meio físico, gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. Além de trabalhos relacionados com o contexto geológico e geomorfológico da região do nordeste do Estado do Pará e da área de Cachoeira do Piriá. Sobre garimpo de Cachoeira, procurou-se realizar um levantamento da sua origem, formas e ocupação do solo e seus impactos ambientais e sócio-econômicos na área.

2.1.2 - ELABORAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

A base cartográfica utilizada neste trabalho foi desenvolvida a partir de um mapa de detalhe na escala 1:2. 500, do ano de 1990, pertencente à Mineração Xopotó. Nesse mapa, foram localizados os principais garimpos da área de Cachoeira, as cavas, os lagos formados e as drenagens obstruídas. Curvas de níveis detalhadas configuram a topografia local. Essas informações foram atualizadas através da imagem do Satélite LANDSAT 7 de julho de 2000. Com a junção das informações contidas no mapa com as aquelas extraídas das imagens de satélite, elaborou-se o mapa de amostragem. Os mapas de uso e ocupação do solo, geológico e geomorfológico estão sendo elaborados.

2.2 - AMOSTRAGEM E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Para auxiliar nos trabalhos de amostragem, foi desenvolvido um roteiro de atividades que consiste em pré-estabelecer uma ordem de abordagem dos assuntos a serem levantados em campo. Os trabalhos de campo foram realizados no período de 29/10 a 07/12/2001, época que corresponde ao final do verão (período seco) na Amazônia, quando os

níveis das águas dos rios e poços estão baixos, as estradas permitem o tráfego de veículos com facilidade e o trabalho de amostragem pode ser executado com maior segurança.

Os trabalhos de campo seguiram o seguinte roteiro:

Primeiramente, foram amostrados os sedimentos de corrente, pois o número de drenagens a serem amostradas era grande e a área de abrangências também. Em seguida, foram amostrados os solos da área de Cachoeira. Por último, foram amostradas as águas, justamente na semana de encerramento dos trabalhos, para que não houvesse demora em analisá-las.

A coleta e a preservação das amostras em campo seguiram o protocolo usado nos laboratórios do Instituto Evandro Chagas, CEPAS, e do laboratório de Química Analítica do Instituto de Geociências da USP.

Para caracterizar a degradação do meio físico utilizou-se a análise fenomenológica. Segundo VASCONCELOS & SANCHEZ (2001), essa metodologia baseia-se na observação das alterações na paisagem relacionados à atividade antrópica, no caso, relacionados com a atividade mineral. Por meio dessas observações, pode-se estimar o grau da degradação em cada área estudada. Surgindo assim o fenômeno da especificidade e unidade do processo degradativo, no caso a mineração. Segundo os autores, um processo de indução requer uma análise exata e objetiva para cada caso estudado, sendo estritamente qualitativo. Porém, as conclusões e as alternativas podem ser estendidas para o conjunto de áreas observadas. Esse recurso metodológico é muito aplicado em pesquisas ambientais, principalmente àquelas relacionadas com meio físico.

Na área de Cachoeira, as observações concentraram-se nos processos de alteração do meio físico:

- Desmatamento;
- Assoreamento e interrupção das drenagens;
- Modificação da topografia - surgimento de cavas e taludes instáveis;
- Condições de vida;
- Problemas urbanos

2.2.1 - SEDIMENTOS

A área de Cachoeira do Piriá foi subdividida em três setores de amostragens: setor sul, setor norte e igarapé do Macaco. Nos setores sul e norte, foram estudados 10 drenagens, 5 para cada setor e coletadas 14 amostras em cada um deles. No setor do igarapé do Macaco, foram coletadas 7 amostras, perfazendo um total de 35 amostras.

Os cursos d'água amostrados no setor sul foram igarapé Currutela, igarapé Barriquinha, igarapé da Represa, igarapé da Vila e igarapé do Maneca. Já no setor norte foram

os igarapés Manelão, grota do Tenente Belarmino, grota EMBRATEL, grota dos Túneis e igarapé sítio vermelho e o igarapé Macaco, por ser o principal curso d'água da área e, onde drenagens impactadas desembocam.

Para a coleta dos sedimentos de corrente foram levados em consideração os critérios topográficos e a vegetação. Esses dois fatores são os principais condicionantes da energia de transporte de sedimentos. Nesses locais, tem-se a sedimentação de partículas finas (silte e argilas), fração que concentra os maiores teores de elementos químicos. Portanto, tornam-se os principais alvos para amostragem.

Neste trabalho, adotou-se uma malha de amostragem que variou entre 300 a 500 metros de distância entre os pontos ou quando havia variação brusca da vegetação e /ou da topografia.

Nos pontos escolhidos para amostragem, o procedimento inicial foi o posicionamento global do local através da suas coordenadas geográficas, que foram demarcadas com o auxílio do aparelho GPS (Global Position System). Após a leitura foram feitas as medidas dos parâmetros físico-químicos, como pH e condutividade elétrica. Outros parâmetros de caráter geral do local amostrado foram observados e anotados em uma ficha de amostragem, para sedimento de corrente em leito ativo ou seco (anexo). Feitas as anotações necessárias, partiu-se para a coleta do material.

Devido à baixa profundidade da maioria das drenagens, o equipamento utilizado como amostrador foi uma pequena pá de plástico. O material retirado era colocado em um saco plástico, lacrado com fita crepe e identificado com sigla e numeração. Após e antes de cada coleta o amostrador era lavado em água corrente. O peso das amostras variou de 500g a 4 kg, dependendo da granulometria do material, quanto mais grosseiro maior a quantidade a ser amostrada, pois, para as análises químicas, é usada a fração fina de cada amostra. O total de amostras de sedimentos de corrente coletada em toda a área de Cachoeira do Piriá foi de 35.

2.2.2 – SOLO

Antes dos trabalhos de amostragem de solo, foi realizado um levantamento sobre as localizações das antigas casas comerciais que compravam ouro, onde eram feitas as queimas do amálgama na época mais produtiva do garimpo de Cachoeira. Essas informações foram decisivas no processo de seleção dos pontos e do número de amostras. A finalidade desse levantamento foi à caracterização espacial da contaminação. As amostras de solo, ainda foram coletadas em uma área garimpada (rejeito), em local de floresta nativa e em duas áreas afastadas cerca de 1km da sede do município. A amostragem foi realizada com o auxílio de um trado manual, sendo que em cada ponto foram coletadas duas amostras, assim distribuídas: Horizonte A – da superfície até 8 cm de profundidade;

Horizonte B - de 8cm até 17 cm de profundidade

De cada amostra, foi coletado um volume de 350g que foi acondicionado em sacos plásticos, lacrados com fita crepe e identificados com sigla e numeração do ponto. Foram coletadas 17 amostras, sendo que em dois pontos amostrou-se duas vezes, perfazendo um total de 32 amostras (Figura 2.1).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 2.1. Amostragem de solo por meio de um trado manual na zona urbana de Cachoeira do Piríá

Em cada local amostrado foram registradas as coordenadas geográficas com o auxílio do GPS.

As amostras de sedimento e de solo coletadas receberam o mesmo tratamento em laboratório. As amostras foram secas dentro da sala de preparação de amostras, cuja temperatura foi $<20^{\circ}\text{C}$. Após a secagem, as amostras foram desagregadas manualmente, peneiradas a uma fração granulométrica de ($< 0,062\text{mm}$), pois são nessas frações que se encontram os maiores teores de Hg e outros metais pesados. O processo de peneiramento deu-se por via seca, em peneiras de teflon, através do agitador de BERTEL na fração <250 mesh. A fração peneirada foi homogeneizada e quarteada, sendo em seguida acondicionada em frascos de polietileno de 50 ml, com tampa, todos etiquetados com suas respectivas localizações. O restante da amostra foi recolocado nos sacos plásticos.

2.2.3 – ÁGUA SUBTERRÂNEA

As amostras de água coletadas foram para análises dos compostos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia), para os íons maiores, elementos traço e os ânions. Na área de Cachoeira, foram coletadas oito amostras de água, sendo seis de poços abertos e 2 tubulares. Todos os locais amostrados são utilizados para abastecimento da população local. Os poços tubulares têm profundidade variando de 14 a 54. Os demais poços são do tipo aberto ou amazona, cujas profundidades variam entre 4 a 12 metros. Em todos os pontos procedeu-se o registro das coordenadas geográficas através do GPS. Nesses locais foram medidos os parâmetros físico-químicos, pH, temperatura e condutividade elétrica. Os equipamentos utilizados foram o HI 8424 da HANNA instruments, para o pH e o HI 9033, HANNA instruments, para a condutividade elétrica.

As coletas foram feitas em torneiras ligadas aos poços tubulares e nos baldes utilizados pelos moradores para retirar a água dos poços abertos. As amostras foram guardadas em garrafas plásticas de 250 ml, previamente lavadas em laboratório com detergente neutro e água deionizada. No campo, antes das coletas eram lavadas com água destilada e com a própria água do local amostrado. Após a coleta, as garrafas foram travadas e codificadas com sigla e numeração, em seguida foram levadas até uma geladeira de isopor que continha gelo, a fim de preservar as características físico-químicas das amostras. Todas as amostras foram coletadas em um mesmo dia e no dia seguinte foram trazidas para o laboratório do Instituto Evandro Chagas, em Belém, para análise.

Nesta pesquisa não se analisou a concentração de mercúrio nas águas. Em trabalhos consultados como os de CALLAHAN *et al*; (1992), CALLAHAN *et al*; (1994), LECHLER *et al*; (1997) e MASTRINE *et al*; (1999) os teores encontrados foram baixíssimos para o Hg em amostras de rios e de poços e, em muitas delas não se chegou a detectar a presença do elemento. O método da espectrometria de absorção atômica com geração de vapor a frio (CVAAS) não permite detectar níveis em *parte por trilhão* (ppt), que geralmente são encontrados para o Hg em águas. O método que apresenta um limite de detecção melhor é o da Espectrometria de Fluorescência Atômica com geração de vapor a frio (CVASF). Este método é pouco utilizado para análise de água no Brasil, sendo restrito a alguns centros de pesquisas. O estudo da contaminação do mercúrio em águas não é de interesse para os pesquisadores, pois como se sabe as vias de contaminação pelo mercúrio são a inalação do vapor e o consumo de peixes contaminados.

Figura 2.2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

2.3 - MÉTODOS

2.3.1 - PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Os métodos utilizados neste trabalho foram bastante diversificados. Para o mercúrio total em solos e sedimentos, utilizou-se a espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio - CVAAS. Para a composição química desses materiais, usou-se o método da fluorescência de raios-x - FRX, com a técnica da pastilha fundida (FGD). As amostras de águas subterrâneas foram analisadas pelo método da Espectrometria de Emissão atômica com plasma induzido (ICP-OES) para os elementos traço e alguns cátions e, pelo método espectrofotométrico, para os compostos nitrogenados e titulação para os ânions. Ressalta-se que o aluno participou integralmente da preparação e análise das amostras de solo e sedimentos para a determinação de mercúrio total e da composição química, por FRX. Às demais análises, o aluno não teve acesso.

2.3.1.1 - Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Vapor Frio (CVASS)

As análises de mercúrio foram realizadas no Laboratório de Ecologia Humana e Meio Ambiente (COHEMA), do Instituto Evandro Chagas, em Belém do Pará, seguindo a metodologia desenvolvida por AKAGI e NASHIMURA (1991) (figura 2.3).

O procedimento analítico consistiu em pesar cerca de 0,25g de cada amostra, que foi colocada em um balão volumétrico de 50 ml. Uma mistura de 2mL de ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico (HClO_4) (1:1), 5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e mais 1mL de água foi adicionada consecutivamente na amostra. Em seguida, foi colocada em um chapa a 200°C - 220°C durante 20 min para digestão. O controle da temperatura foi mantido pelo ácido perclórico e também, pelo balão volumétrico, que devido a sua forma, proporciona um sistema convectivo na temperatura. Após resfriamento, a amostra digerida teve seu volume aferido para 50 ml, com água livre de mercúrio. Uma alíquota da solução da amostra foi introduzida no analisador junto com 1mL de solução de cloreto estanhoso a 10% (SnCl_2) para a leitura das concentrações. Para cada amostra foram feitas duplicatas e a concentração foi dada pela média. O equipamento utilizado foi o MERCURY ANALIZER - HG-3500 (figura 2.4).

Figura 2.3. ESQUEMA PARA ANÁLISE DE Hg EM AMOSTRAS DE SOLO E SEDIMENTO (AKAGI e NASHIMURA 1991) (Elaborado: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos)

Figura 2.4. MODELO ESQUEMÁTICO DO FUNCIONAMENTO DO APARELHO MERCURY ANALIZER - HG 3500 (AKAGI e NASHIMURA 1991)

2.3.1.2 - Espectrofotometria

Os compostos nitrogenados estudados neste trabalho foram: nitrato, nitrito e amônia. Todas as amostras analisadas foram de águas subterrâneas. As análises foram feitas no Instituto Evandro Chagas, em Belém do Pará. Os procedimentos analíticos serão apresentados individualmente.

- Nitrato (N-NO_3^-) - 25 ml da amostra foram colocados em um tubo de ensaio, onde foi adicionado o reagente NITRIVIR - 5. Em seguida, aplicou-se o método 353 do espectro fotômetro HACH DR 2000, a faixa de leitura foi de 0 - 45 mgL^{-1} .
- Nitrito (N-NO_2^-) - adotou-se o mesmo procedimento utilizado para o nitrato. Entretanto, o reagente utilizado foi o NITRIVIR - 3, e o método aplicado foi o 371 do mesmo espectro fotômetro, HACH DR 2000. A faixa de leitura foi de 0 - 0,300 mgL^{-1} .
- Amônia (N-NH_3) - pegou-se novamente 25mL da amostra em um tubo de ensaio, onde foram adicionados os seguintes reagentes: 3 gotas de mineral estabilizador, 3 gotas de polimineral alcalino e 1 mL de nisler. O método adotado foi o 380 do espectro fotômetro HACH 2000 DR. A faixa de leitura foi de 0 - 2,50 mgL^{-1} .

2.3.1.3 – Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado (ICP-OES)

O procedimento analítico consta em dividir as análises em duas rotinas: água 1 para analisar os elementos Al, Fe, Cr, Cu, K e Ni e água-2 para análise dos elementos: Ba, Ca, Mg, Sr, Zn, Mn e Na. Os procedimentos de controle de qualidade analíticos utilizados no laboratório foram:

- Padrões internos multi-elementares são preparados a partir de sais espectralmente puros, 99,99% de pureza, e verificados periodicamente com padrões externos de qualidade comprovada (SPEX, Perkin Elmer, Merck), rastreáveis por padrões NIST.
- Curvas de calibração obtidas para cada elemento, com no mínimo três padrões e 1 branco, são lineares do tipo $y = ax + b$ e apresentam três novos e como coeficiente de calibração $R = 0,9998$.
- A cada intervalo de tempo de 30 minutos (aproximadamente 06 amostras) é analisado um padrão interno, não pertencente à curva de calibração, para controle do *drift* do equipamento. (JANASI *et al*/1995).
- Para um conjunto de 10 amostras similares em concentração são retiradas 02 delas, para dopagem com concentração conhecida de padrões para cada um dos elementos, e são então reanalisadas. As taxas de recuperação dos valores dopados devem estar entre 75 e 125% conforme norma da EPA 6010B.
- As amostras, cujas concentrações de analitos estejam próximas aos padrões, com teores mais elevados na curva de calibração, deverão ser diluídos no máximo 80% e reanalisadas. Os resultados recalculados não deverão exceder $\pm 10\%$ do valor anteriormente obtido (EPA 6010B).
- Em conjunto com as amostras foram analisados 03 padrões internos do laboratório, não utilizados previamente nas curvas de calibração. Os valores obtidos para esses padrões podem variar de no máximo 5% do valor verdadeiro

O equipamento utilizado para a análise foi o ICP-OES, modelo 3410 da ARL (Applied Research Laboratories) utilizando-se nebulizador ultrassônico da CETAC mod. U5000AT.

Para a análise dos ânions foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Cloreto e Alcalinidade foram encontrados por intermédio de titulação com HCl 0,1N
- Bicarbonato - estequiometria a partir da alcalinidade $\text{HCO}_3 = A_T \times 1,22$, onde A_T é alcalinidade total.

2.3.1.4 – Fluorescência de Raios - X (FRX)

O procedimento metodológico foi baseado em MORI *et al.*, (1999), em que foi utilizada a Fluorescência de Raios-X, sendo usada a técnica da pastilha fundida (FGD). O equipamento utilizado foi um Espectrômetro PHILIPS modelo PW 2400 com tubo de Rh.

Primeiramente as amostras foram secas em estufas a 100°C. Após secagem, foi retirado cerca de 1g de cada uma delas e colocado em um recipiente de vidro. A essa quantidade, foram adicionados 9,0000g de fundente, compostos por metaborato de lítio e tetraborato de lítio, na relação de 1:4 e 0,2g de nitrato de amônia, para auxiliar no processo de oxidação do enxofre, durante a fusão. Em seguida, o material homogeneizado foi colocado em um cadinho de platina (5% Au) e levado para um queimador e agitador mecânico, onde se processou a fusão desse material. Ao completar a fusão, o material fundido foi vertido automaticamente em um molde de platina, com cerca de 40 mm de diâmetro e altura de aproximadamente 4 mm resultando em uma pastilha vítrea. Após o resfriamento, essas pastilhas foram codificadas, com o uso de etiquetas de papel. O passo final foi às análises no Espectrômetro. As 24 amostras de sedimentos e 13 de solo foram colocadas em vários porta-amostras, pertencentes ao equipamento e programou-se o aparelho para ler inicialmente os elementos maiores (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O e K_2O) e menores (MnO , TiO_2 e P_2O_5) e posteriormente os elementos-traço (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Zr, Ba, Ce, Nb, Nd, S, Se, Sr, Th, U, V, Y e La).

Foi também analisada a perda ao fogo (Loi), cuja finalidade foi de verificar a fechamento das análises. Primeiramente pesa-se um cadinho de porcelana vazio, previamente calcinado a 1000°C por 1 hora anota-se o peso, em seguida pesa-se nesse cadinho 0,5000g da amostra. O cadinho contendo o material foi levado para uma mufla com temperatura a 1000°C por 1 hora horas. Após o resfriamento, pesa-se o cadinho e, por diferença de peso, determina-se a quantidade de voláteis.

2.4 - TRATAMENTO DE DADOS

Os dados e as informações obtidas foram tratados utilizando-se programas Word versão 97- redação de texto, Excel 5.0 para elaboração de gráficos, ambos da Microsoft. Para a elaboração dos Mapas foram utilizados os programas Corel Draw versão 9 e o ArcWiew.

2.4.1 - ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO DE HG (I_{geo})

Esta metodologia foi adotada por Muller (apud RODRIGUES FILHO e MADDOCK, 1985) e RAMOS e PEREIRA FILHO, (1986). Trata-se de uma avaliação qualitativa da poluição por metais, inclusive o Hg, em sedimentos de fundo. A expressão para o cálculo do I_{geo} é dada por:

$$I_{geo} = \log_2 C_n / 1,5 B_n$$

Em que

C_n - é a concentração do elemento investigado em uma fração granulométrica específica.

B_n - é o valor de background desse elemento na mesma fração granulométrica.

A figura 7 sintetiza de forma esquemática a proposta de divisão do trabalho em diversas linhas de pesquisas, que serão estudas e avaliadas sob a ótica de uma análise ambiental dos geoindicadores afetados pela atividade garimpeira. Os resultados subsidiaram as discussões dos instrumentos de gestão ambiental.

2.4.2 - CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA

A classificação das águas subterrâneas na área de Cachoeira do Piriá foi obtida por meio do software Hidrochem compilado via Internet no site da Rockware Inc, em que as concentrações dos ânions e de íons maiores foram plotados no diagrama triangular de Piper. O referido diagrama utiliza os íons dominantes para classificar os vários grupos de água. Foi feito também o cálculo do balanço iônico das amostras dos 4 principais poços que abastecem a cidade de Cachoeira do Piriá. O objetivo foi verificar se o percentual de erro estava dentro do limite considerado aceitável, que é de $\pm 10\%$.

CUSTÓDIO & LLAMAS (1996) calculam a porcentagem do erro do balanço iônico por meio dos valores de ânions e cátions em miliequivalentes, utilizando a seguinte equação:

$$\text{Erro} = \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}}{\sum \text{cátions} + \sum \text{ânions}} \times 100$$

Figura 2.5. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA METODOLOGIA UTILIZADA PARA O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA (FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos)

CAPÍTULO 3

BASE TEÓRICA SOBRE A GESTÃO AMBIENTAL E A POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL

3.1 - CONSTRUINDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No final do século XX, os trabalhos que versavam sobre o tema do desenvolvimento sustentável, propunham-se a rever os conceitos e analisar os principais conflitos e as contradições que envolvem seus princípios básicos, desde a sua criação até os dias atuais. Recentemente, surgiram trabalhos que estão incorporando instrumentos de políticas ambientais e de gestão ambiental, como a avaliação de impactos ambientais, para subsidiar proposições que visam alcançar os objetivos principais do novo modelo, tanto em escala regional como local. Neste capítulo, serão revistos os precursores históricos do conceito de desenvolvimento sustentável e a evolução do tema nos principais debates mundiais. E ainda a inserção da gestão ambiental, como forma de assegurar o desenvolvimento sustentável.

A religião foi uma das correntes precursoras da preservação do meio ambiente. O respeito pelos elementos da natureza - fogo, ar, terra e água - configurava-se como um termo simbólico e sagrado para as comunidades tribais. Para as tradições africanas, o homem não é o mestre do universo; ele é o centro, o amigo e o usuário beneficiado e, por essa razão, tem de viver em harmonia com o universo, obedecendo às leis naturais, moral e mística, pois qualquer que seja o distúrbio provocado na natureza é o homem que irá sofrer as maiores consequências (MEBRATU, 1998). A mais importante lição que se pode tirar dessas comunidades tribais é a visão holística, ou seja, a percepção da natureza como um sistema integrado. Essa visão sistêmica do universo vem sendo aplicada por ambientalistas como sendo a forma correta de se estudar a natureza. Para AUMOND (1999), "a sabedoria sistêmica baseia-se num profundo respeito pela sabedoria da natureza, a qual é totalmente compatível com os *insights* da ecologia moderna".

Estudos sobre a sustentabilidade do planeta foram baseados nos princípios das Leis da Termodinâmica. "A Termodinâmica nasceu com estudos de Sadi Carnot, quanto à economia dos processos físicos de uma máquina a vapor. Apontando para o fato de que o calor se move de forma espontânea e irreversível de corpo quente para o frio, Carnot criou as bases para a formulação posterior por R. Clausius das Leis da Termodinâmica, em 1865" (STAHEL,

1998). A termodinâmica é uma ciência básica que formula as regras para a conversão de energia e importação de uma forma para outra. Fixa os limites físicos para a evolução da palavra desenvolvimento ao nosso redor. Em contradição com a relação mecânica, a Termodinâmica indica aquele crescimento econômico que conduz à desordem crescente. Mais especificamente, aumentando os fluxos de energia demandados pela sociedade, como acontece no processo de industrialização contínua, conduz à depreciação progressiva de energia disponível e ao aumento da entropia. A produção de entropia excessiva é refletida em desordens naturais, como é o caso do efeito estufa, que ataca a camada de ozônio, e em outros tipos de poluição ambiental. A segunda Lei da Termodinâmica guia o futuro da raça humana. Ajuda nossa espécie humana a entender como o mundo e a vida poderiam ter evoluído juntos e, ao mesmo tempo, aponta para o ponto finito na evolução. Deve-se aceitar que a Segunda Lei da Termodinâmica é uma lei da natureza. A escolha do caminho a ser percorrido está nas mãos do homem (NORDE, 1997).

Durante os séculos XVIII e XIX, as preocupações com o meio ambiente passavam pela discussão qualidade de vida. Questões ambientais tiveram a conotação econômica baseada na teoria do limite, fundamentadas em Thomas Robert Malthus. A teoria de Malthus alertava sobre o risco de uma grande catástrofe ecológica e humana, devido à escassez dos recursos naturais, caso o crescimento fosse mantido nos mesmos modos de consumo que se registrava na época. De acordo com a teoria de Malthus “a população aumentaria em proporção geométrica, enquanto os alimentos somente em proporção aritmética”. A teoria Malthusiana sobre o limite do meio ambiente pode ser considerada a precursora do conceito de desenvolvimento sustentável (MEBRATU 1998).

O final dos anos 50, do século passado é marcado pelo surgimento de idéias dos chamados economistas tecnocratas otimistas. Dentre eles, destacou-se Ernest F. Schumacher. Seu primeiro trabalho, publicado foi em 1959, tinha como título *Problemas cruciais da vida moderna*. Essa obra culminou com seu reconhecimento internacional e fama, que se estenderam com seu outro livro o *Bonito é ser pequeno*. Schumacher mostrou interesse pela poluição global e o esgotamento dos recursos do planeta, e sugerindo o uso de tecnologias apropriadas. Alguns especialistas acreditam que o conceito de tecnologias apropriadas - sendo aquelas que dão atenção à disponibilidade dos recursos naturais para os diversos da população e também às necessidades sociais emergentes - seja o precursor imediato do conceito de desenvolvimento sustentável.

A procura do novo paradigma “*sociedades sustentáveis*” está baseada na percepção da existência de diversidade ecológica, biológica e cultural entre os povos, que tanto o capitalismo como o socialismo conseguiram dissolver ou incorporar. A busca de uma identidade étnica e cultural seria sintoma (sinal) para o tão sonhado modelo de sociedade.

No início de 1970, havia quatro correntes ambientalistas que postulavam sobre o desenvolvimento econômico do planeta. Os economistas (tecnocratas/otimistas); os cornocupianos, que defendiam a inesgotável fonte dos recursos naturais e apostavam no mercado como regulador do uso racional da matéria-prima; os ultra-ecologistas, que defendiam a volta ao passado bucólico e romântico da vida rural, em pequenas comunidades auto-sustentáveis; e os catastrofistas que se baseavam nas idéias de Malthus (FOLADORI & TOMMASINO, 2000). Dentre essas correntes, duas polarizaram as discussões, os neomalthusianos e os economistas/tecnocratas otimistas. Estes últimos representavam tanto os países desenvolvidos como também os países em desenvolvimento. Os países ricos temiam que as mudanças no modelo econômico pudessem afetar seus lucros, enquanto os países pobres insinuavam que o novo modelo teria sido criado pelos países ricos para impedir seu crescimento e desenvolvimento.

A concepção de eco-desenvolvimento/desenvolvimento sustentável começou a ser formalizada a partir da reunião da ONU-EPHE em 1971, também conhecida como Conferência de FOUNEX, realizada na Suíça. Essa reunião foi preparatória para a Conferência de Estocolmo. Nela havia duas correntes de pensamento: a primeira era a das idéias reducionistas ou catastrofistas, que pregavam o crescimento zero, as idéias pessimistas de Malthus, sobre o esgotamento dos recursos naturais; e a outra era postulada por aqueles que não acreditavam em problemas ambientais e sim em uma estratégia dos países ricos na tentativa de frear o desenvolvimento dos países pobres.

As idéias catastrofistas dos neomalthusianos, como as de Meadows, subsidiaram o relatório intitulado *Os limites do Crescimento* (The Limits to Growth) ou, como ficou conhecido, relatório do Clube de Roma. Segundo DIEGUES (2001), nesse relatório foi colocado que o crescimento da população e o consumo têm crescimento exponencial. Quanto aos recursos naturais, eles são limitados. Os recursos minerais teriam suas reservas esgotadas em pouco tempo, a população aumentaria assim como a poluição e a degradação dos ecossistemas naturais. O objetivo central foi o combate veementemente da pobreza dos países do Terceiro Mundo.

O termo ecodesenvolvimento foi utilizado pela primeira vez por Maurice Strong, em 1973. Surgiu como uma alternativa de modelo que contemplasse as questões sociais, fosse viável economicamente e respeitasse o meio ambiente. O ecodesenvolvimento é a busca de padrões que obedeçam a esses critérios, desde que adaptados às condições de cada local. Apresenta diretrizes que negam que o crescimento econômico fosse o principal causador dos problemas ambientais.

Em 1972, realiza-se em Estocolmo, Suécia, a primeira Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Homem. A finalidade maior da conferência foi resgatar a relação entre desenvolvimento e meio ambiente. O resultado foi uma declaração em

que foram abordados os principais problemas relacionados com o meio ambiente: industrialização, explosão demográfica e crescimento urbano. Proclamou-se o “direito dos seres humanos a um meio ambiente saudável e o dever de protegê-lo e melhorá-lo para as futuras gerações”.

Na Conferência de Estocolmo, a questão ambiental foi tratada inicialmente como sendo uma enfermidade dos países ricos, produto dos seus processos de crescimento econômico, que não traçaram nenhum limite de riqueza e prosperidade. Os países em desenvolvimento (pobres) viram a preocupação dos países ricos com o meio ambiente como sendo uma nova forma de limitar ou controlar o crescimento potencial dos países pobres (FOLADORI & TOMMASINO, 2000). Outra controvérsia aponta para a falta de diretrizes contra as nações que apresentam consumo de recursos naturais de forma irracional.

Segundo Machado (2000), a Conferência de Estocolmo limitou-se em apresentar a degradação ambiental, deixando de lado sua causa - o modelo capitalista de desenvolvimento econômico adotado pelas nações desenvolvidas. A posição assumida pelos países pobres foi de ignorar os temas da Conferência e mantiveram suas posturas desenvolvimentistas, tornando a Conferência quase sem repercussão em seus países.

Os princípios básicos apresentados na conferência não tinham a intenção de resolver o problema, e sim de criar uma consciência ambiental na sociedade, principalmente naquelas que pouco se importavam com o meio ambiente. Como resultado concreto dessa conferência criou-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), a Comissão Mundial para o Meio ambiente e Desenvolvimento (WCED) (FOLADORI & TOMMASINO, 2000).

Em 1974, realizou-se a conferência de Cocoyoc, promovida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e a Conferência das nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTDA). Emitiram uma declaração inspirada no conceito de ecodesenvolvimento, apesar de a conferência tratar de problemas relacionados à contaminação. Discutiu-se também o modelo de industrialização e desenvolvimento e seus efeitos sobre o meio ambiente (FOLADORI & TOMMASINO, op. cit.).

As críticas a esses modelos foram feitas pela Fundação Bariloche, que atacando diretamente os balanços energéticos, os padrões de consumo e os impactos ambientais. Ainda na década de 80, a União Internacional para a Vida Selvagem e outras organizações ambientalistas lançaram um documento denominado “Estratégia Mundial para a Conservação”. Os princípios ecológicos manifestados pregavam mais uma vez o uso racional dos recursos naturais e a harmonia entre desenvolvimento e meio ambiente. Esses princípios estão dentro do modelo de desenvolvimento sustentável, porém as bases para as suas formulações são as do ecodesenvolvimento (DIEGUES, 2001).

Os resultados desse estudo foram apresentados na forma de um relatório, chamado de Relatório Brundtland. Foi através do livro *Nosso Futuro Comum*, publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente em 1987, que o termo *desenvolvimento sustentável* tornou-se de domínio público e passou a receber muita atenção no meio acadêmico ambiental nos anos 90 (NORDE 1997, MEBRATU 1998 e WAHAAB, 2003). O conceito de desenvolvimento sustentável, segundo o relatório, é aquele que responde às necessidades do presente de forma igualitária, porém sem comprometer as possibilidades de sobrevivência e prosperidade das gerações futuras.

O conceito de desenvolvimento sustentável, segundo a visão da Estratégica Mundial para a conservação (DIEGUES, 2001), "é aquele processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se dirigem à satisfação das necessidades das gerações presentes, em cumprimento à possibilidade das gerações futuras a satisfazerem as suas". Nesse relatório se estabeleceu que a pobreza, a igualdade e a degradação do meio ambiente não poderiam ser analisadas de maneira isolada. O relatório conclui ainda que a pobreza é causa e também consequência dos problemas ambientais (FOLADORI & TOMMASINO, 2000).

Baseados no relatório Brundtland, em 1992 as Nações Unidas organizaram a segunda Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), no Rio de Janeiro (Rio-92), conhecida como o *Ápice da Terra*. Tinha como objetivo elaborar estratégias e medidas com a finalidade de deter e reverter a degradação do meio ambiente, além de promover o desenvolvimento sustentável com respeito ao meio ambiente. Nessa conferência foram emitidas várias declarações, com destaque para:

- Convenção sobre mudanças climáticas - Recomendação para estabilizar as emissões de CO₂ para o ano 2000 aos níveis de 1990. Foi uma proposta vaga para um assunto de grande interesse para o planeta. Isso se deve aos dois extremos da questão. De um lado os Estados Unidos, grande consumidor de combustíveis fósseis, alegando que não podia ajustar suas indústrias num curto espaço de tempo. De outro, os países árabes, que não aceitam diminuir sua produção de petróleo.
- Convenção sobre a biodiversidade reconhece a soberania de cada país em relação a seu patrimônio genético - Essa convenção não foi assinada pelos Estados Unidos, cujo governo sofreu pressão das empresas transnacionais farmacêuticas, que pretendem patentear novas drogas e até espécies de seres vivos.

- Declaração de princípios sobre o manejo da conservação e desenvolvimento sustentável de todas as florestas - Foi uma tentativa pífia de se combater o desmatamento e as queimadas.
- Agenda 21 - Pretendia ser um plano de ação para o século XXI, com 40 diretrizes estabelecidas, tendo no Banco Mundial o gestor dos projetos. O documento foi dividido em 4 seções. A seção I trata das dimensões sociais e econômicas; a seção II aborda a conservação e administração de recursos para o desenvolvimento; a seção III refere-se ao fortalecimento do papel de grandes grupos para o desenvolvimento sustentável; e finalmente a seção IV diz respeito aos meios para implementação dos programas e preposições apresentadas nas demais seções.

A Conferência do Rio, em 1992, representou o ponto de virada da conscientização da população mundial sobre as questões relacionadas com o meio ambiente. As idéias apresentadas para debates socializam as responsabilidades, ou seja, transferem os deveres para com a natureza a toda coletividade (órgãos governamentais, sociedade civil e organizações não-governamentais), que passam a vislumbrar uma sociedade equilibrada tanto do ponto de vista ambiental quanto social (CORDANI, 1994).

Uma importante recomendação da “*Rio-92*” foi para que os países individualmente tenham que preparar estratégias e planos de ação que contenham compromissos reais e objetivos sustentáveis, para que haja o progresso para as soluções dos problemas que afetam o meio ambiente no mundo inteiro (WAHAAB, 2003).

DIEGUES (2001) mostra que um dos aspectos positivos que está relacionado com o conceito de desenvolvimento sustentável é a tentativa sanar as contradições entre o crescimento econômico e a distribuição dos recursos do meio ambiente, não apenas para o presente mas também para as gerações futuras. O modelo de desenvolvimento sustentável exige uma nova ética, em que a natureza deve ser explorada a favor do homem.

Antes de 1994, havia mais de 80 definições diferentes sobre o tema do desenvolvimento sustentável. Porém, a maioria delas concordava com os princípios postulados pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (MEBRATU, 1998). Entretanto, os avanços conseguidos foram significativos, principalmente no que concerne às questões sociais, ambientais e econômicas, mesmo que nessas áreas ainda persistam a degradação do meio ambiente, desigualdades sociais e diferenças econômicas e tecnológicas brutais entre países pobres e países ricos. Todavia, talvez a forma de divulgação em grandes eventos mundiais seja a melhor estratégia para aumentar o nível de conscientização da população em relação a esses problemas, pois inserir a participação da sociedade nesse momento é estar garantindo a continuação desses debates pelas gerações futuras.

Segundo BATISTA (2001), as várias discussões sobre o tema do desenvolvimento sustentável não foram em vão, pois teve como ponto importante à disseminação da proposta, que serviu de alerta as populações mundiais sobre a necessidade e urgência de se estabelecer um novo modelo de desenvolvimento, que seja possível associar o crescimento econômico com equidade social e preservação do meio ambiente. Tentativas estão sendo feitas para concretizar esses objetivos. Todavia, esforços maiores deverão ser feitos para que se possa no futuro, alcançar um estado de sustentabilidade socioeconômica e ecológica em grande parte das nações. Para esse autor, na Amazônia concretizar esses objetivos não é tarefa fácil, devido à complexidade dos ecossistemas ambientais e socioeconômicos. A sustentabilidade ambiental da região estaria no desenvolvimento de atividade produtivas que não utilize a floresta de forma irracional e criminosa.

O desenvolvimento sustentável traz uma essência democrática (mudança com participação), em que as soluções de problemas como crescimento econômico, demográfico e ambientais venha acompanhada da melhoria na qualidade de vida. Um processo de mudança deve contemplar o desenvolvimento do ser humano e do seu meio. A mudança em qualquer outro sistema mesmo secundário pode desencadear mudanças em outros elementos do sistema principal ou até mesmo promover a mudança desse sistema. Se uma organização se transforma, muda também a forma de fazer. Então muda o modelo de gestão (PEREIRA & SANTOS 2001).

CORDANI (2000) atribui um papel importante e fundamental para os geocientistas nesse século, no que se refere na implementação e manutenção de uma sociedade sustentável. O autor aponta como um desafio para esses profissionais encontrar situações geológicas favoráveis à exploração, utilizando tecnologias eficientes com menor impacto ambiental. Os profissionais das Ciências da Terra, por terem uma visão holística e sistêmica do planeta, devem contribuir com seus conhecimentos nas tomadas de decisões quando estiverem sendo discutidas questões sobre recursos minerais, poluição ambiental, desenvolvimento econômico, planejamento de cidades, entre outras. Fica sob sua responsabilidade o compromisso de informar os órgãos governamentais e a sociedade civil sobre as condições físicas, econômicas, sociais e ambientais de um bem ou recurso mineral, bem como os custos externos de sua exploração e a gestão desse recurso.

Segundo SILVA (2003), o compromisso do Ministério do Meio ambiente do governo Lula é "equacionar o destino da Amazônia brasileira, dentro de um projeto maior de desenvolvimento, levando em conta todos os significados que a região tem desde o simbólico até seus diferentes potenciais de crescimento socioeconômico sustentável". As lideranças políticas, sociais e econômicas da região clamam por mudanças no modo de condução das políticas estratégicas para Amazônia. O modo de desenvolvimento para Amazônia continua como na década de 70, e as experiências mais promissoras de desenvolvimento da região

foram aquelas que privilegiaram a floresta, as águas, a biodiversidade, a cultura, o conhecimento milenar das populações tradicionais. Atrelado a isso estão os envolvimento da sociedade civil, organizações não governamentais, movimentos sociais e a participação das comunidades locais.

3.2 - EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE GESTÃO AMBIENTAL

Em 1972, na Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, foi reconhecida a importância da gestão ambiental e da avaliação de impacto ambiental como uma ferramenta de administração do meio ambiente. Esse mecanismo de vanguarda representa um passo importante na evolução do conceito de desenvolvimento sustentável (MEBRATU, 1998).

Segundo FEICHAS & NEGREIROS (1999), tais definições incorporam noções de espaço, relação homem-natureza e conflito de interesses. Entretanto, esses conceitos dão manutenção à visão econômica, mesmo referindo-se aos recursos naturais. Apesar de incorporar importantes itens de cunho ambiental, elas, as definições, ainda enquadram-se em um aspecto restritivo, pois deixam de considerar importantes fatores relacionados com os ecossistemas e privilegiam o fator econômico em detrimento dos fatores ecológico e social.

BECKER 1993 apud RIBEIRO (1997) apresenta cinco paradigmas de gestão ambiental no contexto do desenvolvimento sustentável, enfatizando suas principais contradições:

	PARADIGMAS DE GESTÃO AMBIENTAL				
	ECONOMIA DE FRONTEIRA	PROTEÇÃO AMBIENTAL	GESTÃO DE RECURSOS (BRUNT LAND)	ECODESENVOLVIMENTO (SACHS)	ECOLOGIA PROFUNDA (FERRY)
IMPERATIVO DOMINANTE	Progresso, Crescimento Econômico e Prosperidade infinita.	Compromisso entre a natureza e o crescimento econômico (problemas ecológicos e ambientais)	Sustentabilidade crescimento verde (economizar a natureza), Intercâmbio entre Ambiente e crescimento.	Ecodesenvolvimento homem/natureza (ecologizar a economia). Sustentabilidade como limite do crescimento	Ecotopia anticrescimento em função dos constrangimentos os harmonia e natureza.
RELAÇÃO HOMEM E NATUREZA	Fortemente Antropocêntrica	Antropocêntrica	Antropocêntrica modificada	Econocêntrica (levemente antropocêntrica)	Biocêntrica
AMEAÇAS	Fome, Catástrofe e Desastres naturais.	Impactos ambientais. Ameaças às espécies	Degradação dos recursos, pobreza, crescimento da população.	Ameaças. Os medos (eco-socialista). Mudanças globais. Incertezas. O problema da ecologia afeta as mudanças globais.	Colapso dos ecossistemas por ação do homem
PRINCIPAIS TEMAS	Dominação da natureza, ambiente para uso humano, amplas reservas de recurso. Soluções tecnológicas. Realização material	Agenda defensiva e intermediária	Ação defensiva ou preventiva. Ambiente como externalidade Econômica. Economizar a Ecologia	Ecologizar o sistema social e a economia. Simbiose sofisticada. Eficiência, global. Interdependência Tecnologia apropriada.	Volta 'a sacralização da natureza. Harmonia com a natureza. Igualdade (direito) para as bioespécies. Limites da terra, tecnologia apropriada. Auto realização.

Fonte: BECKER 1993 apud RIBEIRO (1997).

Quadro 3.1. PARADIGMAS DE GESTÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O modelo de gestão ambiental, no contexto do desenvolvimento sustentável, está baseado principalmente nos meios legais (legislação) e na atuação das instituições responsáveis pela proteção do meio ambiente. A adequação e criação de leis ambientais deve ser uma prática constante, uma vez que os meios de apropriação do meio ambiente e dos recursos naturais são um processo dinâmico. Outro fato que se deve levar em consideração é que a gestão dos recursos naturais é o fator determinante para a implementação do modelo de desenvolvimento sustentável. “O Brasil e os demais países do terceiro mundo estão identificados com o projeto de uma gestão sustentável de seu ativo ecológico, visando atingir o máximo possível os planos de retrocesso da degradação ambiental global e de preservação da biodiversidade” (RIBEIRO, 1997).

Para a realização do desenvolvimento sustentável, é necessária a integração entre meio ambiente e desenvolvimento. Também é requerida uma estreita colaboração e compreensão entre ambientalistas e os tomadores de decisão (administradores). Em países em desenvolvimento, isso é mais evidente pela divulgação e aceitação do problema. Mas são precisos mais trabalhos de pesquisa na linha do desenvolvimento sustentável e da gestão ambiental, para estreitar ainda mais essa lacuna. A Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) tornou-se uma importante ferramenta para alcançar um desenvolvimento ambientalmente sustentável (WAHAAB, 2003).

A expressão Abordagem Ecosistêmica ou Gestão por Ecossistema está sendo bem difundida no Canadá, onde essa metodologia é denominada *ecosystem approach*, tendo sido criada para alcançar o desenvolvimento sustentável. A figura 55 mostra a relação entre a gestão ecosistêmica e os principais temas envolvidos com a questão ambiental.

VARIAVEIS	GESTÃO ECOSSISTÊMICA
NATUREZA	Complexa, com sistemas inter-relacionados e sempre mutáveis. Dominação não é requerida.
ÉTICA	Holística: inter-relacionamento importante
CIÊNCIA	Estocástica, não-linear, dinâmica: equilíbrios temporários quebrados periodicamente por momentos caóticos.
MODELO	Embrionários, teorias incipientes, teoria e prática entrelaçadas, dados inter-relacionados e resultados com pouca confiabilidade, expectativa de ser surpreendido.
GESTÃO & ORGANIZAÇÃO	Descentralizada, equipes inter-relacionadas, adaptável, flexível, muitos focos em incentivos e inovação e aprendizado compartilhado. Adaptável de baixo para cima, aberta e cooperativa.
PLANEJAMENTO	Inter-relacionada, caótica, buscando ordem no caos. Imaginativa.
TOMADA DE DECISÃO	Deliberativa: todas as idéias dos participantes são apreciadas. Ciência disponibilizada em informação; ciência sozinha não é capaz de dar respostas. Adaptável ao contexto do problema, inter-relacionadas a outros problemas; considera externalidades.
PARTICIPAÇÃO	Discursiva, deliberativa.
DIREÇÃO	Situacional: lideranças da comunidade.

FONTE: CORTNER; MOOTE. 1999 apud PEITER 2000.

Quadro 3.2. PRINCÍPIOS DA GESTÃO ECOSSISTÊMICA E SUA RELAÇÃO COM AS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS EM ESTUDOS AMBIENTAIS

O objetivo principal desse modelo é garantir a sustentabilidade de atributos e funções ecológicas por um longo tempo, permitindo assim que as futuras gerações possam usufruir das condições dos ecossistemas que estão disponíveis atualmente para a população. Estudos experimentais aplicando a abordagem ecossistêmica estão sendo desenvolvidos em países da Europa, Ásia e do Mar Báltico. Os pesquisadores que apóiam a utilização dessa metodologia são aqueles que defendem medidas e posturas mais radicais em relação às questões ambientais (MITCHELL 1997, CORTNER; MOOTE 1999 apud PEITER, 2001).

Segundo esses autores, a discussão dessa metodologia fez surgir vários questionamentos em relação a sua aplicabilidade. Dentre os temas surgidos destacam-se:

“objetivos e metas com a participação da Segundo PEITER (2000), a gestão ambiental com abordagem por ecossistema ou ecossistêmica é aquela que mais se enquadra aos moldes dos princípios do desenvolvimento sustentável.

- sociedade para a sociedade”;
- “ciência holística e integrada”;
- “instituições adaptáveis a mudança”;
- “processo decisório colaborativo”.

A metodologia de gestão ecossistêmica apresenta contradições e dificuldades operacionais. Entretanto, a conciliação do conceito do desenvolvimento com as idéias da abordagem ecossistêmica devem fazer parte das reflexões, das discussões e da formação de especialistas envolvidos com a gestão do meio ambiente e de recursos naturais, pois as tendências que se estruturam no horizonte apontam para o surgimento de um novo paradigma, mesmo faltando à comprovação da eficiência operacional (PEITER, op. cit.).

3.2.1 - INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL

Para os países mais importantes do mundo, estabeleceu-se um guia para o desenvolvimento sustentável, que foi interpretado como sendo uma ferramenta de gestão ambiental com influência nas diversas esferas de atuação, de global a local. Essas ferramentas são instrumentos de comando e controle à disposição dos órgãos governamentais, além de diretrizes a serem cumpridas pelas empresas (SILVA FILHO et, al; 1999).

A evolução da gestão ambiental no Brasil remonta o início de 1980, do último século, com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente como forma de ajuste às proposições contidas na Conferência de Estocolmo, ocorrida em 1972.

SANCHEZ (1991) conceitua a gestão ambiental “como um conjunto de operações técnicas e atividades gerências que visa assegurar que um empreendimento opere dentro dos padrões legais ambientais exigidos, minimize seus impactos ambientais e atenda a outros objetivos empresariais, como manter um bom relacionamento com a comunidade”.

Segundo DONAIRE, 1999 apud FEICHAS & NEGREIROS (1999), “a gestão ambiental no âmbito das empresas tem significado a implementação de programas voltados para o desenvolvimento de tecnologias, a revisão dos processos produtivos, o estudo do ciclo de vida dos produtos gerados e a produção de bens *verdes*, entre outros que buscam cumprir imposições legais, aproveitar oportunidades de negócios e investir na imagem institucional”. A preocupação é do ponto de vista interno do empreendimento, mas ajuda no combate da degradação ambiental. Porém, não consegue ser suficiente para garantir a segurança dos ecossistemas onde essas empresas estão instaladas.

No âmbito das esferas legal e governamental, a gestão ambiental assume outros papéis, sendo conceituada como “a busca de soluções para os conflitos ambientais compatibilizando as necessidades humanas e as do meio ambiente” (DOUROJEANNI, 1993 apud FEICHAS & NEGREIROS, op. cit.).

Segundo a visão do IBAMA, pode-se entender como gestão ambiental os seguintes conceitos:

- “Atividade voltada para formulação de princípios e diretrizes, estruturação de sistemas gerências e tomadas de decisões, tendo por objetivo final promover, de forma coordenada, o uso, proteção, conservação e monitoramento dos recursos naturais e sócio-econômicos em um determinado espaço geográfico, com vistas ao desenvolvimento sustentável”;
- “Processo de articulação das ações dos diferentes agentes sociais que interagem em um dado espaço, visando garantir, com base em princípios e diretrizes previamente acordados e definidos, a adequação dos meios de exploração dos recursos ambiental-naturais, econômicos e socioculturais - as especificidades do meio ambiente”.

Para GOLDENSTEIN (2001), “gestão ambiental é um processo articulado de ações dos diferentes agentes sociais que interagem em determinado território, visando garantir a adequação da exploração dos recursos ambientais, com base em princípios e diretrizes previamente acordados/definidos”.

Gestão ambiental “pode ser entendida como o campo de atuação humana que busca equilibrar a demanda de recursos naturais da Terra com a capacidade do ambiente em fornecer ou propiciar ao homem o aproveitamento de tais recursos, de modo a que essa demanda seja atendida em bases sustentáveis” (BITAR, 2001).

Segundo ANDREOLI & PAULA SOUZA (1992), um sistema de gestão apresenta como dificuldades para a sua implementação a forma de organização da área ou espaço ambiental. Um novo modelo de gestão deverá contemplar os seguintes aspectos:

- Monitoramento integrado do ambiente;
- Participação da comunidade;

- Estabelecimento de níveis e padrões;
- Planejamento do desenvolvimento.

A gestão ambiental deve ser inserida no contexto de uma Política Ambiental que promova ações de gerenciamento, coordenação, execução, controle e monitoramento das questões sociais, econômicas e culturais relacionadas com o meio ambiente (VADOVELLO, 2000 apud MATIAS, 2002).

A lei federal 6938/81, que editou a tal Política continha basicamente a proposta de recuperação da qualidade ambiental, avaliação do impacto ambiental (AIA) e o licenciamento ambiental (LA) (BITAR, 2001). O autor apresenta alguns instrumentos de gestão ambiental (IGAs) que devem ser incorporados em estudos que visem à implantação de uma Política do Meio Ambiente.

- **Avaliação do Impacto Ambiental (AIA)** - Caracteriza-se por identificar os possíveis impactos ambientais, tanto aqueles tidos como positivos como principalmente os negativos, associados à instalação de um empreendimento. Procura não só avaliar o grau de intensidade desses impactos para o meio ambiente como também para o homem. Esses instrumentos subsidiam as tomadas de decisão relacionadas à execução ou não do empreendimento, podendo ser usados para ajustar as diretrizes propostas. Sua aplicação se dá com maior frequência na fase de planejamento do projeto, mas podem também ser usados durante a fase execução até a desativação.
- **Recuperação de áreas degradadas (RAD)** - É utilizada para garantir a devolução parcial ou integral das condições ambientais encontradas antes da instalação do empreendimento. Assegurando o uso futuro e a sustentabilidade do local para as próximas gerações. Normalmente ela é utilizada nas fases de operação e desativação. Porém é recomendado o seu uso desde a fase de planejamento. A RAD é tida como um dos principais instrumentos de política pública na esfera ambiental.
- **Auditoria Ambiental (AA)** - Está baseada no cumprimento das medidas de controle ambiental, com as quais se comprometeu a empresa ou empreendimento junto aos órgãos ambientais. Ela pode ser executada por auditores internos ou designados pela agência ambiental responsável. Os trabalhos dividem-se em pré-auditoria, auditoria local, elaboração do parecer final e pós-auditoria. Via de regra a AA é aplicada durante a implementação do empreendimento, podendo ser aplicada nas demais fases do projeto.

- **Análise de Riscos Ambientais (ARA)** - Esse instrumento baseia-se em possibilidades de ocorrência de riscos para o meio ambiente que possam provocar danos também à população próxima ao empreendimento e aos seus funcionários. É utilizado nas fases de instalação e operação dos empreendimentos.
- **Seguro Ambiental (SA)** - É um instrumento de gestão ambiental que assegura direitos de indenização a pessoas ou ao Estado por danos ambientais causados pelo empreendimento, seja ele voluntário ou involuntário. As empresas que dispõem desse instrumento têm um sistema de segurança ambiental muito rígido, pois essa é uma condição básica imposta pelas seguradoras. Dependendo do tipo do empreendimento, a adoção desse instrumento já deve constar desde a fase de planejamento.
- **Investigação do Passivo Ambiental (IPA)** - Esse instrumento de gestão ambiental é utilizado como sinônimo de impactos ambientais deixados por um empreendimento e assumido por terceiros. O passivo configura-se na parte contábil, que significa custos para aquele que herdar tais impactos, sendo um empreendedor ou o Estado. A investigação envolve identificação do problema, avaliação, dados históricos da área, situação do imóvel e tipo de empreendimento. A utilização desse instrumento acontece geralmente quando há falha de fiscalização dos órgãos ambientais. Geralmente esses empreendimentos são antigos e quando da sua instalação não havia nenhuma legislação ambiental. Para os projetos atuais, a exigência de um plano de recuperação da área degradada (PRAD) pode evitar esse tipo de problema.
- **Sistema de Gestão Ambiental (SGA)** - Configura-se num instrumento de gestão ambiental responsável pela organização de todos os procedimentos e até de outros instrumentos que promovam a melhoria do desempenho ambiental do empreendimento. Em sua maioria, o SGA é freqüentemente usado no setor industrial. Porém, é recomendado para qualquer tipo de empreendimento. É aplicado nas fases de instalação e operação. Instrumentos de gestão ambiental são variáveis identificadas dentro de um conjunto de problemas ambientais que são avaliados e analisados. Suas consequências para o meio ambiente e para o homem deverão ser informadas, para que se possa propor alternativas preventivas ou corretivas. Os instrumentos preventivos são aqueles cuja finalidade é a de anteceder qualquer tipo de impacto ambiental, através de ações que impeçam ou minimizem tais impactos. Neste caso a avaliação do impacto ambiental é o instrumento utilizado. Por sua vez, os instrumentos corretivos propõem-se a atenuar ou eliminar os impactos ambientais identificados. Para essa

proposta, o instrumento de gestão recomendado é recuperação da área degradada (RAD) (BITAR, 2001).

MATIAS (2002) considera que o processo de gestão ambiental está situado em um ponto de equilíbrio insustentável, devido às grandes contradições causadas por interferência de variáveis como dinâmica dos fenômenos do ecossistema, demandas da economia, e dos sistemas de valores socioculturais, sistemas de normativos relacionados a ética e poder. Dessa forma, segundo o autor, torna-se difícil e quase utópico alcançar esse modelo de gestão.

A política de desenvolvimento sustentável não pode ser vista como uma “*receita de bolo*”, ou seja, aquilo que todos podem copiar e aplicar em seus países ou continentes. Esse modelo pode ser bem aceito em determinadas regiões, enquanto em outros locais sua aplicação é frustrada. A estratégia que deve ser usada é a da adoção de tecnologia e políticas públicas apropriadas para cada região. Copiar modelos que deram certo em determinados países não se configura numa prática correta na busca de reparar ou minimizar os problemas ambientais e promover o desenvolvimento, pois as características econômicas, culturais e sociais de uma determinada região são distintas daquelas de outras regiões. A utilização de “tecnologia limpa”, ou seja, aquela que causa pequenos impactos no meio ambiente, o aumento da conscientização ambiental e a mudança nos hábitos de consumo da população dos países desenvolvidos representam os principais instrumentos de gestão ambiental (RIBEIRO, 1997).

Os instrumentos de gestão ambiental, aplicados nos empreendimentos de engenharia e geologia, devem compreender uma otimização das atividades técnicas e administrativas que conduzem a uma melhoria das condições ambientais do empreendimento ou de uma área tida como especial e que deve ser protegida. O quadro atual do desenvolvimento da gestão ambiental está ancorado em três instrumentos principais: a Avaliação de Impacto Ambiental, Sistema de Gestão Ambiental e Auditoria Ambiental. Esses instrumentos caracterizam os modelos integrados empreendimento (processo tecnológico) e o meio ambiente (impactos ambientais) durante todo o ciclo de vida. Porém, a esse modelo poderão ser inseridos outros instrumentos de gestão ambiental (BITAR, 2001).

3.3 - HISTÓRICO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A crise dos recursos hídricos está intrinsecamente relacionada com o aumento da população e do nível de vida. No último século, as taxas de crescimento da população foram inferiores às taxas de crescimento do consumo de água. O consumo médio *per capita* no mundo apresentou uma grande disparidade entre os países ricos e os pobres. Por exemplo, há um consumo médio de 600 litros/hab/dia nos Estados Unidos e de 30 litros/hab/dia em alguns países da África. Apesar do pequeno volume de água disponível para o consumo humano, esse seria suficiente para atender a população mundial, se a ocupação demográfica no mundo fosse distribuída de forma uniforme (CUNHA, op. cit.).

O século XX marca o início de uma profunda crise na disponibilidade de água para o consumo humano. Essa situação pode se agravar nos primeiros 20 anos do século XXI. Os motivos do agravamento dessa crise são o aumento da população mundial, a urbanização desordenada, o aumento do consumo, o uso irracional da água nas diversas atividades industriais, agrícolas e domésticas. Essa situação leva a desafios permanentes. Na tentativa de apresentar soluções seguras para o processo de planejamento e gerenciamento, delinee as novas políticas públicas para os recursos hídricos (TUNDISI, 2001).

No presente século, a relação do ser humano com a água assume uma nova postura. Passa da busca incessante pela maior oferta de recursos hídricos, que possa atender as necessidades do modelo de desenvolvimento econômico, para uma outra situação que associe a oferta de água com o processo de ordenamento territorial, obedecendo as seguintes diretrizes:

- Privilegiar de forma igualitária a inclusão de valores ambientais na construção e aplicação das políticas de água;
- Reforçar as relações entre produção de alimentos e o consumo de água, prezando a formulação da consciência de uso racional dos recursos hídricos na agricultura;
- Evoluir para uma conscientização econômica quanto aos custos da água.

Estas mudanças no comportamento, que implicam em novos hábitos de consumo e uma visão holística e sistêmica dos recursos hídricos, apresentam sempre algumas resistências, fato esse normal em qualquer processo de transformação. Todavia, essas mudanças abriram espaço para um debate mais amplo sobre a nova forma de agir e pensar a gestão dos recursos hídricos, podendo ser entendido como um novo paradigma da água (CUNHA, 2002).

Os recursos hídricos, no contexto do desenvolvimento sustentável, buscam o uso racional da água, tanto sob a forma de um manejo das fontes superficiais como das fontes subterrâneas, relacionada a uma harmonia com o meio ambiente que possibilite a sua sustentabilidade quantitativa e qualitativa para as futuras gerações. A preocupação com os

recursos hídricos advém desde o final da década de 60, com a publicação da *Carta Européia da Água*, que advertia que a “água é um recurso natural limitado, essencial à vida e ao desenvolvimento” (CAVALCANTE, 1997).

Em 1977, em Mar Del Plata, na Argentina, iniciaram-se as conferências internacionais sobre as condições dos recursos hídricos no mundo. Essa conferência foi promovida pelas Nações Unidas e foi denominada *Conferência da Água das Nações*. Nela foi instituído o Plano de ação de Mar Del Plata, que compunha uma série de resoluções e medidas relacionadas à questão dos recursos hídricos. Esse plano foi considerado pouco eficiente, apesar de algumas medidas contidas no plano terem sido aplicadas de imediato, mas a intenção foi maior que a ação. Porém o Plano serviu de base para a formulação do chamado *Decênio Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento*, que foi lançado pelas Nações Unidas em 1980, cujo resultado também se mostrou decepcionante (CUNHA, 2002).

Em 1992, *A Conferência Internacional da Água e do Ambiente*, como ficou conhecida a reunião Dublin, Irlanda, reiterou o pensamento postulado na *Carta Européia da Água*, que mostra que a água é indispensável para o desenvolvimento, para o ambiente e para a vida. Ressalta a importância da participação dos planejadores, consumidores e dos tomadores de decisões no processo de gestão dos recursos hídricos. Nessa conferência, a água é reconhecida como um bem econômico, estendendo-se a ela o conceito de desenvolvimento sustentável proposto pelo *Relatório Brundtland*. Na *Conferência Rio - 92*, o tema sobre água pautou os principais debates e fez parte dos documentos Declaração do Rio e da Agenda 21 (CUNHA, op. cit.).

Em Miami, 1993, realizou-se um encontro para discutir a administração da água nas Américas, na qual foi criada a *Rede Interamericana de Recursos Hídricos* (RIRH). No ano seguinte, foi realizada a Conferência das Américas, também em Miami, na qual a preocupação central foi a formação de uma aliança para prevenir a contaminação dos recursos hídricos. Outra Conferência importante, realizada na América Central, foi a de San José, Porto Rico, em 1996. Nesse fórum se discutiu o manejo dos recursos hídricos na América latina e no Caribe. Teve como resultado a criação de um plano de metas e ações. Ainda nesse ano, realizou-se na Argentina o segundo *Diálogo Interamericano sobre a Administração da Água*, cujo tema foi “gestão integrada dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável nas Américas” (CAVALCANTE, 1997).

Em 1997, foi realizado o *1º Fórum Mundial da Água*, em Marraqueche, Marrocos, promovido pelas Nações Unidas. Essa Conferência reuniu um grande número de pesquisadores e entidades governamentais e não-governamentais, preocupados com o futuro dos recursos hídricos no planeta. O legado resultante deste encontro foi a conscientização dos participantes em estabelecer diretrizes para criar uma “visão mundial da água”.

Para CUNHA (2002), “uma gestão adequada dos recursos hídricos e dos outros recursos com eles relacionados só será possível se a água for considerada como uma preocupação de todos ou, para utilizar a linguagem da” “visão”, como “*everybody's business*”. Para que isso ocorra, será necessário o envolvimento dos diversos segmentos sociais, ou seja, instituições governamentais, agências de distribuição de água e os consumidores, que darão sugestões para a formulação e implementação das políticas referentes aos usos dos recursos hídricos”.

Em relação a sustentabilidade dos recursos hídricos, em 2001 o governo alemão, com o apoio da Organização das Nações Unidas organizou a *Conferência Internacional sobre Água Doce*, na qual foi reconhecida a obrigatoriedade da atuação em três áreas do conhecimento relacionadas com a água e o desenvolvimento sustentável como: governância, gestão integrada e novas parcerias; mobilização de recursos financeiros; desenvolvimento de capacidade e transferências de tecnologias.

Em 2002, foi realizado em Haia o *2º Fórum Mundial da Água*, promovido pelas Nações Unidas. Este fórum foi considerado o mais importante depois da *Conferência de Mar Del Plata*. Após 25 anos do *1º Fórum Mundial* a questão da água no planeta parece ter ressurgido de forma mais forte na Conferência de Haia (CUNHA, op. cit.).

As conferências e fóruns mundiais sobre a água demonstraram ao longo do último século, um conjunto de preocupações referentes à utilização dos sistemas de recursos hídricos. Essa denominação está relacionada com a redistribuição da água disponível à população de uma determinada região, utilizando as variáveis de tempo e de espaço. Esse conceito vai se tornando cada vez mais relevante, quando a ele são incorporadas novas preocupações, como a qualidade da água e a preservação do meio ambiente, inserido o tema no conceito de sustentabilidade. A sustentabilidade dos sistemas de recursos hídricos só pode ser constatada quando satisfizerem aos objetivos da sociedade, tanto os da atualidade quanto aos do futuro, preservando a integridade das funções ambientais de tais sistemas (CUNHA, 2002).

O conceito de desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos se encaixa no conceito de gestão integrada dos recursos hídricos, que ao longo dos anos vem tentando se firmar como uma alternativa de resolução dos problemas oriundos da gestão tradicional da água. A gestão integrada dos recursos hídricos é conceituada como um processo que privilegia o desenvolvimento e a gestão coordenada da água, solo e outros recursos associados, buscando maximizar o bem-estar econômico da sociedade de maneira equitativa sem comprometer a sustentabilidade de outros ecossistemas também importantes.

A gestão integrada que se opõe à gestão tradicional deve valorizar as interações ecossistêmicas, entre os sistemas naturais – condicionantes que implicam na quantidade e qualidade da água e o sistema humano – condicionante de utilização do recurso, produção de efluentes e prioridades inerentes ao modelo de desenvolvimento. É de se considerar, na gestão

integrada dos recursos hídricos, o respeito pelos fatores básicos relacionados aos condicionantes naturais (econômico e social) (CUNHA, 2002).

LANNA (1993) apud BELONDI (2003), define a gestão dos recursos hídricos como um processo de análise e de criação voltada para a elaboração de normas, princípios e diretrizes na preparação de documentos que orientem e estruturem os sistemas gerenciais e de tomadas de decisões, cuja finalidade é promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos. O autor ressalta ainda, quatro instrumentos essenciais no processo de gestão dos recursos hídricos:

- Política de Recursos Hídricos - É o conjunto superior de leis que norteiam as ações governamentais e dos segmentos sociais. Estão relacionadas a regulamentações, modificações nos usos, controle e proteção dos recursos hídricos;
- Plano de Recursos Hídricos - Envolve todo e qualquer estudo que busca adequar o uso, controle e proteção dos recursos hídricos aos interesses dos segmentos sociais, econômicos e governamentais, que estão contidos na Política de Recursos Hídricos. Esses estudos podem ser na forma de projetos de coordenação, compatibilização e de intervenção. Esses planos de interferência recebem o nome de Planejamento de Recursos Hídricos;
- Gerenciamento de Recursos Hídricos - Representa o conjunto de ações apresentadas por órgãos governamentais que se destinam a regular e controlar o uso dos recursos hídricos, de modo a deixar em conformidade com as normas estabelecidas pela Política dos Recursos Hídricos;
- Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - Trata-se de um conjunto de organismos e instituições governamentais e privadas, cujos objetivos são a execução e a implementação das normas e diretrizes postuladas pela Política de Recursos Hídricos, por meio de um modelo de gerenciamento dos recursos hídricos, formulado no âmbito do planejamento dos recursos hídricos.

A gestão integrada dos recursos hídricos deve seguir os princípios do desenvolvimento sustentável, sendo uma gestão equilibrada ambientalmente, economicamente eficiente e socialmente equitativa. O processo da gestão integrada dos recursos hídricos deve ser executado de forma sistêmica, ou seja, abrangendo importantes fatores que influenciam na perfeita gestão da água. Para o processo de gestão deve-se integrar (CUNHA, op. cit.).

- as águas interiores, estuarinas, costeiras e marítimas;

- as águas interiores superficiais e subterrâneas;
- as águas de várias origens e de vários meios;
- os diversos usos da água;
- a gestão da água e do solo;
- os aspectos relacionados com a oferta e a procura de água;
- os aspectos relacionados com a quantidade e a qualidade da água;
- a gestão das águas de abastecimento e das águas residuais;
- as diferentes formas de poluição pontual e difusa;
- a gestão das águas nas escalas local, regional, nacional e transnacional;
- os vários sistemas de monitoramento relacionados com a gestão da água;
- a política de gestão da água e das políticas ambiental, econômica e social;
- a política de gestão da água e a política de ordenamento territorial;
- a política de gestão da água e as políticas setoriais pertinentes;
- as instituições com responsabilidade na gestão da água

Segundo TUNDISI (2001), uma política para promover o desenvolvimento sustentável no âmbito dos recursos hídricos depende fundamentalmente de um programa de gerenciamento integrado desses recursos. Os principais segmentos sociais, econômicos, industriais e agrícolas dependem, para se desenvolver de uma excelente disponibilidade de água própria para consumo. O Estado pode garantir a sua proteção e conservação ao longo dos anos. Um instrumento que pode ser usado com bastante eficácia para atingir esses objetivos é o gerenciamento ambiental. Esse mecanismo apresenta um tópico bastante importante, o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, que passou a incorporar em suas temáticas as seguintes questões:

- O reconhecimento dos conceitos de desenvolvimento sustentável e resiliência;
- Adoção de um processo integrado de gerenciamento, em que considera as interações econômicas, sociais e biogeofísicas;
- A busca incessantemente por níveis mais eficientes de avaliação e de gerenciamento.

A eficiência no processo de gerenciamento integrado dos recursos hídricos, no contexto do desenvolvimento sustentável, implica em:

- Eficiência no controle do uso dos recursos naturais, equilibrando a preservação e a utilização;
- A preocupação constante com o desenvolvimento futuro, buscando alternativas de gestão com equilíbrio na conservação e uso dos recursos hídricos;
- O uso eficiente da água e a reformulação periódica das estratégias para conservação dos recursos, usos múltiplos e gerenciamento integrado.

Segundo LANNA (1995) apud NAPOLEÃO, 2003, BELONDI, (2003), um dos modelos mais modernos de gestão dos recursos hídricos é o modelo *sistêmico de integração participativa*. Esse modelo valoriza a importância de medidas em escala local para melhorar as condições dos recursos hídricos e solucionar os conflitos que existem nas outras escalas, seguindo as formulações da *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Para esse modelo, é necessária a criação de uma *estrutura sistêmica* e a adoção de três instrumentos importantes:

- Planejamento estratégico por bacias hidrográficas;
- Constituição de um comitê de bacias hidrográficas com deliberações multilaterais e descentralizadas;
- Viabilidade legal e financeira necessárias para a implementação do programa de gestão;

3.3.1 - GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A cor azul que o planeta Terra exhibe ao ser visto do espaço deve-se à grande quantidade de água o mesmo possui. As águas oceânicas abrangem cerca de 70% da superfície terrestre, e apenas 2,5% do volume da água do mundo são de águas doces. Deste volume, estima-se que 70% estejam na forma de gelo e de neves e que da parte restante 95% sejam de águas subterrâneas, localizadas a grandes profundidades, cuja exploração é difícil. A parcela restante corresponde a cerca de 45000 Km³/ano, sendo esse volume o responsável pela sustentabilidade da vida de seis bilhões de seres humanos na Terra. Do total de água doce disponível, somente 3500 Km³/ano são captados, sendo 70% utilizados pela agricultura, 20% pela indústria e 10% pelos municípios, para abastecimento público (CUNHA, 2002).

Nos países que apresentam escassez de recursos hídricos será cada vez mais custosa a implementação de obras hidráulicas. Isso será um fator limitante no seu desenvolvimento. O bom aproveitamento dos recursos hídricos oferecidos pelos aquíferos torna-se, assim, vital para manter o desenvolvimento de inúmeros países. É necessário deixar de lado o “*hidro-mito*” de que as águas subterrâneas são “frágeis”, de tal forma que é preferível continuar servindo-se das águas superficiais. O dilema estabelecido consiste em fazer previsões para usos futuros das águas, uma vez que não se conhecem os usos da água atual? Sabe-se também que o consumo de água é crescente e que já há muitas regiões com “*estresse hídrico*”.

O estresse hídrico é estabelecido através das necessidades mínimas de água *per capita* para que sejam mantidos os princípios básicos para uma mínima qualidade de vida possível, em regiões que apresentem situações moderadas de desenvolvimento mesmo em zonas áridas. Esse conceito está baseado na premissa de que 100 litros de água por dia (36,0

m³/ano) sejam o mínimo que um ser humano pode consumir para suprir as suas necessidades tanto domésticas quanto de higiene pessoal sem comprometer o nível de saúde. Nos países desenvolvidos a média de consumo é de 5 a 20 vezes o valor mínimo. Esses números incluem a geração de energia, agricultura, indústria e outros gastos menores (BEECMAN, 1999 apud BELONDI, 2003).

REBOUÇAS (2002) afirma que os estudos hidrogeológicos tradicionais caracterizam-se por avaliar as propriedades físicas dos aquíferos, como profundidade, nível da água, vazões, qualidade das águas e outras variáveis de caráter genérico. Essa abordagem refere-se à preocupação notória e primitiva da quantidade de água que se quer extrair com as taxas de recarga natural dos aquíferos. Essa discussão sobre os limites físicos das bacias hidrográficas e geológicas se configura numa falta de conhecimento básico sobre a questão. Os sistemas de fluxo subterrâneo são delineadores de células de fluxo, as quais estão intrinsecamente relacionadas com a compartimentação hidrográfica.

Um outro fator que é bastante criticado nos estudos hidrogeológicos é a superexploração do poço, resultando no rebaixamento acentuado do nível d'água. O quadro de dificuldades apresentado para a utilização das águas subterrâneas, indica que práticas erradas de gerenciamento de poços (perfuração, construção e omissão de variáveis ambientais) levaram ao surgimento das tais opiniões equivocadas. A extração da água subterrânea induz o aumento da recarga e da transferência de fluxo entre os aquíferos vizinhos. Portanto, um programa eficiente de gestão dos recursos hídricos deve, entre outras atribuições, levar em consideração, nas regiões onde se pretendam instalar poços, as condições geoambientais, bem como de uso e ocupação do solo (REBOUÇAS, op. cit.).

A extração de águas subterrâneas é normalmente fruto de iniciativas particulares, de pequenos municípios ou mesmo de indústrias. O número de captações através de poços pode chegar a ser de um a cinco poços por km². Isso equivale a dizer que em um aquífero médio, com cerca de 1.000 km², pode haver milhares de usuários ou beneficiários que exploram esse recurso sem nenhuma coordenação entre eles. Os custos deste tipo de exploração são financiados pelos próprios usuários e não chega a ser computado nos custos institucionais dos governos.

A água subterrânea no Brasil apresenta características distintas quanto a sua distribuição. As bacias sedimentares ocupam cerca de 50% do território brasileiro e retêm 90% do volume total da água doce. Na outra metade do território brasileiro, há rochas cristalinas e metamórficas recobertas por espessos mantos de intemperismos e zonas fraturadas, em que o volume estocado fica abaixo dos 10% do volume total de estocagem. O volume de água subterrânea doce é da ordem de 112.000 km³. Deste total cerca de 90% estão nas bacias sedimentares. O semi-árido nordestino, com 600.000 Km², engloba em sua maioria rochas de idade Pré-cambrianas, sendo que a reserva de água é de 80 km³ (REBOUÇAS, 2002).

Na Amazônia a disponibilidade hídrica é caracterizada pela exuberância da complexa rede de drenagem e seus ecossistemas. A rede hidrográfica da região corresponde a um total de 6.925.674 km², desde a nascente do rio Solimões no Peru até a sua foz como rio Amazonas no oceano Atlântico. A maioria dessa área encontra-se no território brasileiro. Apesar da grande disponibilidade de água na região, algumas áreas próximas a grandes centros urbanos sofrem com a poluição de suas águas e conseqüentemente escassez do recurso. Esses problemas são negligenciados pelo poder público, pois são de difíceis soluções técnicas e os custos são altíssimos (SILVA, 2003).

O uso da água subterrânea no Brasil é feito de maneira bastante comedida, abastecendo um pequeno número de usuários desde o período colonial, sendo o processo extrativo feito de forma descontrolada e sem nenhuma fiscalização. Dois fatores prejudicam o uso das águas subterrâneas no Brasil: o primeiro está relacionado com a falsa idéia da abundância infinitesimal das águas superficiais, que acaba negligenciando ações efetivas para eficiência dos serviços de abastecimento. O segundo fator está vinculado ao pouco conhecimento sobre as águas subterrâneas. Isso tem como conseqüência a má utilização desse recurso hídrico, tanto nos aspectos da construção como no da conservação dos poços (REBOUÇAS, op. cit.).

Os custos internacionais de captação da água subterrânea são de aproximadamente 88 dólares por mil m³, enquanto a captação da água de rios pode alcançar um custo entre 123 a 246 dólares. Há, portanto, grande diferença financeira e indiscutível vantagem ambiental. Portanto, a alternativa do uso da água subterrânea passa a merecer atenção especial no contexto da gestão integrada dos recursos hídricos. Cabe aos sistemas aquíferos desempenhar diversas funções dentro do processo de gerenciamento, tais como função de produção, de estocagem de água protegida dos agentes de poluição, processos de evaporação, de autodepuração e eficiência no fornecimento da água e a custos reduzidos. Dessa forma seria promovido o desenvolvimento sustentável local (REBOUÇAS, op. cit.).

A característica marcante da instalação de poços e a conseqüente extração de águas subterrâneas é que tal atividade é reproduzida por inúmeros usuários, independentemente de qualquer acordo generalizado ou plano de aproveitamento integrado. Inegavelmente tais aproveitamentos contribuíram em muito para ampliar a produção de alimentos, melhorar o padrão de vida de populações e melhorar a economia de muitos povoados e cidades. Entretanto, em algumas regiões, com freqüência a proliferação de poços extratores sem qualquer controle por parte de autoridades responsáveis pela água deu origem a sérios problemas hidrológicos e ecológicos que podem comprometer a continuidade desses aproveitamentos. Tais problemas podem ocorrer de forma exagerada pela interpretação errônea dos administradores, ou ainda, de maneira pior, os problemas ficam ocultos pelo total ou escasso conhecimento hidrogeológico da área.

3.4 - POLÍTICA AMBIENTAL NO BRASIL

A legislação ambiental brasileira apresenta dois momentos marcantes ao longo de sua existência. O primeiro remonta a década de 30, do século XX, quando foi estruturada a base do mecanismo jurídico para a gestão dos recursos naturais. O segundo momento acontece na década de 70, quando da criação dos principais instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. As propostas eram inovadoras e bastante concretas e voltavam-se para a exploração do patrimônio natural. As primeiras leis dividiram-se em três conjuntos de preocupações. Havia aquelas discutiam a *racionalização* do uso e da exploração dos recursos naturais (água, flora e fauna), outras debatiam a *regulamentação* das atividades produtivas como a pesca, mineração entre outras e finalmente as que procuravam *preservação* áreas tidas como essenciais. As bases jurídicas que sustentavam essas leis estavam concentradas no Código Florestal, (Lei nº 4. 771 de 15/09/65), Código de Pesca (Decreto nº 227 e Decreto nº 24. 643 de 10/07/34) e Lei de Proteção a Fauna (Lei nº 5. 653 de 12/02/88) (HANAN & BATALHA, 1995).

No início da década de 70, no governo Médici, a questão ambiental foi incluída pela primeira vez em um plano governamental o chamado Plano de Metas e Bases para Ação do Governo. As preocupações ambientais se restringiam ao termo *poluição*, que englobava problemas de fumaça no ar, contaminação das águas por esgotos domésticos e industriais. Esse período coincide com a era do “milagre econômico”, cujo princípio básico era o “*crescer a qualquer preço*”. Nesse momento, a legislação ambiental brasileira partiu para a criação de programas de conservação ou proteção dos recursos naturais, não se detendo ao controle das instalações e das fontes de emissão de contaminantes. Fazem parte dessa época os seguintes órgãos:

- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF);
- Superintendência do Desenvolvimento das Pesca (SUDEPE);
- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA);
- Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM);
- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)

A partir da década de 70, tem-se uma nova abordagem da legislação ambiental brasileira. Nesse período, são incorporadas ao sistema jurídico as medidas preventivas, corretivas, e de controle da poluição. Ainda nesse período, surgiu em São Paulo a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), que foi um marco no processo de gestão ambiental no Brasil e procurou concentrar suas ações nas fontes de emissão de poluentes, sejam elas fixas ou móveis. Nas medidas de controle da poluição estão inseridas também ações de mitigação dos impactos ambientais adversos. Essas medidas de controle das

fontes antropogênicas se mostraram mais eficazes do que as ações que propunham a defesa da fauna silvestre e da flora (HANAN & BATALHA, 1995).

A Conferência de Estocolmo, em 1972, reconhece o direito do ser humano à liberdade, à igualdade e à qualidade de vida, dentro de um ambiente capaz de satisfazer todas as suas necessidades de bem-estar. Essa posição foi considerada como um tema introdutório no universo jurídico internacional para o surgimento do direito ambiental (MACHADO, 2000). O autor admite, que o uso da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) por grande parte dos países se deve a Conferência de Estocolmo. Nesse fórum o Brasil assumiu a postura de um país em desenvolvimento não aceitando as colocações de uso racional dos recursos naturais, pois argumentava, que essas medidas preservacionistas emperrariam o processo de desenvolvimento do país. A posição do Brasil foi bastante criticada pela comunidade internacional.

Em face da posição brasileira na Conferência de Estocolmo, houve intensas críticas de entidades ambientalistas contra a política de desenvolvimento do Brasil. Como forma de minimizar as pressões dos organismos ambientais, o governo criou a Superintendência de Recursos Naturais (SUPREN), no ano de 1973, por meio do Decreto Lei nº 5578 de 11/05/73. Nesse mesmo ano, foi criada também a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) pelo Decreto Lei nº 73030 de 20/10/73 (MATIAS, 2002).

No governo Geisel foi instituído o II Plano Nacional de Desenvolvimento. Neste plano, a questão ambiental recebeu mais incentivo com a dedicação de um capítulo que tratava do *“Desenvolvimento Urbano, Controle da Poluição e Preservação do Meio Ambiente”*. No entanto as intervenções do governo nesse setor foi meramente corretivas, ou seja, o governo já assumia que o empreendimento traria impactos ambientais e não procurava preveni-los (HANAI, 1994).

Segundo HANAN & BATALHA (op. cit.) e MACHADO (2000), ao iniciar a década de 80, a legislação brasileira não tinha em suas estruturas nenhuma referência à questão ambiental. As diretrizes de preservação e conservação ambiental eram apresentadas por órgãos setoriais, distintos e independentes, cujas leis geralmente eram conflitantes, pois a maioria delas acabava se sobrepondo as leis ditadas por outros órgãos. Todo esse conflito na legislação era decorrente do modelo de desenvolvimento e do arcabouço jurídico que não reconhecia a importância da questão para aquele momento.

A legislação ambiental brasileira foi reforçada com a promulgação da Lei nº 6.938/81, que criou os princípios e objetivos e instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Essa lei procurou inserir a questão ambiental no processo de desenvolvimento do país e também se traduziu na primeira lei que abordou a questão ambiental de forma integrada, pois até então, as leis ambientais não associavam o uso dos recursos naturais com o controle da qualidade necessária. Essa lei visava descentralizar as ações da política ambiental brasileira

que se encontrava sob total responsabilidade da SEMA. O artigo 6º da referida lei diz que “os órgãos governamentais responsáveis pela proteção do meio ambiente constituiriam o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)” (MATIAS, 2002).

O SISNAMA era composto por um órgão colegiado representado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), um órgão superior, cuja finalidade era de formular e encaminhar a política da SEMA, a qual era responsável pela implementação da política.

Segundo HANAN & BATALHA (1995), MACHADO (2000) o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) é composto por órgãos e entidades que tem como objetivos principais a proteção e melhoria da qualidade ambiental e de vida da população em todas esferas do poder - federal, estadual, e municipal. Os autores apresentam o modelo no qual está estruturado o SISNAMA, bem como as devidas atribuições de seus órgãos constituintes:

- órgão superior: O conselho de Governo, que tem a função de prestar assessoria ao presidente da República, no que concerne à formulação da Política Nacional e metas governamentais para o meio ambiente e sobre os recursos naturais, através da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais, na qual o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, se faz representar.
- órgão consultivo e deliberativo: Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). É de competência desse conselho assessorar e propor ao Conselho de Governo as diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais. Faz parte de suas finalidades estabelecer através de resoluções as normas e os padrões adequados com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e sustentável à vida. Dentre as resoluções apresentadas destaca-se a Resolução 001 de 12 de janeiro de 1986, que estabeleceu a obrigatoriedade do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), como parte essencial para a Avaliação do Impacto Ambiental (AIA), obrigatório para o licenciamento prévio de atividades que demandem recursos do meio ambiente. O EIA contempla a avaliação do uso múltiplo dos recursos naturais e também as medidas mitigadoras dos impactos ambientais, que pode ser entendido como o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). O Conama em seus quadros com representantes de nível federal, estadual e municipal, além de segmentos da sociedade que estão envolvidos direta ou indiretamente em atividades que demandam de recursos naturais ou então contribuam para modificar a qualidade ambiental. Diante dos fatos, o Conama torna-se a instância mais adequada para o processo de tomada de decisão e pode ser considerado o principal órgão dentro da Política Nacional do Meio Ambiente.

- Órgão central: O Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, que cujas finalidades são de planejar, coordenar, supervisionar e controlar todas as ações relacionadas com o meio ambiente. É o órgão responsável pela formulação e execução da Política nacional do Meio Ambiente e fazer cumprir as diretrizes governamentais estabelecidas para o setor. Além de ser órgão responsável pela política externa relacionada com o meio ambiente.
- Órgão executor: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), autarquia que tem como finalidade formular, coordenar, executar e fiscalizar o cumprimento das ações de conservação e preservação em favor do meio ambiente, estabelecidas na Política Nacional do Meio Ambiente em todos os aspectos. O Ibama configura-se em uma estrutura centralizadora e está a frente de todas as ações de fiscalização e combate aos crimes ambientais dentro do território brasileiro, por causa dessas intervenções, ele freqüentemente está em conflito com os Estados, pois acaba sobrepondo-se a autonomia dos órgãos estaduais.
- Órgãos setoriais: são instituições que integram a administração pública federal direta e/ou indireta, além de fundações instituídas pelo poder público que estejam relacionadas com a preservação do meio ambiente e da qualidade ambiental ou que regulariza o uso dos recursos minerais.
- Órgãos seccionais: são órgãos de competência dos estados como Secretarias de Meio Ambiente, institutos de pesquisas ambientais e outras entidades correlatas; cuja responsabilidade está na execução de programas e projetos ambientais. Também recaem sobre esses órgãos o controle e a fiscalização de atividades que possam comprometer a qualidade ambiental.
- Órgãos locais: são as instituições pertencentes a esfera municipal como Secretária Municipal de Meio Ambiente e Fundações Ambientais e que são responsáveis pela fiscalização e controle de atividades que degradam o meio ambiente dentro da jurisdição a qual pertence.

Apesar da SEMA não corresponder aos anseios de uma legislação ambiental consolidada e voltada para os interesses sociais, ela representou um importante passo para a concepção da Política Nacional do Meio Ambiente, pois antes de sua criação não havia nada de concreto por parte do Estado brasileiro em relação as questões ambientais. (MACHADO, 2000).

Segundo MAIMON, (1992), HANAN & BATALLA, (1995) e MACHADO (op. cit.) na década de 80, o Banco Mundial, financiador de grandes empreendimentos e projetos de infraestrutura em vários países do mundo passou a ser pressionado sob o ponto de vista ambiental,

devido aos inúmeros impactos de natureza sócio-ambientais que os projetos vinham causando as populações desses países. Como forma de atender aos questionamentos que lhes eram argüidos, pela comunidade internacional, o Banco Mundial resolveu legitimar o processo de licenciamento como instrumento fundamental de gestão ambiental.

Após 20 anos de governo militar, a transição democrática não demonstrou interesse pela causa ambiental. As ações implementadas no governo Sarney para o setor foram pífias, o destaque maior foi a criação do Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente, no ano de 1985 e a também a criação do IBAMA, em 1989, no final do governo. Nesse ano, aumentaram as queimadas na Amazônia, invasão de terras indígenas por garimpeiros e madeireiros fatos que repercutiram de forma negativa a imagem do Brasil no exterior. Na tentativa de apresentar uma resposta eficaz para a comunidade internacional, o governo Sarney criou o Programa Nossa Natureza (PNN), que foi coordenado pelos militares (MACHADO, 2000).

Nos governos sucessores de Fernando Collor (1990 - 1992) e de Itamar Franco (1992 - 1994) as ações de política ambiental mais marcantes foram: em primeiro lugar, a substituição do Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente pela Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República (SEMAM/PR) e posteriormente foi transformada em Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal, com finalidade exclusivamente ambiental. Esse ministério chamou pra si a responsabilidade a incumbência de implementar o processo de gestão da Política Nacional de Águas dentro das diretrizes estabelecidas pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dos consórcios ou comitês de bacias hidrográficas. Devido a essas novas atuações o ministério foi transformado em Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MACHADO op. cit.).

A constituição de 1988 deu a devida importância a questão ambiental, incluindo no artigo 170, a defesa do meio ambiente entre os princípios da Ordem Econômica e Financeira. Também dedicou exclusivamente o Capítulo VI - em que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações que estabeleceu uma nova ordem para a política ambiental brasileira.

A carta magna se mostrou descentralizada devido instituir a co-responsabilidade da União, dos Estados e dos Municípios, atribuindo a eles, competência para legislar sobre as florestas, fauna, flora, conservação da natureza, defesa do solo, dos recursos naturais, gestão ambiental e controle da poluição, como determina o artigo 24 capítulo VI. No artigo 23, capítulos VI, VII e XI estão dispostos à competência comum para União, Estados e Municípios, ou seja, o dever de agir em favor do meio ambiente no que concerne à proteção do meio ambiente e controle da poluição em todos os níveis, preservar as florestas, a fauna e flora, acompanhar

através de fiscalização a concessão de direitos de pesquisas e exploração dos recursos minerais e hídricos em seus territórios. Em relação aos Municípios, a Constituição brasileira, em seu artigo 30 e Capítulos I e II apresenta a legislação para resolver problemas locais e até suplementar a legislações federais e estaduais no que for relevante.

Após a Constituição de 1988, outras leis foram criadas para dar suporte a política ambiental brasileira imputou, a responsabilidade ambiental aos diversos setores produtivos da nação e fortaleceu a atuação dos Estados na área ambiental. Dentre essas leis destacam-se:

- Lei nº 7.735 de 22/02/89, que criou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA);
- Lei nº 7.803 de 18/07/89, que alterou o código florestal;
- Lei nº 7.804 de 18/07/89 alterou a Política do Meio Ambiente (Lei 6.938), atribuindo ao IBAMA a função de órgão central do Sistema Nacional do Meio Ambiente, que substituiu a SEMA (extinta);
- Lei nº 9.433 do ano de 1997, que instituiu o Plano Nacional dos Recursos Hídricos.

Apesar da Lei 6.938/81 ter representado o marco inaugural da política ambiental brasileira, principalmente pelos instrumentos legais e institucionais, que a ela foram incorporados. As ações governamentais em favor do meio ambiente mantiveram-se no modo reativo, ou seja, para cada denúncia de crime ecológico ou pressão internacional, o governo atuava. Na verdade, o que se esperava com essa lei eram atitudes mais pró-ativas, em que se buscassem as interações da gestão pública do meio ambiente com os segmentos sociais brasileiros (MACHADO, 2000).

Segundo LEAL, 1986 apud DIEGUES (2001), a política ambiental corresponde a um conjunto de medidas que estão agrupadas em quatro categorias distintas e principais, separadas por seus objetivos: *medidas de controle, medidas de incentivo ou de desestímulo, medidas de recuperação e medidas de proteção*.

- **Medidas de controle**

Foram elaboradas para orientar na prevenção de danos ambientais adicionais de empreendimentos que potencialmente agredam o meio físico. As medidas aplicadas diretamente podem seguir dois caminhos preferenciais: o de regulamentação do uso do solo, que possibilita um controle mais rigoroso da atividade impactante, ou o controle das atividades operacionais, exigindo instrumentos eficientes para conceder o licenciamento prévio dessa atividade. Quando a instalação do empreendimento for considerada de risco para os ecossistemas a legislação exige a apresentação do EIA/RIMA.

- Medidas de incentivos e desestimuladoras

Está relacionada com medidas que estimulam a preservação do meio ambiente, através de incentivos na forma de bônus, abatimento de impostos e até remuneração financeira, por exemplo, proprietários de terras que possuam grandes área de florestas nativas em suas propriedades. Enquanto as medidas desestimuladoras pregam a punição para as intervenções no meio ambiente, ou seja, a teoria do poluidor pagador. As infrações que estão sujeitas às penas são o desmatamento e a descarga de poluentes.

- Medida de recuperação ambiental

Destina-se aos casos em que há perturbação no equilíbrio natural de um ecossistema, devido as ações de natureza antrópica, sendo necessário a aplicação de medidas de recuperação da área, que auxilie na recomposição da função ambiental impactada. A formulação de medidas de recuperação de áreas degradadas condiciona ao estudo das necessidades econômicas da comunidade local quanto ao uso do solo. A gestão participativa da população local depende necessariamente de ajustes na estrutura fundiária. Para BITAR & VASCONCELOS (2003), as autoridades públicas municipais devem participar do processo de recuperação das áreas degradadas no sentido de assegurar a interação entre o uso pretendido da área recuperada e os meios de desenvolvimento e planejamento municipal como Planos Diretores, Zoneamentos, legislação sobre uso e ocupação do solo e definição das áreas protegidas (reservas florestais e mananciais).

- Medidas de proteção ambiental

Está relacionada com a criação de áreas protegidas como reservas naturais, parques ecológicos e áreas de proteção ambiental (APA), onde a presença do homem e proibida ou as atividades antrópicas são controladas e monitoradas. A criação de “Ilhas de preservação” está associada com a proposta denominada de *Teoria dos Refúgios*, que estabelece o isolamento de áreas, tidas como endêmicas. Essa medida muitas vezes não é feita de forma participativa e compartilhada com as populações tradicionais que habitam essas áreas. A obrigação de abandonar essas áreas acaba gerando conflitos sociais e acaba facilitando a entrada de caçadores, madeireiros, garimpeiros e mineradoras clandestinas que se valem da fragilidade dos órgãos de fiscalização para degradar o meio ambiente. Dessa forma, a medida assume uma posição paradoxal, pois apesar de ser elaborada para assegurar a proteção do meio ambiente, passa a contribuir para a degradação do mesmo.

A estrutura legal da questão ambiental brasileira no âmbito federal está amparada por esse emaranhado de leis que norteiam a política ambiental nacional. De acordo com a estruturação da legislação ambiental brasileira que foi apresentada neste item pode-se concluir

que o arcabouço jurídico sobre o meio ambiente no país necessita de ajustes no âmbito político-administrativo. Esse “*re-arranjo*” é devido ao número excessivo de leis que versam sobre os mais variados assuntos dentro da esfera ambiental como controle da poluição, exploração dos recursos minerais e hídricos, conservação de parques e de reservas florestais, etc. Outras leis podem ser incorporadas nesse conjunto por meio de portarias e/ou resoluções, dependendo das circunstâncias na qual o problema ambiental está inserido ou para ajustar outras leis que necessitem de adequação devido às circunstâncias geológicas, físicas, sociais e econômicas de cada região, pois essas diferenças regionais são fatores preponderantes para o sucesso da medida de correção, prevenção e controle dos impactos ambientais identificados.

Órgãos centralizadores de ações ambientais no país, não concordam com o processo de descentralizar as operações ambientais no território brasileiro. Eles questionam a falta de infra-estrutura material e as condições financeiras dos estados e dos municípios principalmente daqueles mais susceptíveis a ocorrência de impactos ambientais, pois esses estados e municípios por serem carentes subjugariam a questão ambiental em detrimento do aumento na arrecadação de impostos.

A fragilidade ambiental que recai sobre os estados e municípios não pode ser admitida como regra, pois a política nacional do meio ambiente obrigou os estados do norte e do nordeste a criarem seus órgãos ambientais - secretárias ou departamentos de meio ambiente, para que esses estados pudessem implementar suas políticas ambientais, uma vez que nos estados do sul e sudeste do Brasil as legislações ambientais já estavam em vigor. Em alguns municípios as prefeituras criaram seus órgãos ambientais, que trabalham hoje com equipes multidisciplinares na tentativa de integrar e discutir os problemas ambientais de forma descentralizada com as demais esferas dos poder (federal e estadual). Quanto às empresas nacionais e internacionais já iniciaram o processo de gestão ambiental, promovendo e apoiando projetos de educação ambiental com seus funcionários e expandindo a gestão interna das empresas para o seu entorno, colocando o homem como objeto do meio ambiente.

No Brasil, o controle ambiental na mineração sempre foi objeto de muitas polêmicas, pois a maioria dos mineradores não cumpre o que determinam a legislação ambiental, principalmente às pequenas mineradoras. As grandes empresas de mineração estão a cada dia investindo em tecnologia ambiental e formas de controle da poluição, isso porque a questão ambiental para essas empresas implica em competitividade.

A política mineral adotada no Brasil vem da época dos governos militares, que procuraram estruturar o setor para atender os interesses de empresários nacionais e aqueles associados com o capital estrangeiro. A legislação ambiental para mineração advém de 28/02/67, com o Decreto Lei nº 227, que instituiu o Código de Mineração. Esse Decreto dá nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985 (Código de Minas) de 29 de janeiro de 1940.

O Capítulo III, através do Art. 47 - obriga o titular da concessão, além das condições gerais que constam deste código, ainda, das seguintes, sob pena de sanções previstas no Capítulo V:

- VIII - Responder pelos danos e prejuízos a terceiros que resultem direta ou indiretamente da lavra;
- IX - Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local;
- X - Evitar poluição do ar ou da água que possa resultar dos trabalhos de mineração.

As leis que regem a atividade garimpeira no Brasil foram instituídas na década de 60, quando surgiram as primeiras legislações e políticas concretas para tentar disciplinar a garimpagem. Os segmentos menores da mineração, como as pequenas empresas e os garimpos, que não detinham grandes soma de capitais ficaram de fora da legislação. O Art. 70 do Código de Mineração de 1967 definiu de forma marginal e preconceituosa o garimpo, que levou o governo à criação de políticas repressivas aos garimpos (SCLIAR, Op. cit.).

Após a constituição de 1988 surgiram diretrizes para a garimpagem, contidas na Lei nº 7.805, de 18/08/89, no Decreto nº 98.812 de 09/01/90 e na Portaria nº 10 de 20/07/91, todas editadas pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Essas regras versavam principalmente para o entendimento da legalidade e viabilidade das atividades garimpeiras. Dentre as ações de mudanças na legislação estavam a extinção da matrícula e a obrigação da atuação em áreas fixas. Apesar desses avanços na legislação, as lavras clandestinas continuaram em todo país.

No Estado do Pará, a Legislação ambiental foi definida através da Lei nº 5.457 de 11/05/88, que criou a Secretária de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (Sectam), antes da promulgação da Constituição Federal. A constituição estadual promulgada em 05/11/89 definiu a competência do Estado a defesa, a conservação, a preservação e o controle do meio ambiente, através do Art. 255. O Capítulo VI desse artigo estabeleceu obrigatoriedades aos que exploram os recurso naturais, renováveis ou não, para, por seus próprios meios, procederem à recuperação do meio ambiente alterado, de acordo com a solução técnica aprovada pelos órgãos públicos competentes, envolvendo, na fiscalização, as entidades ligadas à questão ambiental ou representativa da sociedade civil na forma da lei.

3.4.1 - ARCABOUÇO JURÍDICO E INSTITUCIONAL SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos, de uma maneira geral, foram gerenciados ou controlados pelas autoridades governamentais desde o período do Primeiro Reinado. Na era Vargas, que inicia-se em 1930 e se estende até 1945, foi promulgada a Lei de Direito de Águas no Brasil, o chamado *Código de Águas*. Essa lei foi colocada em prática a partir de 10 de julho de 1934,

sendo composta pelos Livros I, II e III. É considerado até hoje um avanço ímpar para o Direito brasileiro, no que concerne à regularização do uso dos recursos hídricos nacionais. Embora exerça essa nostalgia jurídica, a sua aplicação é estritamente localizada, pois somente o Livro III, que versa sobre a produção de energia pelas usinas hidrelétricas, foi regulamentado (REBOUÇAS, op.cit.).

A Constituição Federal de 1988, no Título VI, Capítulo Único, Art. 96, apresenta as primeiras mudanças no Código das Águas de 1934, sendo que a principal alteração foi a extinção do domínio privado da água subterrânea. Sendo assim, todas as águas do território brasileiro passaram a ser de domínio público. Essa medida deixa subentendido que nenhum indivíduo pode usufruir deliberadamente de um recurso natural que não lhe pertence. Outra mudança significativa no Código foi o estabelecimento de dois domínios para os corpos d'água: domínio da União para os rios ou lagos que banhem vários estados da federação ou que serviam de fronteiras com esses ou com países vizinhos que deles provenham as águas ou que a esses países estendam o domínio dos Estados, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes e emergentes e em depósitos (REBOUÇAS, 2002).

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 é uma das principais leis formuladas para o setor. Ela instituiu a *Política Nacional dos Recursos Hídricos* e criou o *Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Essa lei adotou as principais medidas de gerenciamento de recurso hídricos praticados em países experientes no processo de gestão das águas. Dentre os aspectos regulamentados estão:

- adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- usos múltiplos da água;
- reconhecimento do valor econômico da água;
- gestão descentralizada e participativa;
- no caso de escassez do recurso, é dada prioridade ao abastecimento humano e animal.

A seção IV da referida Lei trata especificamente da cobrança sobre o uso da água, cuja finalidade é racionar a demanda se baseado nos aspectos quantitativos e qualitativos. O artigo 22 assegura que os valores que forem arrecadados devem ser revertidos para a bacia hidrográfica onde está inserida a área de captação, para financiar estudos, projetos educacionais, obras civis no âmbito do *Planejamento dos Recursos Hídricos*. Os recursos financeiros devem ser usados para cobrir gastos administrativos. Porém tais despesas não devem ultrapassar 7,5% de todo montante arrecadado na bacia hidrográfica. Essa cobrança é entendida como um instrumento de financiamento dos programas de gestão e de planejamento dos recursos hídricos. Entretanto, surgem questões polêmicas vinculadas aos valores cobrados pela água consumida. As entidades empresariais e agrícolas alertam que esse tipo de medida

pode aumentar ainda mais suas despesas elevando a carga tributária. Assim, dificultado o desenvolvimento econômico e social da região (NAPOLEÃO, 2003).

Ainda em relação à Lei Federal nº 9.433/97, nela foram estabelecidos alguns tipos de organização para promover a gestão com abordagem integrada, sistêmica e compartilhada dos recursos hídricos com destaque para:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos - é o órgão de mais alta patente dentro do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, no que concerne aos termos administrativos (regulamentadores e reguladores), destacando-se a Resolução 15, que versa sobre as águas subterrâneas.
- Comitê de bacia hidrográfica - atua como um fórum, no qual são planejados, discutidos e decididos assuntos referentes às bacias hidrográficas, cujos representantes estão vinculados a diversos segmentos sociais, como prefeitura, sociedade civil, governo estadual e federal e usuários em geral.
- Agências de Água - Servem para atuar no gerenciamento dos recursos provenientes da cobrança pelo uso das águas. Dentro desse contexto, foi criada a Agência Nacional de águas (ANA), através da Lei nº 9.948, de 17 de julho de 2000, cuja função é a de implementar a *Política Nacional de Recursos Hídricos*, que será de responsabilidade da *Secretaria Nacional de Recursos Hídricos* (SRH), subordinada ao Ministério do Meio ambiente (MMA). Compete a ANA adotar medidas que atendam os interesses públicos e ao mesmo tempo possibilite o desenvolvimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Sua forma de atuação deve ser imparcial, independente, impessoal e acima de tudo legal, adotando medidas de regulação, fiscalização, controle das ações e atividades para o cumprimento da legislação pertinente aos recursos hídricos (NAPOLEÃO, 2003).

REBOUÇAS (2002) ressalta a carência de uma legislação específica para gerir, em todos os seus aspectos (uso, conservação e proteção) os recursos hídricos subterrâneos. Também faltam outras legislações referentes aos fatores físicos que influenciam nas águas subterrâneas, como captação das águas de chuva, reuso de águas tanto pluviais como tratadas para serem injetadas no subsolo. O arcabouço legal e institucional que envolve os recursos hídricos ainda está longe de ser considerado eficaz ou integrado, haja vista a sua tendência de privilegiar as águas superficiais e negligenciar e até omitir as águas subterrâneas. Portanto, a busca de um suporte jurídico ideal para a gestão dos recursos hídricos passa a representar um grande desafio para a sociedade brasileira.

A água é um recurso natural fundamental para o homem e a para a vida. Ela é renovável pelos processos físicos do ciclo hidrogeológico. Embora seja um recurso renovável, a água deve ser considerada um recurso finito e de ocorrência aleatória. Este deve ser o princípio norteador de todo programa de gestão de recursos hídricos e que deve ser compreendido por todos os usuários. O conhecimento do solo com seus usos e ocupações influencia decisivamente no balanço hídrico e conseqüentemente nas condições da recarga do aquífero e na disponibilidade de água em uma determinada região, tanto superficial como subterrânea. Portanto, um programa de gestão integrada dos recursos hídricos, que pretenda ser eficiente deve ser conduzido no âmbito da bacia hidrográfica.

A gestão participativa dos recursos hídricos corresponde a uma visão holística e sistêmica, a qual abrange diversos segmentos estruturais e operacionais, como zoneamento ambiental, planejamento, desenvolvimento, captação, distribuição, monitoramento, proteção e conservação das fontes. Esses fatores estão relacionados com o ciclo hidrológico e com as principais atividades econômicas que demandam grandes quantidades de água para a sua manutenção. Essas características têm que ser levadas em consideração pelos gestores.

Os novos paradigmas para o gerenciamento dos recursos hídricos estão baseados em banco de dados gerados por pesquisas científicas. Esses dados são fontes de informações essenciais para a tomada de decisões pelos gestores. O compartilhamento entre os pesquisadores e os gestores é de extrema importância para a implantação de políticas públicas em todas as esferas do poder. A principal tarefa desses dois grupos é a criação de instrumentos institucionais que possibilitem essa integração (TUNDISI, 2001).

Um dos principais instrumentos é o estabelecimento de uma visão estratégica integrada dos recursos hídricos, enfatizando o custo e benefício dos recursos e as questões socioeconômica e ambiental dos impactos. A integração entre esses dois segmentos para a construção de um modelo de gestão possibilita ampliar a participação pública do usuário, a qual garante a sustentação para disseminar as informações científicas para a comunidade. As melhores formas para alcançar a população se dão através da educação ambiental e educação sanitária, que são instrumentos de comunicação entre aqueles que são responsáveis pelos recursos e os que as utilizam. Essa interação tem influência direta no processo de elaboração e aprovação de políticas públicas para o setor (TUNDISI, op. cit.).

Apesar da grande diversidade de organismos institucionais que procuram assegurar a uma gestão dos recursos hídricos mais participativa do ponto de vista da tomada de decisão, o processo decisório ainda é precário. Os mecanismos de tomada de decisões devem ser reformulados e aperfeiçoados pelos órgãos gestores superiores. O Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos considera como gestão eficiente àquela estruturada em comitês de bacias hidrográficas, que tem como objetivos legitimar institucionalmente a gestão dos recursos hídricos (SILVA, 2003).

A participação dos segmentos sociais na gestão dos recursos hídricos deve acontecer seguindo estratégias, quanto à necessidade e importância da participação e também as obrigações ou responsabilidades compartilhadas dos atores sociais que interagem dentro do processo de gestão da bacia hidrográfica. Essas medidas valorizam a gestão, pois demonstram o respeito pela cultura e identidade das populações e a história do meio, onde se pretende intervir. O Poder Público terá a incumbência de criar tais mecanismos e instrumentos possíveis a essa participação. O Governo federal e os estados devem agir em conjunto, como facilitadores dessa participação, criando bases técnicas específicas, cuja finalidade é proporcionar uma participação de forma global, que abranja todos os principais seguimentos sociais que estejam interagindo com o uso da água. Desta forma, tanto o governo como os estados estariam deixando de ter a função de indutora no processo de gestão. O processo participativo não pode ser visto como o solucionador de todos os problemas encontrados na área destinada à intervenção. Deve ser entendido, como um instrumento que pode criar oportunidades na busca de esforços para resolver os problemas identificados e consolidando o processo de cidadania (SILVA op. cit).

O princípio da gestão integrada, compartilhada e descentralizada dos recursos hídricos, que foi postulado pela Lei Federal nº 9.433/97, ainda não se configurou em realidade, pois as ações até agora observadas contemplam somente as águas superficiais (rios, lagos, córregos e grandes áreas alagadas, como por exemplo, o Pantanal). Com relação aos recursos hídricos subterrâneos, essa lei destaca apenas dois pontos. O primeiro refere-se a Autorga de Direito de Uso do Recurso Hídrico, Seção III, Artigo 12. O segundo diz respeito às Infrações e Penalidades, Título III, Artigo 49 (REBOUÇAS, 2002).

A Lei Federal nº 9.433/97, que instituiu a *Política Nacional dos Recursos Hídricos* e criou o *Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos* adotou dentre as suas atribuições à bacia hidrográfica como instrumento de planejamento dos recursos hídricos e organização territorial. Essa lei surgiu das necessidades de atenuar conflitos, que emergem em regiões em que o uso da água tornou-se uma disputa de interesses políticos e econômicos. Porém, as diversidades culturais, econômicas, políticas e sociais das regiões não permitem que os mecanismos contidos nessa lei sejam generalizados para todo o Brasil. Nesse sentido, a legislação federal que rege os recursos hídricos na região Amazônica deve ser reformulada (SILVA, 2003).

Embora, os estados tenham autonomia para formular suas leis ambientais, dentro do contexto constitucional, na prática, não se observa esse princípio deliberativo, pois o que se constata é que as leis estaduais procuram reproduzir na íntegra, os princípios normativos estabelecidos pelos órgãos federais. A negligência dos órgãos estaduais pode ser uma das causas para o surgimento dos conflitos nas áreas das bacias hidrográficas, pois as omissões

de informações importantes sobre as características regionais trazem dificuldades para implementar um modelo de gestão dos recursos hídricos.

Os contrastes geográficos que são verificados no Brasil são instrumentos que acendem a discussão sobre a dimensão do conceito de bacias hidrográficas. Na Amazônia, onde os rios assumem dimensões regionais, a proposta de instalar comitês de bacias para ajudar no processo de tomada de decisão, não se configura em um mecanismo adequado e eficiente na região. A área de abrangência dos rios que formam a bacia hidrográfica amazônica comporta segmentos sociais, culturais e econômicos distintos, que apresentam interesses de uso da água e de ocupação do solo antagônicos. Dois outros fatores exercem grandes influências no processo de instalação dos comitês de bacias hidrográficas na Amazônia são a baixa densidade demográfica e o nível de informações das populações envolvidas com o processo. Essas contradições reforçam a idéia da criação de outros mecanismos que facilitem o processo de gestão dos recursos hídricos na Amazônia. As propostas devem levar em consideração o arcabouço ecossistêmico da região. Para o processo participativo de tomada de decisão a legislação federal deve imputar a co-responsabilidade para os estados, que deverão elaborar suas leis conforme as características regionais.

A região Amazônica sempre foi cobiçada pelos organismos internacionais. Primeiro, pela extensão do território, segundo, pelo grande potencial de biomassa. A partir de Estocolmo 72, pelos graves problemas ambientais. Finalmente ocorre a ganância internacional pelo grande potencial de água doce. É preciso dizer que além dos enormes potenciais hídricos, minerais e de biodiversidade a região Amazônica também abriga pessoas. Desta forma, é preciso considerar nos planos de desenvolvimento da região a importância que as populações sejam elas tradicionais ou colonizadoras desempenham na Amazônia e que por isso devem ser integradas no processo decisório.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL E SÓCIOECONOMICA DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 - CONTEXTO GEOLÓGICO

A região do extremo NE do Estado do Pará foi palco de uma série de trabalhos geológicos cuja finalidade foi caracterizar os aspectos litoestruturais e litoestratigráficos associados com as feições geomorfológicas existentes na região. Dentre esses trabalhos, destacam-se aqueles elaborados por BORGES *et al.*, (1988), ABREU (1990), BITTENCOURT *et al.*, (1991), PASTANA *et al.*, (1993), COSTA *et al.*, (1996) KLEIN & MOURA (2003) entre outros. Nessa região predominam rochas arqueanas do Complexo Granito Gnáissico Maracaçumé, rochas metassedimentares da Formação Santa Luzia, seqüências metamórficas do Proterozóico Inferior - Formação Gurupí, Formação Chega Tudo, Formação Vizeu; rochas sedimentares do Proterozoico Inferior (Formação Igarapé de Areia), rochas extrusivas e intrusivas do Proterozóico Inferior a Médio, rochas sedimentares Eo-Paleozóicas e Paleozóicas (Formação Piriá, Formação Camiranga) e formações superficiais Fanerozóicas (Figura 4.1).

O metamorfismo que afetou as rochas da área de Cachoeira do Piriá foi do fácies xisto verde (BORGES *et al.*, 1988; BITTENCOURT *et al.*, 1991; COSTA *et al.*, 1996 e KLEIN & MOURA, 2003).

Na área específica de Cachoeira do Piriá, BITTENCOURT *et al.*, (1991) e TRABACH (1993), realizaram um levantamento em detalhe da geologia e das mineralizações auríferas. As informações desses autores auxiliaram as observações feitas em campo, subsidiando a caracterização do quadro geológico local.

As rochas que afloram na área de Cachoeira pertencem ao grupo Gurupí - Proterozóico inferior. Trata-se de uma seqüência supracrustal compostas por rochas máficas, metamáficas, metaultramáficas, metavulcânicas, intrusivas básicas e intermediárias, metatufos de composição básica, intermediária e ácida, intercaladas com sedimentos clásticos turbiditos, grauvacas e siltitos. Tem-se com freqüência intrusões dacíticas. A maioria dessas litologias foi diretamente afetada por processos de alteração hidrotermal e por processo de alteração supergênica. A seqüência meta vulcano sedimentar encontra-se encaixada em uma zona de cisalhamento, orientada na direção N - S e N - NE. As fraturas e as zonas de cisalhamento

encontradas na região de Cachoeira têm direções N5W, N50E, N55E, N30W, N50W, às vezes preenchidas por quartzo (Figuras 4.2 e 4.7).

A foliação milonítica tem direções variando entre NNE-SSW com mergulho em média de 35° a 40° preferencialmente para NW. O aspecto estrutural da área é caracterizado por um intenso fraturamento, bandas de cisalhamento metamorfitos e dobramentos incipientes (Figura 4.3). Os tipos litológicos apresentam um comportamento frágil-dúctil, com muitas fraturas, uma foliação milonítica marcante e veios de quartzo estirados e budinados. Os veios têm espessuras de cerca de 60 cm e comprimento de algumas dezenas de metros, nos quais se encontram as mineralizações de ouro (Figura 4.4).

Na área de Cachoeira foram identificadas duas fases hidrotermais: a primeira afetou diretamente as rochas máficas e ultramáficas e zonas adjacentes. As alterações foram a caolinitização, cloritização e sericitização. A segunda afetou as intrusões porfíricas. As alterações foram albitização, sericitização, carbonatação, silicificação e sulfidização. Em subsuperfície são encontradas rochas verdes foliadas.

O estudo do comportamento tectôno-estrutural das litológicas da região do Gurupi têm como objetivo principal apresentar de forma generalizada às feições estruturais existentes no extremo NE do Estado do Pará. Os planos estruturais apresentados pelas rochas (falhas, fraturas, juntas, zonas de cisalhamento, foliação e acamamento) são importantes também, como base de estudo e hidrogeológico, geotécnico. Além dos estudos metalogenéticos das mineralizações associadas com esse arranjo estrutural regional. Esses veios estão orientados, segundo um padrão estrutural regional NNE e projetando-se sob a cidade de Cachoeira do Piriá, onde foram minerados pelos garimpeiros, causando graves problemas para a comunidade local, como o verificando em 1985, quando a escola municipal veio a desabar, devido às detonações de dinamites.

Domínio (Cráton) São Luís

- Suite Tracuateua
- Suite Tromai
- Grupo Aurizona

Domínio (Cinturão) Gurupi

- Granito Ney Peixoto
- Nerehina-sienito Boca Nova
- Granitóides peraluminosos Ourem(O), Jonasa (J), Japiim(JP), e Maria Suprema (MS)
- Tonalito Itamoari
- Granitóide Cantão
- Grupo Gurupi (formações Rio Piritoró RP), Jaritequara (JT), Vila Cristal (VC)
- Kinzigito Marajupema
- Complexo Maracáçumé

Coberturas sedimentares

- Cobertura sedimentar fanerozoica
- Coberturas sedimentares diversas Piria (P), Igarapé de Areia (IA) e Vizeu (V)
- Falhas de cavalgamento
- Zona de Cisalhamento Tentugal
- Localização das amostras datadas neste estudo
- Posição das seções geológicas (vide figura 3)
- Cidades / vilas

Figura 4.1. MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DO GURUPI (KLEIN & MOURA, 2003).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.2. Afloramento de rocha máfica, exibindo feições de alteração.

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.3. Feições de bandas de cisalhamento nas lateritas

Fotos: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.4. Aspectos da alteração hidrotermal em veios de quartzo

4.2 - FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

As formações superficiais, na área de Cachoeira do Piriá, englobam um espesso manto de intemperismo, que revestem as litológicas da sequência supracrustal. Tem-se como a principal alteração supergênica as Lateritas. Os processos lateríticos na região NE do Estado do Pará e NW do Maranhão, vêm sendo bastante estudados desde a década de 80, destacando-se os trabalhos de COSTA *et al.*, (1980), COSTA & SÁ (1980), COSTA (1984), COSTA & SOUZA (1991), TRABACH & KOTSCHOUBEY (1991) e TRABACH (1993) (Figura 4.5).

Figura 4.5. PERFIL ESQUEMÁTICO DOS COMPARTIMENTOS LATERÍTICOS NA ÁREA DE ESTUDO (TRABACH & KOTSCHOUBEY, 1991).

Para COSTA & SÁ (1980) “a crosta ferruginosa constitui a parte mais superior de todas as ocorrências investigadas na região NE do Estado do Pará e NW do Maranhão”. A coloração típica é um vermelho tijolo a marrom devido à presença da hematita e/ ou goethita. Possui um aspecto pseudobrechóide conhecido como “*pele de onça*”. Segundo TRABACH & KOTSCHOUBEY (1991), a laterita ferruginosa é constituída por uma crosta litificada que recobre o horizonte saprolítico bem espesso.

A composição mineralógica do saprólito é basicamente caolinita, quartzo, hidróxido de ferro e sericita. A foliação milonítica exhibe feições reliquias, como vênulas de quartzo orientadas e estiradas. Um pouco abaixo pode ser notar a presença de um horizonte mosqueado e variegado, de coloração vermelha amarelado e branca, caracterizando um típico processo de desferrificação (Figura 4.6).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.6. Perfil tipo das rochas lateritas da região. Observar as vênulas de quartzo orientadas e o horizonte variegado.

COSTA (1980) identificou uma espessa e antigas coberturas fosfáticas, que ocorre na porção superior do morro Cansa Perna - maior expressão topográfica da área de Cachoeira do Piriá. O autor admite que a matriz da cobertura fosfática seja compostas por rochas metapelíticas de baixo grau metamórfico. Segundo TRABACH (1993), as rochas que deram origem à cobertura fosfática sejam rochas vulcânicas e subvulcânicas ácidas milonitizadas.

Os corpos gossânicos da região de Cachoeira estão condicionados a zonas de cisalhamento. Sua forma é ligeiramente tabular, subvertical, medindo 4 m de largura por 15 m de comprimento no nível saprolítico, podendo atingir algumas dezenas de metros em profundidade (TRABACH & KOTSCHOUBEY, 1991).

Figura 4.7. MAPA GEOLOGICO DA ÁREA DE ESTUDO

4.3 - CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A litoestratigrafia da região do Gurupi integra as unidades geomorfológicas denominadas Planalto Setentrional Pará-Maranhão, BARBOSA e PINTO Apud BRASIL (1973b) e Peneplano de COSTA *et al.*, (1977).

O Planalto Setentrional Pará-Maranhão é representando por um conjunto de relevo tabulares rebaixados ou dissecados por áreas colinosas e planícies revestidas por florestas densas, de relevo altamente dissecado. A intensa dissecação gerou pequenas mesas e elevações sob forma de morros cônicos isolados na parte oriental, enquanto conjuntos mais compactados e mesas são mais freqüentes na porção ocidental. As feições morfológicas que representam são as serras de Tiracambu e Gurupi.

A unidade geomorfológica Peneplano COSTA *et al.*, (op. cit) constitui a principal feição da geomorfológica observada na região. Seu relevo é formado por uma superfície plana suavemente ondulada, quase totalmente arrasado pela erosão. As altitudes variam entre 50 e 100 metros aproximadamente, decrescendo quando se desloca para norte e oeste. O relevo arrasado desenvolve-se desde o domínio do embasamento cristalino até o domínio das rochas sedimentares Eo-Paleozóicas e Paleozóicas.

4.3.1 - COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

As análises das feições geomorfológicas encontradas na região de Cachoeira do Piriá levaram a individualização de quatro (4) compartimentos geomorfológicos distintos: sistema de morros alongados (1), colinas pequenas e alongadas (2), colinas pequenas de amplitude baixa (3) e planícies inundações e relevos planos (4) (Figura 4.12).

O relevo de morros alongados tem a sua maior expressão representada pelo morro do Cansa Perna. Esse sistema de morros distribui-se como faixas orientados NNE-SSW as cotas variam de 80 a 140m, nivelando topos arredondados e restritos, a declividade é alta, e as encostas entalhadas por vales fechados na forma de V. Essa forma de relevo é fundamentalmente sustentadas por lateritas corpos gossânicos, crosta laterítica, colúvios, saprólito. O relevo de morros alongados tem a sua maior expressão representada pelo morro do Cansa Perna. Estas feições geomorfológicas pertencem tanto ao Planalto Setentrional Pará-Maranhão Barbosa & Pinto apud BRASIL (op. cit.) como ao Peneplano de COSTA *et al.* (op. cit.) (Figuras 4.8 e 4.9).

Fotos: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.8. Sistema de morros alongados

Fotos: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.9. Morros alongados com vertente retilínea e vales em V

O relevo de colinas arredondadas abrange uma pequena parte da área, e também está orientado na direção NNE-SSW. A declividade é média nos sistemas com cotas entre 10 e 5 metros. Os topos têm formas aplainadas e arredondadas e são restritos. O perfil das vertentes varia entre retilínea e côncavo. Esse compartimento é sustentado pelas formações superficiais saprólito, lateritas, corpos gossânicos arenitos ferruginosos e colúvios.

O relevo de colinas pequenas ocupa a maior parte da área, apresenta amplitude e declividade muito baixa, os topos são planos e extensos, sustentado por lateritas. O perfil das vertentes é côncavo na base com depósitos de colúvio, e retilíneo em direção ao topo. Planícies de inundação e relevo plano correspondem as menores amplitudes são desenvolvidas por rios e igarapés que drenam a área, são constituídas por areia e argila (Figuras 4.10 e 4.11).

Fotos: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.10. Colinas alongadas, de topos restritos, colonizada com capim.

Fotos: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.11. Colinas pequenas de topos suaves e planície de relevo suavizado próximo às drenagens

A área está localizada no interflúvio dos rios Piriá e Gurupi, desta forma o sistema de drenagem é alimentado por essas bacias. A densidade e angularidade baixas, sinuosidade curva, tropia tridirecional (NNW-SSE, N-S, NW-SE e NE-SW), com assimetria fraca, formas em arco e cotovelos nas drenagens principais. O curso d'água base no local é o Igarapé do Macaco, afluente do rio Piriá pela margem direita o qual drena a porção central da área na direção N-S.

Figura 4.12. MAPA DOS COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.4 - MINERALIZAÇÕES

As ocorrências de ouro no Pará e no Maranhão são seculares. Porém, estudos detalhados sobre a origem dos depósitos somente foram realizados a partir da década de 80, quando a região passou a ser conhecida pela garimpagem de ouro. Dentre esses trabalhos, tem-se como relevante ARAÚJO NETO (1982), BITTENCOURT *et. al.*, (1991) e TRABACH (1993). Outros estudos, mais recentes foram executados por empresas de mineração que detinham a concessão de lavra.

Os estudos de BITTENCOURT *et. al.*, (op. cit.), possibilitaram o reconhecimento de três formas de ocorrência de ouro na área, dois tipos primários e um por alteração supergênica. A primeira refere-se a um sistema de veios de quartzo encaixados nas rochas vulcânicas máficas. Associada ao ouro, tem-se pirita e arsenopirita como minerais acessórios. As partículas de ouro podem ser reconhecidas no veio à vista desarmada, variando em tamanhos de 0,1mm a 1mm. TRABACH (1993), identifica outro tipo de ocorrência de ouro na área de Cachoeira. Trata-se de veios e vênulas de quartzo que contém ouro na forma livre, com partículas muito finas. Entretanto, algumas delas sobressaem localmente e podem ser reconhecidas sem ajuda de lupa.

A segunda está relacionada com sulfetos disseminados que contém ouro, relacionados a veios de quartzo do tipo stockworks. Os depósitos supergênicos ou de enriquecimento em material ferruginoso, corresponde ao terceiro tipo. A caracterização desse depósito se deu devido ao zoneamento lateral e vertical que ouro sofre no perfil laterítico. Os depósitos auríferos lateríticos possuem enriquecimento dentro do saprólito, principalmente quando há presença de veios.

4.5 - EXPLORAÇÃO DO OURO

A prospecção de ouro na região do Gurupi começou no período colonial como uma atividade clandestina, praticada por comunidades de escravos fugitivos e por grupos de mineiros que tentavam escapar dos esforços da Coroa Portuguesa para tributar e regulamentar a mineração no Brasil. Em 1650, os jesuítas organizaram missões que concentravam estrategicamente os índios ao longo dos rios Gurupi e Pindaré. Esse fato marcou o início da exploração de ouro na região (CLEARY 1992).

De 1650 a 1810, várias expedições em busca de ouro fracassaram, o que motivou o aumento do interesse pela agricultura na região. A partir de 1810, algumas comunidades de escravos fugitivos fundaram os quilombos e mocambos nas matas do Turiaçu, onde mantinham uma certa produção de ouro, o que os tornou economicamente fortes, ameaçando alguns engenhos e fazendas. Em 1854, o governo maranhense criou a Companhia Maranhense de Mineração, para fazer a divulgação da importância das minas de Maracaçumé. Em 1857, a companhia inglesa Montes Áureos Gold Mining Company pagou 100 mil libras à companhia maranhense pelo arrendamento da área por sete anos (CLEARY, op. cit.).

No que concerne à concessão de lavra na área de Cachoeira do Piriá, as primeiras notícias de que se têm registro datam de 1940, quando várias empresas de mineração, algumas multinacionais, começaram a chegar na área de Cachoeira com a finalidade de executar trabalhos de pesquisa. Dentre elas destacou-se a NORANDA, que em 1944 explorava o ouro na região como empresa de mineração. Entretanto, as demais empresas limitaram seus trabalhos somente às pesquisas. Esses estudos foram de curta duração e nenhum conseguiu levar adiante esses trabalhos.

A companhia Brasil - Canadá de Mineração realizou pesquisa na área da Fazenda Macaco, que atualmente é área de Cachoeira do Piriá, nos anos de 1947 a 1948. No final dos trabalhos, em 1948, a companhia recebeu a autorização de lavra da área. Porém, ao passarem-se 20 anos da concessão, foi verificado que a companhia já havia paralisado suas atividades e abandonado a área. Então, em 1969, o processo de concessão de lavra da Companhia Brasil - Canadá caducou. Assim, a área foi colocada em disponibilidade pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, para que outras empresas interessadas na jazida pudessem desenvolver novos trabalhos na área (edital 156/69 de outubro de 1969).

Em 1973, A Companhia de Desenvolvimento Agropecuário Industrial e Mineral do Estado do Pará (CIDAPAR) recebeu do DNPM o decreto de lavra, que vigorou até 1980, quando o mesmo caducou. No ano seguinte, a Companhia Paraense de Minério Ltda (CPM) reivindicou, por meio de um requerimento, que se colocasse em disponibilidade novamente a referida área. Em meio às várias concessões, abandonos e disponibilidades da área, já havia na região a mobilização de grupos de garimpeiros clandestinos, comandados pelo Senhor

Rosalvo, que estariam lavrando algumas áreas em Cachoeira, cuja posse pertencia à CIDAPAR. Então, o DNPM interveio e advertiu esses garimpeiros de que aquelas terras pertenciam à União e de que a atividade exploratória desenvolvida por eles era irregular. Todavia, o DNPM esclarecia também aos garimpeiros que haveria a possibilidade dos mesmos lavrarem a área legalmente, uma vez que a mesma seria colocada em disponibilidade pelo governo, e os garimpeiros poderiam se habilitar para adquiri-la.

Em 1983, é expedido o Alvará de Pesquisa em favor da CPM. No ano de 1985, a CPM transfere (vende) os direitos minerais para a Mineração Xopotó, que depois se chamou Mineração Capanema, que foi subsidiária da empresa Consulta Mineração. Então foi solicitada a renovação do Alvará de Pesquisa por mais dois anos, até 1988, sendo deferido pelo despacho do Diretor Geral do DNPM em 11/05/85. Desta forma deu-se o prosseguimento dos trabalhos de pesquisa na área. Nesse período, foram executados diversos trabalhos de pesquisa que resultaram em importantes conclusões sobre o potencial mineral da área, levando a empresa a requerer junto ao DNPM a Portaria de Lavra.

A concessão da lavra definitiva foi autorizada pelo Secretário do Ministério das Minas e Energia, por meio da Portaria 599 de 26/07/89, cujo edital de número 001/90 concedeu a posse definitiva à Mineração Xopotó. Porém, os trabalhos de garimpagem já estavam consolidados em várias frentes de lavra nos leitos de rios e igarapés. A exploração era feita por balsas. Em pequenos barrancos, o método do par de máquinas era bastante utilizado. A garimpagem do ouro primário, aquele relacionado aos veios de quartzo, foi a mais comum na área de Cachoeira. A grande quantidade de material mobilizado ocorreu devido a esse tipo de mineralização.

Em 1990, a sociedade feita entre as mineradoras, que culminou na formação da mineração Capanema, foi desfeita, voltando para a Companhia de Mineração Nacional (CMN), subsidiária da TVX Mineração. O descaso com a atividade garimpeira na área, que corria em paralelo e clandestinamente em relação à mineração Capanema, proporcionou o surgimento de diversos conflitos entre a mineradora já citada e os garimpeiros.

A empresa de mineração não permitia a presença dos garimpeiros nas suas áreas. Os garimpeiros, por conta desse fato, interditaram a rodovia BR - 316, uma das principais ligações entre as regiões norte e nordeste do Brasil. No final de 1992, foi feito um acordo entre a mineradora e os garimpeiros, na tentativa de colocar um ponto final na disputa. Os termos do acordo estabeleciam que:

- Os garimpeiros teriam que realizar seus trabalhos nas áreas determinadas pela empresa de mineração dentre elas estavam a “Mangueira do Rosalvo”, as margens da represa do Albenor Pontes. Essa área era destinada para trabalhos de raspagem e a Área do “Curimã”, próxima à parede da represa e ao barranco do Barbosa, lá era

realizado a exploração pelo método do desmonte hidráulico - par de máquinas e maracá;

- Os garimpeiros poderiam trabalhar nessas áreas até o início da mineração industrial;
- Os garimpeiros teriam que retirar seus equipamentos de trabalho das áreas não - autorizadas;
- Garantia da trafegabilidade das estradas;
- Respeito às instalações da empresa;
- Controle do fluxo de pessoas nas áreas garimpeiras, impedindo que novos garimpeiros se instalassem na área;
- Evitar o trabalho no período da noite;
- Proibir a presença de menores nos garimpos;
- Desocupar a área sob aviso prévio em 30 dias, o qual seria emitido pela empresa de mineração.

Entre 1995 e 1996, a junção feita entre as empresas Xopotó, CCO e ESTACON no início da década de 90, e que resultou na Mineração Capanema, foi desfeita com a saída da ESTACON. Então as minerações Xopotó e CCO fundiram-se, e assim surgiu a CMN, uma subsidiária do grupo Empresarial TVX. A empresa TVX, desde o início do ano 2000, vem fazendo parceria em pesquisas com as Multinacionais Canadenses Goldfild do Brasil e Brazilian Goldfild.

No início do ano de 2000, um ex-dono de garimpos conhecido por Rosalvo, um dos principais garimpeiros da década de 80, que dominava grandes áreas produtoras de ouro em Cachoeira, retornou à cidade, apropriou-se de uma faixa de terra nos limites da zona urbana e voltou a garimpar, utilizando máquinas e motores pesados. Os trabalhos estão sendo feitos em minas subterrâneas e concentram-se nas cavas abandonadas, cuja finalidade é minerar os veios de quartzo, que se encontram em profundidade. Nessas áreas, não havia energia elétrica, e os trabalhos eram realizados com a ajuda de geradores.

No ano de 2003, pôde-se constatar que outros donos de garimpo já se encontravam instalados em Cachoeira do Piriá, inclusive minerando em áreas novas, próximas à cidade. Todas as áreas já possuem energia elétrica 24 horas, fornecida pela empresa REDE CELPA. Em cada garimpo, trabalham duas equipes de 5 garimpeiros em jornada de 12 horas para cada uma. A produção de ouro foi estimada em 4 Kg por mês. Em relação à questão ambiental, foi observado o uso de retortas no processo de queima do amálgama. Porém, não foi verificado o mesmo cuidado com os rejeitos contaminados por mercúrio, que estão sendo liberados para as drenagens próximas.

A legislação em vigor para os garimpos diz que o regime de Lavra garimpeira só será concedido a pessoa física ou cooperativa. Porém, os garimpos apresentam variações

regionais, quanto ao tipo, forma de atuação e estrutura funcional. Essas implicações organizacionais dos garimpos deveriam ter sido levadas em consideração quando da formulação da referida lei. Essas especificações legais proporcionaram o surgimento de “*cooperativas fantasmas*” ou aquelas que servem como manipuladores da massa trabalhadora, com funções políticas e eleitoreiras. As leis vigentes também obrigam as cooperativas de garimpeiros a serem registradas como empresa de mineração ao requererem os regimes de concessão de lavra.

Em análise feita na documentação referente à área de Cachoeira do Piriá, em maio de 2003, no DNPM, em Belém, constatou-se que a garimpagem na região do Gurupi foi feita de maneira ilegal, pois não há reserva garimpeira definida e não foi feito nenhum pedido de lavra garimpeira. Segundo o DNPM, os trabalhos de garimpagem verificados atualmente estão também irregulares, pois não têm permissão dos órgãos competentes, no caso o DNPM e a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará (Sectam). No que compete ao DNPM, não há permissão da Lavra Garimpeira. Quanto às questões ambientais tais trabalhos infringem a legislação vigente, pois qualquer atividade que ponha em risco o meio ambiente só deverá acontecer mediante Licença Ambiental de Funcionamento e de Operação.

4.6 - QUESTÃO FUNDIÁRIA E A EXPANSÃO URBANA

As questões fundiárias no Brasil estão sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Reforma agrária - INCRA, que tem como compromisso principal estabelecer os rumos da política fundiária nacional. Os objetivos do INCRA são direcionar e garantir o acesso à terra a segmentos sociais distintos, resolver conflitos e organizar a ocupação do campo com uso racional dos recursos naturais e melhoria na qualidade de vida dos agricultores assentados. Esses últimos objetivos enquadram-se nos princípios básicos do desenvolvimento sustentável. Portanto, a política fundiária no país deve estar em sintonia com as proposições conceituais do modelo de desenvolvimento sustentável contidas no relatório Brudtland.

A região do Gurupi é marcada por dezenas de conflitos sangrentos envolvendo posseiros, grileiros, fazendeiros e agricultores ao longo de décadas. As disputas pela posse das terras da região já envolveram assassinatos de políticos, líderes comunitários, sindicalistas e empresários, até o surgimento de bandos de posseiros armados. A omissão histórica do poder público na região foi responsável pelos desmandos e pela falta de investimentos de toda ordem naquele espaço do território paraense.

A garimpagem só veio complicar ainda mais o quadro de caos fundiário, pelo qual passava a região na década de 80, pois além da luta pelo solo passaram também a existir conflitos e disputas pelo subsolo, aumentando ainda mais tensão na área. Segundo MIRANDA (1997), os conflitos mais comuns verificados em regiões de garimpo são:

- garimpeiros X empresas de mineração;
- garimpeiros X índios;
- garimpagem X expansão da fronteira internacional;
- garimpagem primitiva X novas tecnologias de lavra e beneficiamento;
- relações de trabalho;
- comercialização oficial X contrabando;
- degradação do meio ambiente;
- garimpagem em áreas urbanas.

A disputa e os conflitos nas áreas de mineração não são apenas pela terra, mas por território onde estão localizadas as jazidas. Essas disputas envolvem empresas, garimpeiros, índios, políticos e outros seguimentos da sociedade. Os conflitos de territorialidade podem ser entendidos como uma forma de estratégia que pode influenciar ações que controlam o espaço e o tempo (BECKER, 1990).

As informações aqui apresentadas foram levantadas no Instituto de Terras do Pará (ITERPA) e no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), superintendência de Belém, através do o gerente de operações da Região nordeste do Pará.

A Companhia de Desenvolvimento Agropecuário Industrial e Mineral do Estado do Pará (CIDAPAR) teve início com uma reclamação trabalhista proposta em 01/10/62, por Antônio Barbosa e outros, contra a empresa canadense *South American Gold Áreas LTDA*. A reclamação foi julgada procedente e, não sendo pago o valor da condenação, a execução recaiu sobre as propriedades que a empresa possuía ao sul do município de Vizeu, hoje Cachoeira do Piriá. Os bens foram arrematados em hasta pública pelo Sr. Moacir Pinheiro Ferreira, sendo-lhe passada a carta de adjudicação em 06/09/63. De posse dessa carta de adjudicação, foram propostas perante a Comarca de Viseu cinco ações demarcatórias, datadas de 17/11/64, visando definir os limites das cinco fazendas denominadas como:

- Fazenda Macaco
- Fazenda Piriá
- Fazenda Ariraima
- Fazenda Santa Maria
- Fazenda Gurupi - Mirim

Essas cinco fazendas tiveram origem em *Cartas de Sesmarias*, das quais apenas a que se refere à Fazenda Macaco foi confirmada, com 14.400 hectares. As cinco Sesmarias somadas chegariam a um total de 64.800 hectares, segundo a avaliação do Instituto de Terras do Pará (ITERPA). Assim, excluindo a área da Fazenda Macaco, restariam 50.400 hectares, que eram considerados meras posses sujeitas à legitimação, uma vez que quatro Sesmarias não tinham sido confirmadas. Mas, quando houve a solicitação das cinco demarcações, o solicitante já havia indicado uma área de 108.360 hectares.

Os erros e irregularidades marcaram a primeira fase do processo de demarcação. Um do juiz aplicou sentenças favoráveis aos solicitantes mesmo sabendo que havia informações duvidosas no processo. Houve ainda indícios de falsificação de assinatura do juiz que homologou a conferência de títulos de propriedade ao requerente e publicação de apenas uma vez, nos jornais, do edital reunindo as cinco ações, quando a lei estabelece no artigo 232, III do Código de Processo Civil, o mínimo de duas publicações para cada ação.

A segunda fase do processo iniciou-se em 28/08/68, com o ingresso da CIDAPAR nos autos, como sucessora de 92% das áreas demarcadas, adquiridas do Sr. Moacir Pinheiro Ferreira, que passou a deter apenas 8% do total das áreas e ocupou o cargo de Diretor - Presidente da CIDAPAR. Ressalta-se que o ingresso da CIDAPAR nos autos não veio respaldado em nenhum despacho do juiz.

O responsável pela comarca de Viseu prolatou as cinco sentenças homologatórias de divisão de imóveis, cujos trabalhos demarcatórios apuraram um total de 387.355 hectares, 79 ares e 50 centiares, excedendo 278.9995 hectares, 79 ares e 50 centiares. Desse total,

segundo constava nos autos, foi rateada rateados em favor da fazenda CIDAPAR uma área correspondente a 78.912 hectares 41 ares 50 centiares.

De acordo com a lei, nas ações demarcatórias e divisórias de terras que tenham como confinantes terras devolutas, é obrigatória a citação do Estado e da União Federal, a fim de expressarem seus interesses. A ausência dessa medida judicial torna o processo nulo. A condição *sine qua non* para propor a ação é ser o autor proprietário da área demarcada, e ser a propriedade devidamente comprovada. Nesse caso, o autor, Sr. Moacir Pinheiro Ferreira, não comprovou o domínio das terras. Apresentou a certidão de uma Carta de Adjução, sem caráter dominial. Outro agravante foi que as cinco ações foram julgadas por um *Pretor*, o qual, embora respondendo pela comarca de Viseu no impedimento do seu titular, não tinha competência para julgar tais ações, pelo fato de ter jurisdição limitada e não gozar das prerrogativas de Juiz de Direito, de acordo com o código judiciário do Estado, na época.

Em 1982, o Estado do Pará e o Governo Federal tiveram conhecimento dos fatos quando foram deflagrados litígios, os quais repercutiram nacionalmente. Foi então que a União requereu ao Tribunal Federal de Recursos a *Avocatória* dos autos das ações das demarcações e divisão de Terras, tramitadas pela comarca de Viseu, tendo sido deferido o pedido. Nesse mesmo ano, o Estado do Pará, através do ITERPA, requereu, também junto ao Tribunal de Justiça do Estado, a *Avocatória* dos citados processos, tendo sido também deferido o pedido. Diante desses fatos, foi criado um conflito de competência, que foi mediado pelo Supremo Tribunal Federal, que decidiu, em julho de 1983, que a competência para julgar a *Avocatória* era do Tribunal Federal de Recursos, para onde foram remetidos os cinco volumes das ações, os quais foram distribuídos como *Remessas de EX Ofício*. O Estado do Pará habilitou-se nos autos através do ITERPA. As cinco ações demarcatórias foram anuladas pelo extinto Tribunal Federal de Recursos, que as remeteu, aos autos à justiça Federal do Pará, para verificar se havia interesse da União nos feitos. As ações foram arquivadas por falta de preparo inicial. Os entraves burocráticos da justiça permitiram que a área fosse rateada e apropriada por várias empresas, entre elas:

- Banco DENASA de Investimentos S/A;
- Companhia de Desenvolvimento Agropecuário Industrial e Mineral do Estado do Pará (PROPARÁ);
- Sociedade anônima Agro-pastoril Grupiá;
- Grupo Oliveira & Real Agropecuária S/A Rural, Comercial e Industrial;
- Companhia Bangu de Desenvolvimento e Participação;
- WTP Urbanizadores Ltda;
- KLB São Paulo de Desenvolvimento Imobiliário e Construção Ltda;
- Residência Capitalização S/A.

Enquanto os processos estavam pendentes de decisões perante o Tribunal Federal de Recursos, o governo do Estado do Pará procurou negociar com as empresas adquirentes das terras, tentando minimizar os conflitos com os posseiros, mas as negociações não prosperaram, devido à intransigência dos dirigentes das citadas empresas. Isso fez aumentar a tensão social na área, culminando com o surgimento de um líder de trabalhadores sem terra, conhecido como “gatilheiro” Quintino, que liderou dezenas de posseiros em invasões de terras na região do NE do Pará. Esses atos chamaram a atenção das autoridades federais e estaduais, que o consideraram como inimigo do Estado e promoveram uma intensa caçada ao “gatilheiro” Quintino, até que ele foi assassinado pela Polícia Militar do Estado do Pará na área da gleba CIDAPAR - Cachoeira do Piriá.

Através do Decreto N° 96.060 de 20 de maio de 1988, a gleba denominada CIDAPAR foi declarada de interesse social para fins de reforma agrária, sendo então desapropriada pela União Federal como domínio incerto. Encontram-se os autos expropriatórios N° 90.331-8 perante a 3ª Vara da Justiça Federal, aguardando julgamento para que seja definido a quem cabe a indenização depositada em juízo.

Em 1993, o ITERPA, ao ser citado para integrar a lide na Ação de Desapropriação apresentou manifestação pleiteando o recebimento do justo preço, requerendo também o cancelamento dos registros de imóveis oriundos das ações demarcatórias que foram anuladas pelo Tribunal Federal de Recursos. Em razão deste pedido, a justiça Federal determinou que fosse expedido ofício ao cartório de registros de Imóveis de Viseu, objetivando o cancelamento desses registros. Nesse mesmo ano, a região sul do município de Viseu, que atualmente é o município de Cachoeira do Piriá, foi considerada pelo INCRA como área de assentamento para fins de reforma agrária.

A região foi dividida em três faixas territoriais denominadas de CIDAPA I, II, e III. A área que engloba a cidade de Cachoeira do Piriá, as áreas garimpadas e as áreas pertencentes às empresas de mineração estão incluídas no plano de assentamento CIDAPA I, cuja área é de 63.886.000 ha, com capacidade para assentar 2.890 famílias. A portaria de criação é a de número 03 de 05/01/1994. O ato de criação dessas áreas de assentamento no município de Cachoeira do Piriá pode ser entendido como irregular, pois a concessão de lavra dada pelo DNPM às empresas de mineração é da década de 40. Portanto, essas áreas deveriam estar individualizadas e fora do processo de assentamento, fato que não foi observado nas documentações consultadas no INCRA. A própria formação da cidade de Cachoeira do Piriá, que se encontra dentro das áreas de mineração, ainda remanesce da currutela garimpeira.

A cidade de Cachoeira do Piriá se formou seguindo o padrão das moradias garimpeiras, ou seja, vilas de quartos e casas em meio a bares, boates e pequenos comércios de gêneros alimentícios, caracterizando as currutelas. Por se tratar de um garimpo às margens

de uma rodovia, houve uma leve intenção de “urbanizar” a vila, criando quadras com ruas e travessas.

A concentração populacional se deu em todas as áreas garimpeiras da região, mas em Cachoeira a ocupação foi maior, chegando a uma população de 10 mil habitantes, devido a sua localização privilegiada às margens da rodovia BR-316, o que concentrava toda atividade comercial (bares, boates e comércio varejista). O comércio varejista é fraco, representado por pequenas mercearias que vendem os gêneros de primeira necessidade (feijão, arroz, açúcar, café, sabão, etc.). A feira-livre acontece diariamente, sendo que no sábado o fluxo comercial torna-se muito grande, devido à vinda de agricultores das colônias para a cidade.

Como infra-estrutura básica, a cidade possui energia elétrica ininterrupta, de responsabilidade da REDE CELPA. Na cidade existe ainda uma agência dos Correios, dezenas de telefones públicos da operadora TELEMAR, uma delegacia de polícia, um escritório do INCRA, um posto de saúde com uma ambulância - onde o médico consulta a população somente uma vez na semana, sendo os casos mais graves encaminhados para as cidades de Capanema ou Belém.

A intervenção feita pelo INCRA com o apoio da prefeitura gerou protestos da Empresa de mineração TVX, que recorreu ao DNPM, exigindo que fossem tomadas providências em relação às construções das casas, o que foi entendido como invasão de propriedade, pois a Portaria de Lavra que a empresa possui dá garantias de posse.

A cidade de Cachoeira do Piriá encontra-se atualmente em processo de expansão, porém limitada pelas áreas degradadas dos garimpos. A expansão da cidade está ocorrendo em áreas que requerem atenção das autoridades, como aquelas próximas às cavas, a igarapés, além de áreas cujas cotas topográficas são baixas e o lençol freático encontra-se em pequena profundidade. Em 1999, a prefeitura de Cachoeira, juntamente com o INCRA, firmou uma parceria para assentar dezenas de famílias que residiam na área rural e que manifestavam desejos de ter uma casa na cidade. Sendo assim, o INCRA financiou a construção de dezenas de casas populares dentro do perímetro urbano da cidade. O financiamento foi da ordem de R\$ 2.500,00 mais a mão de obra.

Segundo o DNPM, o INCRA e a prefeitura de Cachoeira foram informados, por meio de ofício, de que área onde estavam sendo construídas as casas pertencia à empresa detentora da Portaria de Lavra e que a mesma se encontrava na área, desenvolvendo pesquisas geológicas. Entretanto, representantes do INCRA na região informaram que na época da construção das casas não havia nenhuma informação sobre a área pertencer à empresa de mineração, o que estava em vigor era a Portaria de 03 de janeiro de 1994, que criou a CIDAPA I. Porém, admitem que, quando ficaram sabendo que a empresa era a proprietária da área, as casas já haviam sido construídas, mas garantiram que outros projetos

de construção e de financiamento de casas populares na cidade de Cachoeira do Piriá foram suspensos.

Embora a situação fundiária na área de Cachoeira aparente certa estabilidade existem fortes indícios de que esse quadro pode ser modificado nos próximos anos. Problemas que estavam erradicados no local voltaram a surgir, como a garimpagem. O retorno dos antigos garimpeiros à área deve desencadear protestos da empresa, pois esses garimpeiros negociaram suas saídas do local por meio de um acordo que teria envolvido um valor correspondente a 50 Kg de ouro, sendo o principal beneficiado o senhor Rosalvo. Outro fato que deverá levantar polêmicas é a localização e expansão da cidade de Cachoeira do Piriá, pois a cidade encontra-se dentro da área de concessão de lavra, e alvo potencial de exploração pela mineradora.

No início do ano 2000, a prefeitura de Cachoeira foi procurada pela mineradora para estudarem juntas a possibilidade de remanejamento da população para outra área próxima, pois haveria a possibilidade de se implantar um projeto para exploração do ouro. A empresa chegou a contabilizar somente os custos de indenização e de construção da nova cidade. Comparando-o com o potencial aurífero do depósito de Cachoeira, chegaram à conclusão que o projeto não seria viável devido aos possíveis custos com a transferência da cidade. Porém a empresa manteve as pesquisas no local, desenvolvendo-as até hoje. Portanto, a manutenção da cidade de Cachoeira do Piriá naquele local inviabilizou os projetos minerais que aqueceriam a economia local com a geração empregos, renda e receitas para o município através dos impostos sobre a atividade mineral.

A expansão da cidade e os pequenos investimentos em infra-estrutura são provas indubitáveis da permanência em definitivo da cidade de Cachoeira no local. Entretanto, à empresa de mineração caberá entrar em acordo com a prefeitura municipal, o INCRA e o DNPM, a fim de garantir seus direitos constitucionais ou estabelecer parcerias para uma solução sustentável para o conflito dentro de um novo paradigma de desenvolvimento que se vislumbra para a região de Cachoeira do Piriá (Figuras 4.13 e 4.14).

Ao longo da história, a intenção dos projetos de assentamentos sempre foi alojar famílias envolvidas em conflitos agrários ou vítimas de desapropriação por medidas judiciais. Os locais reservados para assentamentos via de regra situam-se em áreas de baixa aptidão agrícola, devido a problemas com o solo, terrenos irregulares com topografia acentuada, áreas de mata fechada e de difícil acesso para escoamento de produção. Dessa forma, torna-se difícil a prática da agricultura tradicional e inexecutável a agricultura sustentável.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986, determina a obrigatoriedade da elaboração prévia de Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para a criação de projetos de assentamentos. Porém essa medida legal não está sendo praticada pelo INCRA em nenhum lugar do Estado do Pará. Os

princípios do desenvolvimento sustentável não são aplicados em nenhum setor. O INCRA, principal gestor da política fundiária no estado, não dispõe de planos de assentamento que estejam baseados em princípios sustentáveis.

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.13. Novas habitações construídas próximo às cavas abandonadas

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 4.14. Áreas de expansão da cidade de Cachoeira do Piriá

A figura 4.17 sintetiza e individualiza na forma de os principais usos e ocupações do solo na área de estudo. Nesse sentido, essa caracterização pode ser interpretada como um *micro zoneamento geoambiental* de áreas próximas à cidade de Cachoeira do Piriá.

Figura 4.17. MAPA GEOAMBIENTAL DA ÁREA ESTUDADA

CAPÍTULO 5

INVESTIGAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL

5.1 - GARIMPAGEM E OS IMPACTOS NO MEIO FÍSICO

A mineração sempre foi vista como uma atividade que traz graves prejuízos para o meio ambiente, pois isso faz parte do princípio básico da mineração que diz "não se pode minerar sem remover montanhas". Dentro desse contexto, insere-se a atividade garimpeira. A utilização de equipamentos obsoletos e técnicas de extração rudimentares proporcionam uma baixa quantidade de minério extraída em relação ao volume de material movimentado, o que caracteriza a mineração como uma atividade de baixos lucros econômicos e altos custos ambientais.

A legislação pós-constituição de 1988 conceitua o garimpo como uma atividade econômica de lavra e beneficiamento de bens minerais com alto valor unitário que, pelas características dos depósitos onde ocorrem, prescindem de pesquisa prévia para ser desenvolvida. A Coordenação Nacional dos Geólogos, no Artigo 71 § 1, conceituou o garimpeiro, considerando-o aquele trabalhador que "produz bens minerais em reservas garimpeiras, em áreas objeto de Alvará de Pesquisa de garimpagem ou em áreas consideradas livres, em regime de economia familiar, sem empregados permanentes" (SCLiar, 1996).

O garimpo aparece como o grande vilão da questão ambiental na região Amazônica, por inserir no seu complexo ecossistema o mercúrio, um poderoso elemento químico, altamente tóxico que está contaminando os rios, solos, peixes e o homem. Além desses, outros impactos ambientais estão relacionados com atividade garimpeira na Amazônia, como os que afetam os meios físico, biológico e sócio-econômico.

HANNA & BATALHA (1995), atribuem a parte da culpa da degradação na Amazônia as mineradoras clandestinas, e alertam as autoridades, dissociarem a atividade garimpeira da mineração clandestina. Essa última é desenvolvida por empresas e grandes produtores de ouro, que utilizam os trabalhadores do garimpo como mão-de-obra escrava, assim fogem das responsabilidades tributárias e trabalhistas.

A lavra garimpeira, assim como outra atividade que causam impactos no meio ambiente devem desde o início implementar práticas, que mitiguem a destruição do meio

ambiente, durante os processos de lavra, e criem condições financeiras e técnicas para promover a recuperação das áreas degradadas.

As invasões de terras por garimpeiros representam o começo do processo de degradação do meio físico e do próprio jazimento mineral. Nesse sentido, cabe ao governo federal atuar sobre essa situação de forma emergencial, por meio de seus órgãos competentes, pois são eles que estão legalmente investidos do poder de polícia. Agir com rapidez poderá inibir ou controlar essas invasões que degradam um bem da união (SCLiar, 1996).

A atividade garimpeira deverá ser enquadrada nos princípios definidos pela constituição, respeitando os direitos dos garimpeiros dentro do que versa a lei. Porém, para aqueles que extrapolam os limites estabelecidos pela carta magna deverão ser penalizados nos rigores da lei vigente. As ações da atividade garimpeira em relação à legislação ambiental a torna incompatível com a conservação e o controle ambiental. Essa posição é devido à falta de planejamento, fiscalização e medidas preventivas e mitigadoras sem embasamento técnico (HANAN & BATALHA, 1995).

Segundo SCLiar (1996), a garimpagem deve merecer a atenção dos órgãos governamentais, no que concerne à discussão de seus problemas operacionais, pois essa atividade é importante produtora de bens mineral e geradora de empregos e renda. Portanto, deve ser respeitada e ter também seus direitos constitucionais assegurados e para cumprir suas obrigações. Para esse segmento da economia mineral, somente com fomento e apoio de instituições ligadas ao governo, como por exemplo, universidades poderão cumprir com maior eficácia e responsabilidade os papéis que lhes são atribuídos de disseminadores do desenvolvimento regional.

Investir em medidas preventivas e corretivas, que são instrumentos que condicionam as licenças ambientais nos órgãos responsáveis exige uma soma de recursos humanos e financeiros, que não estão disponíveis para a maioria dos garimpeiros. As dificuldades que se observa no cumprimento da legislação ambiental por parte dos garimpeiros, não está relacionada somente com a questão financeira, há também um componente sócio-cultural dos donos do garimpo, como por exemplo, organização do trabalho (tradição e analfabetismo); jurídico (burocracia e legislação) e técnico (tecnologia para pequena lavra e beneficiamento) e considera difícil à formulação de ações de políticas públicas para o setor mineral, antes de haver uma normalização entre as relações e regras entre as atividades legalmente constituídas e aquelas tidas como marginais ou informais (SCLiar, 1996).

As leis ambientais para o setor mineral no Brasil são classificadas como estando entre as melhores do mundo, sendo até rígidas demais para um país em desenvolvimento. O problema está no cumprimento dessas leis. Porém, MACHADO (1993) argumenta que as restrições ambientais na mineração no Brasil não estão no mesmo nível de outros países mineradores, principalmente os EUA e Canadá, não por negligência ou incompetência

governamental e sim por entender e reconhecer a importância da mineração no combate a pobreza, geração de emprego e renda, metas prioritárias estabelecidas para um novo modelo de desenvolvimento do país. “A legislação ambiental somente será verdadeiramente eficaz quando, respeitando as diferenças regionais, também respeitar as peculiaridades dos ecossistemas” (HANAN & BATALHA, 1997).

Nos garimpos não há uma responsabilidade plena dos autores da degradação, faz-se necessário à participação dos órgãos governamentais (federais e estaduais), no que se refere assistência técnica aos trabalhadores, promovendo a educação ambiental e subsidiando equipamentos que diminuam os impactos ambientais.

Na Lei nº 6.938 (Política Nacional do Meio Ambiente) defini meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (art. 3º, inciso I).

Segundo a Resolução do CONAMA nº 001, em seu Art. 1º - Para efeito desta resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultantes das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

HANNAI (1994) apresenta as principais Resoluções do CONAMA que afetam o setor mineral brasileiro:

- Exigência da elaboração do EIA/RIMA em todos os empreendimentos que possam degradar o meio ambiente principalmente aqueles relacionados com extração de recursos minerais, cujas diretrizes devem ser estabelecidas pelo (CONAMA), onde as concessões de lavra são autorizadas mediante a apresentação do (EIA/RIMA) aos órgãos competentes (Resolução nº 01 de 23/01/86)
- O controle da poluição das águas mediante sua classificação, de acordo com seus usos (Resolução nº 20 de 18/06/86);
- A resolução que dispôs sobre o licenciamento de atividade mineral (Resolução nº 08 de 15/06/89);
- O estabelecimento de critérios e padrões para emissão de ruídos, por qualquer atividade industrial (Resolução nº 01 de 08/03/90);
- A obrigatoriedade de licenciamento ambiental para operação e para pesquisa mineral, com exceção a lavra garimpeira (Resolução nº 09 de 06/12/90);

- A instituição de padrões de emissão de poluentes do ar, incluindo partículas totais em suspensão (Resolução nº 08 de 06/12/90);

Segundo FORNASARI FILHO (1992), “Meio Físico é o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, ou seja, materiais terrestres (solos, rochas, água, ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana”.

Para BITAR e FORNASARI FILHO (1990), “os processos que caracterizam a dinâmica do meio físico são processos erosivos (erosão pela água e erosão pelo vento), movimentos de massa (escorregamento e subsidência), processos deposicionais (sedimentação fluvial e costeira), escoamento e infiltração das águas superficiais”, ou seja, interação dos três ciclos naturais (água, solo e ar). A avaliação dos impactos ao meio físico na região de Cachoeira foi baseada nas metodologias propostas por BITAR *et al.* (1988) e LEITE *et al.* (1990).

No final dos anos 70, o processo de extração do ouro nos garimpos da Amazônia sofreu modificações nos meios de produção com a utilização de motores estacionários, movidos a óleo diesel no processo de lavra. Essa nova tecnologia acelerou o processo de degradação do meio físico nas áreas de garimpo. A degradação foi ocasionada pelo aumento do volume de material mobilizado, que chegou a crescer sete vezes em relação ao método manual (SANTOS, 1998).

A mineração é uma atividade de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Por outro lado, é considerada como uma das maiores responsáveis pela degradação ao meio ambiente, sendo que a atividade garimpeira é acusada de ser a responsável pela maioria dos danos ambientais. Isso tudo porque utiliza tecnologias rudimentares de exploração. Segundo AUMOND (1999), “as tecnologias rudimentares, agressivas e poluidoras cobram uma alta taxa de iniquidade ecológica por serem energívoras, sujas e ecodesequilibradas, além de não serem socialmente integradas”.

A garimpagem superficial em Cachoeira utilizou ao longo do tempo uma tecnologia rudimentar e de baixa produção, causando grandes danos para o meio ambiente. Dentre os equipamentos utilizados pelos garimpeiros os mais comuns foram mangueira com bico de jato (desmonte hidráulico), caixa pré-concentradora e caixa concentradora “*cobra fumando*”, moinhos com martelos ou britadores e bateias. Na exploração através de minas subterrâneas os equipamentos utilizados foram: pás, picaretas, explosivos (dinamites) e baldes e britadores.

A técnica de obtenção do ouro foi baseada no uso do “*mercúrio*” (amálgama e queima). O primeiro impacto ambiental ocorrido na região é representado pela devastação das florestas, iniciado ainda no século XIX, com os primeiros mineradores, e intensificando-se no

século XX, mais precisamente nas décadas de 30, 70 e 80 e continuam sendo executadas nos dias atuais.

Pretende-se neste capítulo caracterizar a degradação que o geoambiente da região de Cachoeira do Piriá vem sofrendo, ao longo das últimas décadas. Nesse local ocorreram importantes transformações de natureza antrópica, caracterizando-a como uma área em desequilíbrio ambiental, que teve como agente degradador a exploração de depósitos auríferos, através da atividade garimpeira.

5.1.1 - IMPACTOS NO SOLO

5.1.1.1 - Composição química

Segundo MARTINS *et al.* (1994), os solos da região de Cachoeira caracterizam-se por terraços altos e relevo plano. O solo predominante é o hidromórfico em áreas mais planas e convexas dominam lateritas hidromórficas normais, por vezes relacionadas com podzólico vermelho amarelo, latossolo amarelo, areia quartzosa vermelha, amarela e concreções lateríticas. Nas áreas côncavas, predominam lateritas hidromórficas baixas. No centro-sul e noroeste, dominam os pediplanos cristalinos e metassedimentos, relevo plano e levemente ondulado, com declives fortes (>45%). Os solos dominantes são os concrecionários litólicos.

Na área de Cachoeira do Piriá, a composição química dos solos foi estudada a partir dos mesmos pontos utilizados para a determinação do mercúrio, na mesma fração granulométrica. Para a análise dos metais, reduziu-se o número de amostras de 19 para 12, dando prioridade àquelas dentro da cidade, em que os teores de mercúrio foram altos e em pontos afastados, onde havia nítida mudança na litologia. Assim sendo, foram individualizados os solos, derivados de 5 grupos de rochas:

- Grupo 1 - Seqüência Vulcano sedimentar alterada (Pts. 1, 2 e 15),
- Grupo 2 - Lateritas (Pts. 3, 7, 11B e 14B),
- Grupo 3 - Sedimentar (Pts. 5 e 16),
- Grupo 4 - metamáficas (Pt. 4) e
- Grupo 5 - Félsicas intrusivas (Pts. 17 e 17b).

As tabelas 5.1 e 5.2 mostram as distribuições dos elementos-traço e dos principais óxidos nos solos das áreas urbana e rural de Cachoeira do Piriá. Foram analisadas 11 amostras, obtidas do horizonte A, e uma (17B), correspondente ao horizonte B de cada perfil estudado.

TABELA 5.1. CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇO EM AMOSTRAS DE SOLOS

GRUPOS LITOLÓGICOS	ELEMENTOS-TRAÇO (mgKg ⁻¹)						
	Cr	Co	Cu	Ni	Zn	Pb	Zr
GRUPO 1	1311	20	95	412	37	24	218
GRUPO 2	688	21,5	114	116	190	39	933
GRUPO 3	112	3,5	17	16	15	10	681
GRUPO 4	190	33	212	115	68	18	405
GRUPO 5	269	7	46	42	22	24	326

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

TABELA 5.2. TEORES MÉDIOS DOS PRINCIPAIS ÓXIDOS NOS SOLOS

GRUPOS LITOLÓGICOS	ÓXIDOS (%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
GRUPO 1	66,0	12,7	11,8	0,54	0,03	0,02	0,05	2,0	1,6	0,08
GRUPO 2	46,7	15,7	16,7	0,16	0,10	0,37	0,05	0,12	3,0	0,37
GRUPO 3	80,0	7,2	3,5	0,25	0,01	0,05	0,05	0,51	1,1	0,05
GRUPO 4	39,0	16,0	25,0	0,17	0,21	0,13	0,05	0,03	4,1	0,22
GRUPO 5	64,3	16,8	6,1	0,58	0,01	0,03	0,14	1,37	0,8	0,04

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Segundo HORBE (1996), a maioria dos solos que apresenta as colorações amarelada, amarela-avermelhada e avermelhada, encontrados na Amazônia, assenta sobre crostas ou restos de crostas lateríticas ferro-aluminosas, sílico-ferruginosas e aluminosas.

Os elementos Mg, Ca, Na e K apresentam teores baixíssimos, produto dos processos de alteração e da intensa lixiviação, sendo as rochas submetidas ao longo do tempo geológico. O K apresentou concentrações maiores de 1 ppm nos grupos das rochas vulcano sedimentares e das félsicas intrusivas.

O Ti apresentou altas concentrações em quase todos os grupos. As maiores concentrações foram encontradas nos grupos das rochas máficas e das lateritas. Enquanto as menores estão relacionadas com os grupos de solos derivados de rochas sedimentares e ígneas félsicas. TRABACH (1993), diz que o Ti encontrado nas lateritas de Cachoeira do Piriá é oriundo da rocha matriz.

Os teores de Fe e Al estão relacionados aos processos supergênicos de alteração. TRABACH (1993) concluiu que o Fe encontra-se enriquecido na parte superior de todos os perfis estudados. HORBE (1996) mostrou que o processo de desferrificação da base para o topo dos perfis derivados de crostas ferro-aluminosas é intenso, devido à dissolução total da

hematita. Uma parte do ferro dissolvido precipita formando AL-goethita e outra parte é lixiviada, provocando a destruição da crosta. O Fe lixiviado ao longo do perfil ocorre na forma de Fe^{3+} .

Segundo NEWMAN e BROWN (apud HORBE, 1996), a intensa formação desse tipo de ferro promove um acréscimo no teor de Al_2O_3 , devido à maior abundância da gibsita, em detrimento a caolinita. Portanto, os baixos teores de ferro encontrados nas amostras de Cachoeira podem corresponder a essa afirmação.

O Zr e o Cr são os elementos-traço que se apresentam com maiores teores. Segundo HORBE (op. cit.), ao se transformar em matriz argilosa, as crostas e o solo derivado delas tem um aumento no teor de Zr que pode estar na forma de zircão. Daí as altas concentrações apresentadas por esse elemento, em todos os solos derivados de lateritas. Enquanto o Cr pode estar relacionado às rochas máficas e ultramáficas, que fazem parte da geologia da área, e que, segundo TRABACH (1993), corresponderiam a rochamãe das lateritas (Figura 5.1).

Os elementos Ni e Cu são também elementos associados Às rochas máficas e ultramáficas e as rochas lateríticas. As suas maiores concentrações foram, preferencialmente, nos grupos 2 (lateritas) e grupo 4 (metamáficas).

O Zn apresenta concentrações baixas na maioria dos pontos. Porém, uma amostra apresentou teor de 190 mgKg^{-1} . Esse valor deve corresponder à parte do perfil laterítico (horizonte saprolítico), onde o Zn normalmente é mais enriquecido em todos os pontos amostrados. Co e Pb apresentam as menores concentrações e com teores homogêneos.

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.1. CONCENTRAÇÕES DE ELEMENTOS TRAÇO NOS DIFERENTES SOLOS

5.1.1.2 - Mudanças topográficas

O método do desmonte hidráulico das formações rochosas, feito por jatos d'água com alta pressão, conhecido como "par de máquinas" ou bico jato, sendo acompanhado de uma mangueira "chupadeira" (maraca). Essa forma é a mais usada principalmente em locais escarpados, ravinas dos morros e colinas, e em pequenas depressões nas margens dos igarapés. A técnica consiste em desagregar as rochas (metassedimentos alterados), com a força do jato d'água e posteriormente todo o material desagregado é transportado até as caixas concentradoras com o auxílio de uma mangueira impulsionada pelo motor diesel (Figuras 5.2 e 5.3).

Figura 5.2. Método do desmonte hidráulico sendo praticado

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.3. Chegada do material lamoso na caixa pré-concentradora

Esse modo de exploração tem um poder de devastação muito grande e rápido, consumindo enormes extensões de terras. É o responsável pela mudança brusca na topografia, pois o surgimento de crateras provoca o assoreamento das drenagens em consequência do grande volume de material desagregado que é transportado para os cursos d'água. Nas áreas

onde são usadas essas técnicas, são comuns os escorregamentos de terras, tudo porque os jatos d'água são utilizados no sopé das encostas provocando a instabilidade dos taludes.

Uma outra forma de exploração do ouro que causou graves prejuízos à população da cidade de Cachoeira foi às minas subterrâneas, feitas para explorar os veios de quartzo mineralizados. Para a exploração desses veios, foram construídas várias galerias com 40m de profundidade e cerca de 100m na horizontal, seguindo as direções preferenciais dos veios. Para o desmonte desses veios foram utilizados explosivos (dinamite), sendo o material retirado da mina com o auxílio de baldes de metal. Em seguida foram submetidos à trituração em britadores mecânicos e lavados com mercúrio sendo os rejeitos lançados no meio ambiente aleatoriamente. As minas subterrâneas, dentro da área urbana de Cachoeira, provocaram uma série de problemas ambientais relacionados com o uso de explosivos. As constantes detonações feitas várias vezes ao dia, levaram ao desabamento de uma escola. As vibrações eram muito fortes, capazes de serem sentidas a dezenas de metros. Muitas casas tiveram problemas estruturais, como trincas e rachaduras. Era comum, na época, haver abatimentos dos tetos das galerias, causando a morte de garimpeiros. Outra alteração provocada pelas minas subterrâneas foi à interceptação e alteração do nível freático (Figura 5.4).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.4. Garimpagem por meio de Minas Subterrâneas em Cachoeira

Dentro do perímetro urbano de Cachoeira e em áreas próximas a cidade foi encontrada, cavas abandonadas, umas secas e a maioria alagada. As cavas medem aproximadamente 10 metros de profundidade e cerca de 40 metros de diâmetro, e outras menores medindo 6 metros de profundidade e 10 metros de diâmetro. Existem cavas que se encontram secas, pois tiveram a água retirada por garimpeiros, que voltaram a trabalhar nelas recentemente. Pelo tamanho das cavas, pode-se estimar que um grande volume de material contaminado foi lançado no meio ambiente (Figuras 5.5, 5.6 e 5.7).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.5. Cava recente produzida por minas subterrâneas

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.6. Cava abandonada no perímetro urbano de Cachoeira

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.7. Lagos antigos, da década de 80, na porção sul da área

5.1.1.3 – Mercúrio

O mercúrio apresenta as seguintes características químicas: peso atômico; 200,59, número atômico, 80; densidade $13,59\text{g/cm}^3$ a (20°C) ; funde-se a $-38,9^\circ\text{C}$, e seu ponto de ebulição é $357,3^\circ\text{C}$. Sua principal ocorrência na natureza é na forma de sulfeto, HgS (Cinábrio). Os principais países produtores de mercúrio são os Estados Unidos da América, Rússia, Espanha, Itália, México e Canadá. Ele é empregado mundialmente nas indústrias de cloro; soda e pesticidas. Além disso, é largamente empregado no processo de amalgamação do ouro nos garimpos.

A forma na qual o mercúrio ocorre na natureza influencia o seu comportamento no meio ambiente. Para LINDQVIST (1985), *apud* FERNANDES (1997), são três as principais formas de ocorrência do mercúrio:

- Hg^0 - mercúrio elementar - Alta pressão de vapor e baixa solubilidade em meio aquoso;
- Hg (II) - mercúrio inorgânico bivalente - afinidades com compostos orgânicos e inorgânicos que contenham enxofre (S);
- CH_3Hg^+ - Metil mercúrio - forma mais perigosa para o meio ambiente, devido ao seu longo processo de degradação, podendo ser acumulado em organismos vivos.

Segundo FERNANDES (1997), o mercúrio participa de vários ciclos da natureza, geralmente complexos e interligados, os quais envolvem muitos casos de conversão por transformações físico-químicas. As transformações físicas dizem respeito a absorção ou a condensação de gases de mercúrio, através de aerossóis, dissolução na atmosfera por água na fase líquida e congelamento de partículas de aerossol encontradas nas gotas de nuvens. Já as transformações químicas estão relacionadas ao estado de valência do Hg , que sofre alterações por reação de redox. Para o autor são dois os principais ciclos do mercúrio:

Ciclo atmosférico - deriva da conversão no solo e na água, onde o Hg (II) passa para $\text{Hg}^0_{(s)}$ e metil mercúrio, e posteriormente torna a oxidar na atmosfera Hg^0 para outras formas solúveis em água, sendo então depositado. Esse ciclo caracteriza-se por reter Hg^0 por um longo tempo na atmosfera, permitindo assim o seu transporte para longas distâncias. Ciclo aquático/biológico - caracteriza-se pela formação e acumulação em organismos.

Segundo MASON *et al*, (1994), tanto as fontes naturais como antropogênicas emitem Hg^0 para atmosfera, o mercúrio elementar (Hg^0) é transportado na forma de gás sendo o mercúrio que predomina para a dispersão do Hg para a superfície da Terra. A

maioria do Hg depositado nos oceanos é retornada para atmosfera e ambientes terrestres.

As formas mais comuns de emissão de mercúrio para o meio ambiente são as seguintes:

- Fontes antropogênicas - mineração, queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa, indústrias, agrotóxicos. Segundo MASON et. al. (1994), 70 a 80 % das emissões corridas para a atmosfera são de fontes antropogênicas;
- Fontes naturais - atividades vulcânicas, emissões do solo, rochas, oceanos e vegetação.

O mercúrio foi usado pela primeira vez na América Latina ainda no século XVI, pelos espanhóis, quando da devastação das minas peruanas (GALEANO 1980, apud BRUSEKE, 1993).

NRIAGU (1993), aponta a possibilidade das minas espanhola de prata na América do Sul serem responsáveis pelo aumento da concentração do background no ambiente global, pois no período de 1587 - 1820 a mineração de prata na América do Sul foi responsável pela liberação para o meio ambiente de 180 a 705 toneladas de mercúrio por ano.

Uma outra linha de pesquisa que vem sendo desenvolvida nos últimos anos é a formação de complexos orgânicos não metilados em reação de Hg metálico com ácidos orgânicos dos solos, influenciando na mobilização do Hg. SILVA *et al*, (1993) mostraram que os agentes geoquímicos (matéria orgânica e óxidos hidratados de ferro) adsorvem o mercúrio iônico do meio aquático, controlando de forma natural a concentração e com isso inibe o processo de metilação. VILLAS BOAS (1997) associa o mercúrio com sedimentos finos devido a presença de óxidos hidratados de ferro e alumínio.

A transformação do Hg (II) para metil mercúrio acentua a mobilidade do Hg para o meio ambiente. A complexação do Hg com ácidos húmicos decresce com a diminuição do pH. A presença dos ácidos húmicos acentua drasticamente a solubilidade do Hg⁰, com sedimentos minerais de superfície. (MELAMED *et al*, 1997, MEECR *et al*, 1998).

O uso do mercúrio na mineração do ouro e da prata é uma tradição de longo tempo na América Latina. Hoje em dia a Amazônia brasileira ainda destaca-se no uso do mercúrio em garimpos de ouro (JERNELOU & RAMEL, 1995).

Dos 19 pontos (perfis) amostrados na área de Cachoeira, cerca de 63%, ou seja, 12, foram coletados no perímetro urbano cuja finalidade é de estabelecer o alcance e a magnitude da contaminação atmosférica pelo mercúrio, pois era na cidade de Cachoeira que se encontrava a maioria das casas de queima de amalgama e de fundição de ouro, priorizando os

locais próximos às fontes de emissão. As concentrações de Hg encontradas no solo da área estudada estão apresentadas na tabela 5.3 abaixo:

TABELA 5.3. CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO NOS PERFIS DE SOLO ÁREAS URBANA E RURAL

LOCALIZAÇÃO	CONCENTRAÇÕES Hg (mgkg ⁻¹)	
	HORIZONTE A	HORIZONTE B
Pt. 01 - Zona Rural	0,12	0,13
Pt. 02 - Zona Rural	0,03	0,02
Pt. 03 - Zona Rural	0,25	0,23
Pt. 04 - Zona Rural	0,25	0,21
Pt. 05 - Zona Rural	0,07	0,08
Pt. 06 - Zona Urbana	4,20	2,87
Pt. 07 - Zona Urbana	4,35	3,31
Pt. 08 - Zona Urbana	3,56	2,57
Pt. 09 - Zona Urbana	0,61	0,40
Pt. 10 - Zona Urbana	0,32	0,26
Pt. 11 ^a - Zona Urbana	4,28	2,22
Pt. 11b - Zona Urbana	1,93	10,02
Pt. 12 - Zona Urbana	4,72	4,60
Pt. 13 - Zona Urbana	3,31	2,41
Pt. 14 ^a - Zona Urbana	5,04	3,20
Pt. 14b - Zona Urbana	30,27	22,52
Pt. 15 - Zona Urbana	0,01	0,01
Pt. 16 - Zona Rural	0,09	0,08
Pt. 17 - Zona Rural	1,74	4,26

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

As concentrações de mercúrio na maioria dos perfis estudados mostraram uma tendência de enriquecimento no horizonte A. Os maiores valores foram registrados em perfis localizados dentro da cidade de Cachoeira. Teores anômalos de 10,9 mgkg⁻¹Hg e de 30,0 mgkg⁻¹ Hg correspondem a locais próximos às antigas instalações de casas de compra de ouro. Em todo os pontos com alta concentração de Hg, o horizonte B apresentou valores aproximados aos encontrados no horizonte A, o que demonstra o alto grau de contaminação desses locais. As concentrações de Hg nesses perfis revelaram uma diminuição acentuada à medida que aumentavam as distâncias das fontes.

Segundo MASON *et al.* (1994) e FERNANDES (1997), as concentrações de mercúrio próximas ao solo podem sofrer variações de proporção devido ao transporte irregular pelo vento. Dessa forma, a dispersão horizontal se torna maior que a dispersão vertical. Isso tem como consequência maiores concentrações de mercúrio próximas às fontes de emissão. TWIGG (1997), acredita que cerca de 50 a 60% do total de mercúrio perdido acontece durante a queima, onde para cada grama de ouro recuperado um grama de mercúrio é liberado

para atmosfera. Quando a queima é realizada em ambiente fechado, o risco de contaminar outras pessoas é muito maior, haja vista que o vapor de mercúrio pode ficar concentrado em paredes, telhas e em objetos de uso doméstico como panelas, pratos e louças em geral (CUNHA, 1997).

Foram amostrados locais afastados da zona urbana de Cachoeira. Nesses pontos, os teores no horizonte A variaram de $0,03 \text{ mgkg}^{-1} \text{ Hg}$ a $1,74 \text{ mgkg}^{-1} \text{ Hg}$. Esse último valor refere-se ao ponto 17, que apresentou aumento considerável de teor no horizonte B, passando para $4,26 \text{ mgkg}^{-1} \text{ Hg}$. Esse perfil está localizado no setor norte, em uma área cuja vegetação é típica de floresta nativa em estágio inicial, próxima à base do morro Cansa Perna. Segundo um morador da área, o local não foi utilizado pela garimpagem. Porém, acima do ponto amostrado foram encontrados grandes blocos de rochas félsicas, indicando uma possível movimentação de material, pois na área estudada, esse tipo de rocha é comum em subsuperfície. Sendo assim, esses valores podem confirmar que no local houve atividade garimpeira e, conseqüentemente, a emissão de mercúrio no meio ambiente. Portanto, o solo analisado seria produto de antigos trabalhos no local.

SIOLI (apud SILVA, 1996) mostra que o mercúrio precipitado da atmosfera sobre coberturas vegetais atinge rapidamente os solos devido à incidência de chuvas, neblinas, orvalho e de características ácidas regionais. Essas variáveis descritas pelo autor são típicas da região amazônica. Portanto, essa afirmação pode ser também considerada, uma vez que a situação do local não está definida quanto a sua utilização ou não pelos garimpeiros.

SILVA (op. cit.) analisou amostras de saprólito, derivados de metassedimentos do fácies xisto-verde, na região de Poconé, onde encontrou os teores variaram entre $0,06 - 0,24 \text{ mgkg}^{-1}$ considerando esses resultados como normais. Segundo o autor esses valores não representam contaminação do solo na área.

Na maioria dos perfis analisados na área de Cachoeira do Piriá as concentrações de Hg foram maiores no horizonte A e diminuíram no horizonte B. Em alguns casos essa queda foi de cerca de 50%. Esse fato vem comprovar que o mercúrio no solo tem baixa mobilidade vertical, sendo retido geralmente nos primeiros 20 cm do solo.

O resultados apresentados na tabela 8 demonstram que a contaminação do solo por mercúrio, na área de Cachoeira, concentra-se preferencialmente na zona urbana. Quanto maior a distância do ponto de amostragem da cidade, menor a concentração de Hg, pois os maiores teores dentro da cidade estão relacionados diretamente com a proximidade dos antigos locais de fundição de ouro e queima de amálgama. Em relação à dispersão atmosférica do mercúrio na área de Cachoeira do Piriá, pode-se dizer que foi fraca, alcançando poucos metros da fonte de emissão. Os valores anômalos foram encontrados muito próximos às referidas instalações (Figuras 5.8 e 5.9).

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.8. TREND DAS CONCENTRAÇÕES DE Hg NO HORIZONTE (A) DOS SOLOS EM CACHOEIRA DO PIRIÁ. OBSERVAR OS ALTOS TEORES NA ZONA URBANA EM DESTAQUE.

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.9. CONCENTRAÇÃO DO Hg NO HORIZONTE (A) DAS ZONAS URBANA E RURAL

5.2- IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

5.2.1 - ÁGUAS SUPERFICIAIS

5.2.1.1 - Assoreamento

As drenagens na área de Cachoeira exibem até hoje as marcas da intensa degradação impostas pela atividade garimpeira, provocando a coloração amarelada das águas e pouca fluidez, devido ao assoreamento crítico de alguns igarapés. Os sedimentos de fundo tem coloração amarelo-alaranjados, devido às formações superficiais - lateritas, que dominam grande parte da área e onde estão encaixados os veios de quartzo mineralizado a ouro. O Igarapé do Macaco é a maior drenagem da área, corre na direção norte rumo ao rio Pirirá e é de regime perene, embora no verão o volume d'água diminua a cerca de 50%, por causa do desmatamento de suas margens e da alta taxa de sedimentos que recebe das drenagens menores, bastante poluídas. (Figuras 5.10 e 5.11).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.10. Igarapé da Represas fortemente assoreado

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.11. Detalhe da coloração da água devido à presença de sedimentos em suspensão

5.2.1.2 - Composição química dos sedimentos de corrente

Para a determinação de elementos-traço em sedimentos de corrente na área de Cachoeira foram analisadas 24 amostras retiradas de pontos utilizados para a determinação do mercúrio (Hg). A redução no número de amostras deveu-se aos critérios relacionados com os níveis de Hg encontrados, características físicas dos locais e grau de degradação das drenagens. A tabela (5.4) mostra os resultados das concentrações dos elementos-traço nos sedimentos de corrente.

TABELA 5.4. CONCENTRAÇÕES DE ELEMENTOS-TRAÇO EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

DRENAGEM E SETORES	ELEMENTOS-TRAÇO (mgkg ⁻¹)					
	Cr	Co	Cu	Ni	Zn	Pb
Ig. Currutela (sul)	980	101	153	295	73	55
Ig. Represa (sul)	867	100	120	388	69	45
Ig. Manéca (sul)	254	29	32	95	69	8
Ig. Vila (sul)	986	434	134	712	74	22
Ig. Manelão (norte)	260	37	97	100	103	24
Ig. Vermelho (norte)	1795	13	148	143	55	47
Ig. Túnel (norte)	587	118	75	191	58	19
Ig. Embratel (norte)	55	66	178	71	364	26
Ig. Macaco	31-876	5-60	6-152	9-306	<8-88	7-24

FONTE: Raimundo Norato do E. S. dos Santos

A partir desses resultados, foi possível identificar dois grupos de elementos-traço, que apresentaram comportamento distinto nas drenagens estudadas. O primeiro é representado pelos elementos Cr, Ni e Cu. Esses elementos apresentaram, em sua maioria, concentrações elevadas, principalmente o Cr, seguido pelo Ni e pelo o Cu, com valores de médios a altos, por vezes superiores a 200 mgkg⁻¹. Segundo TRABACH (1993), o cromo é o elemento traço com maior teor no perfil laterítico, sendo enriquecido principalmente na Crosta Laterítica, cuja concentração fica acima de 500 mgkg⁻¹. Os altos teores de cromo encontrados nos sedimentos podem ser produto de processos de lixiviação de rochas metamáfica e metaultramáfica, que formam a geologia da área (Figuras 5.12 e 5.13).

O segundo grupo de elementos-traço é constituído pelos elementos Co, Zn e Pb. As suas concentrações foram, em geral, baixas, com apenas alguns pontos isolados com teores elevados, podendo caracterizar uma anomalia. Dentre esses elementos, o Pb foi o que se apresentou mais homogêneo em relação aos seus teores, seguido do Co, que apresentou quatro valores acima de 100 mgkg⁻¹, sendo que no setor sul uma amostra registrou o valor de 434 mgkg⁻¹. Quanto ao Zn, três amostras apresentaram concentrações acima de 100 mgkg⁻¹,

sendo que em uma delas a concentração foi de 364 mg kg^{-1} . Nas demais, os valores ficaram na faixa de 50 mg kg^{-1} .

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.12. CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS-TRAÇO NAS DRENAGENS ESTUDADAS

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.13. CONCENTRAÇÕES DE ELEMENTOS-TRAÇO AO LONGO DO Ig. MACACO

Os elementos-traço nos sedimentos de fundo das drenagens estudadas na área de Cachoeira do Piriá estão relacionados com as litológicas nas quais estão hospedadas as mineralizações de ouro. O intemperismo das rochas e principalmente a atividade garimpeira são responsáveis pela liberação dos elementos químicos.

A velocidade e o volume do material trabalhado determinam o grau da concentração dos elementos traço, que são introduzidos no meio ambiente, através das composições químicas dessas rochas. As concentrações dos elementos-traço nos sedimentos de fundo da área de Cachoeira do Piriá estão relacionadas com a localização dos pontos de garimpagem e a topografia. Na área de Cachoeira, a maioria dos garimpos localizou-se principalmente, no saprólito comum com veios de quartzo e no saprólito mosqueado. A localização desses garimpos contribuiu para a concentração dos elementos-traço nas drenagens estudadas, pois são mobilizadas grandes quantidades de sedimentos, derivados das rochas desagregadas pela atividade garimpeira.

5.2.1.3 - Mercúrio nos sedimentos corrente

A principal fonte de emissão de mercúrio para o meio ambiente no Brasil é atividade garimpeira, principalmente na região Amazônica. Segundo PFEIFFER, et al. (1990), os garimpos contribuem com cerca de 11% da emissão global. A técnica de recuperação do ouro nos garimpos está baseada no uso do mercúrio (amálgama e queima), que é a única forma mais rápida e disponível aos garimpeiros.

A maior parte do mercúrio utilizado no serviço da garimpagem na Amazônia é liberada para o meio ambiente. Segundo LACERDA & SOLOMONS (1992), já foram lançadas cerca de mil toneladas de mercúrio metálico no ecossistema da região da Amazônia. O mercúrio está presente nos serviço de garimpagem na Amazônia em 3 (três) fases distintas: extração, concentração e queima (MARTINELLI 1988, VILAS BOAS, 1997). Na fase de despescagem, há uma perda de 20%; durante a queima do pré-concentrado ainda no baixão, são liberados cerca de 75%; e, finalmente, na queima nas casas de compra de ouro, há liberação de 5% (MATHIS *et al.*, 1997).

Os principais casos de contaminação por mercúrio conhecidos no mundo aconteceram no Japão e no Canadá, nas décadas de 50 e 60, devido à ingestão de peixes e mariscos (PFEIFFER *et al.*, 1990).

Segundo SILVA (1988), existem duas maneiras pelas quais o mercúrio entra em contato com os seres vivos. A primeira se verifica quando é lançado na forma metálica nas drenagens, reagindo com bactérias pseudomórficas no habitat limnológico, transformando-se em “dimetil e metil mercúrio”; e através dos peixes, alcançando a cadeia trófica. Essa forma de contaminação ocorre ainda na fase de desmonte e concentração, pois alguns garimpos, na tentativa de concentrar com maior rapidez o ouro, adicionam o mercúrio diretamente no barranco, inserindo o metal tóxico no meio ambiente.

A outra maneira, e talvez a mais perigosa para o garimpeiro está relacionada com a queima do amálgama, pois a quantidade de vapor de mercúrio altamente tóxico

liberado é muito alta. Boa parte é inalada pelo trabalhador que está executando o serviço, trazendo consequências graves e imediatas a sua saúde. Quando a queima é realizada em ambiente fechado, o risco de contaminar outras pessoas é muito maior, haja vista que o vapor de mercúrio pode ficar concentrado em paredes, telhas e em objetos de uso doméstico como panelas, pratos e louças em geral. Uma das principais vias de exposição é inalação do vapor de mercúrio, poeira e particulados (CUNHA, 1997) (Figura 5.14).

Figura 5.14. CICLO DO MERCÚRIO NOS GARIMPOS (Fonte: GRANATO, 1991)

A penetração do mercúrio nas células se dá na forma iônica (Hg^{2+}) sofrendo redução posterior para mercúrio elementar (Hg^0), vindo a se transformar em dimetil mercúrio na forma de enzima ou não. Quando o meio é alcalino, ele migra para água e atmosfera. Porém, se o meio for ácido, há conversão em monometilmercúrio, que permanece na água, sendo absorvido pelos peixes entrando na cadeia trófica. Para o mercúrio ser incorporado pelos organismos vivo é necessário que haja disponibilidade de metil-mercúrio (HgCH_3) no meio ambiente. A sua concentração aumenta de acordo com a escala alimentar - herbívoros $\rightarrow$ carnívoros (FERNANDES, 1997).

T4057

Para PFEIFFER *et al.* (1990), o processo de metilação do mercúrio acontece na maioria dos casos em processos biológicos. Porém, a metilação pode ocorrer sem a presença de organismos vivos, bastando para isso, que haja alta concentração de ácidos fúlvicos e húmicos no meio aquático.

Segundo COUTO *et al.* (1988), os principais sintomas causados pela inalação do vapor de mercúrio são "gosto metálico, pitiatismo, perda de memória, insônia, irritabilidade, excitabilidade, ansiedade, perda de confiança em si mesmo, sonolência, tremores, fibrilação muscular, irritação pulmonar, alucinações, melancolia suicida, psicose maniaco depressiva, comprometimento ocular, distúrbio gastrointestinal e comprometimento renal".

A maioria dos estudos sobre a contaminação do mercúrio na Amazônia é concentrada ainda em amostras biológicas, principalmente peixes e seres humanos. Dentre eles destacam-se os trabalhos:

HACON *et al.* (1997) onde avaliaram a contaminação do mercúrio através do consumo de peixes em Alta Floresta (MT), VASCONCELOS *et al.* (1999) estudaram o mercúrio em cabelos de populações indígenas do parque do Xingu, onde o mercúrio encontrado é na forma de metilmercúrio tendo como causa a ingestão de peixes contaminados, GUIMARÃES *et al.* (1999), determinaram mercúrio total em sedimentos, peixes, sangue e cabelos em duas áreas no estado do Amapá, os teores de mercúrio foram altos nas amostras de peixes, sangue e cabelos. Algumas pessoas já apresentam sintomas de problemas neurológicos. Crianças e mulheres grávidas foram aconselhadas a não comerem peixes piscívoros ou espécies menores.

As concentrações de mercúrio total nos sedimentos das drenagens da área de Cachoeira do Piriá serão apresentadas de acordo com a subdivisão da área de trabalho feita durante o procedimento de amostragem. Iniciando com as amostras do setor sul, posteriormente o setor norte e finalizando com o igarapé Macaco.

A maioria das drenagens é caracterizada por apresentar baixa profundidade e estreita, com larguras variando de 70 cm em suas nascentes a 2 metros no seu médio curso. Essas drenagens são acompanhadas por diferentes tipos de vegetação. Nos igarapés utilizados pelos garimpeiros tem-se a presença de capins e macrófitas aquáticas, localizados nas áreas mais trabalhadas. Existem também, as vegetações de várzea, representadas por vastas áreas de palmeiras de açaí. Em áreas próximas às desembocaduras, têm-se geralmente pastos, plantações de juta e um pequeno trecho de mata ciliar relacionada com o igarapé Macaco (Figura 5.15).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.15. Drenagem com baixa profundidade e pouca energia de transporte

A subdivisão da área, feita durante o procedimento de amostragem, iniciando com as amostras no setor sul, posteriormente o setor norte e finalizando com o igarapé Macaco. As drenagens estudadas no setor sul foram o igarapé Currutela, igarapé Barriquinha, igarapé da Represa, igarapé da Vila e igarapé do Maneca. A tabela 5.5 apresenta os intervalos de concentração de mercúrio ao longo das drenagens avaliadas no setor sul. Os teores demonstram coerência em relação à participação nos trabalhos de garimpagem, ou seja, demonstram a contribuição do Hg pelo garimpo.

TABELA 5.5. CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO NAS DRENAGENS DO SETOR SUL DA ÁREA

DRENAGENS (NÚMERO DOS PONTOS AMOSTRADOS)	INTERVALOS DE CONCENTRAÇÕES DE Hg mgkg ⁻¹
Ig. CURRUTELA (1,2,3,4,5)	0,58 - 9,58
Ig. DA VILA (7,8)	0,63 - 0,67
Ig. MANECA (9,10)	0,14
Ig. REPRESA (11, 12, 13 e 16)	0,08 - 0,81
Ig. BARRIQUINHA (15)	1,57

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

As concentrações de mercúrio ao longo das drenagens avaliadas no setor sul tiveram em sua maioria um comportamento heterogêneo, ou seja, os teores apresentaram variações em cada ponto amostrado. Há registro de pequenos aumentos ao longo dos pontos amostrados. Ressalta-se que as amostragens deram-se das nascentes para as desembocaduras de cada igarapé. As concentrações de mercúrio no setor sul são mostradas na figura 5.16.

Fonte; Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.16. CONCENTRAÇÕES DE Hg NAS DRENAGENS DO SETOR SUL

No ponto 13, o menor teor encontrado pode representar a concentração natural das rochas do local (meta máficas, félsicas intrusivas e cobertura laterítica), pois se tratam de sedimentos recentes que estão sendo desagregados por garimpeiros. Esse teor foi considerado como o valor de *background* preliminar para os sedimentos da área, pois o desmonte hidráulico das rochas e a pré-concentração do material não está envolvendo o uso de mercúrio em nenhuma fase. As concentrações de Hg no igarapé Currutela comprovam a intensa utilização dessa drenagem nos trabalhos de garimpagem. Os impactos nessa drenagem, já apontavam para a ocorrência de altos teores de Hg.

No mapa de pontos, pode-se observar a intensidade da degradação em quase todo o percurso desse igarapé. Os valores encontrados no igarapé currutela foram os maiores do setor sul. As concentrações registradas nas demais drenagens desse setor corroboram as informações obtidas no local, sobre a participação de cada uma delas, na época mais significativa da garimpagem.

As áreas garimpadas no setor norte da área de Cachoeira encontram-se em cotas topográficas mais elevadas que as do setor sul. A exploração mineral deu-se principalmente em veios de quartzo, através de shafts e galerias na base dos morros. Enquanto o método do desmonte hidráulico - par de máquinas é utilizado nos saprolitos do perfil laterítico e nas áreas de planície de inundação.

As drenagens estudadas foram Igarapé Manelão, grota do Belarmino, grota da Torre da Embratel, drenagem do Túnel e Igarapé Vermelho. As concentrações de mercúrio no setor norte são mostradas na tabela 5.6 e na figura 5.15, respectivamente.

TABELA 5.6. CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO NAS DRENAGENS DO SETOR NORTE DA ÁREA

DRENAGENS E (NÚMERO DOS PONTOS AMOSTRADOS)	INTERVALO DE CONCENTRAÇÃO mgkg^{-1}
IG. MANELÃO (18,20,24,25,32)	0,14 - 0,59
IG. BELARMINO (21, 22 e 23)	0,22 - 0,73
IG. EMBRATTEL (26)	0,08
IG. VERMELHO (27, 28, 34)	0,97 - 1,52
IG. DOS TÚNEIS (30)	0,42

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.17. CONCENTRAÇÕES DE Hg NAS DRENAGENS DO SETOR NORTE

A concentração de Hg encontrada no ig. Embratel foi a mais baixa da área e se aproximou aos valores encontrados em sedimentos recentes Igarapé da Represa. Portanto, esses valores correspondem aos valores de *background*, para os sedimentos da área de Cachoeira, haja vista que as drenagens estudadas têm suas nascentes em locais de mesma litologia.

O setor norte foi bastante trabalhado pela garimpagem na década de 80. Apesar da intensidade da atividade, somente o Igarapé Vermelho apresentou valores correspondentes a uma grande utilização do mercúrio. Nas outras drenagens, as concentrações acima de 0,3

$\text{mgkg}^{-1}\text{Hg}$ foram pontuais ao longo de seus cursos. Um fato importante para se estabelecer o grau de contaminação da área foram os teores encontrados no igarapé Manelão, que, conforme verificado através de mapas e nos trabalhos de campo, foi à drenagem mais trabalhada e degradada do setor norte. Entretanto, a maioria das concentrações encontradas nesse igarapé foi similar às encontradas no igarapé Maneca, setor sul, que não foi utilizado pela garimpagem.

O igarapé Macaco tem suas nascentes localizadas ao sul do município de Cachoeira e percorre cerca de 30 km, no sentido S-N, até desaguar no rio Piriá. Dista aproximadamente 1,5 km da cidade de Cachoeira. Na porção oeste. Nessa drenagem não se têm notícias de realização de trabalhos de garimpagem. Porém, em seus pequenos tributários foram despejados dezenas de quilos de mercúrio e em alguns deles a garimpagem interferiu seriamente. Nessa drenagem, foram coletadas sete amostras, seis em pequenos bancos de sedimentos ao longo do seu leito e 1 em depósito de margem.

A tabela 5.7 mostra que variação ao longo do igarapé Macaco não é progressiva, ou seja, não há o aumento contínuo dos teores de um ponto para outro, apesar de recebido aporte de sedimentos oriundos das zonas garimpeiras.

TABELA 5.7. CONCENTRAÇÕES DE MERCÚRIO NOS SEDIMENTOS DO IGARAPÉ MACACO

IGARAPÉ MACACO	CONCENTRAÇÕES DE Hg (mg kg^{-1})
PONTOS AMOSTRADOS	
14	0,027
6	1,01
17	0,69
19 ^A	1,10
19B	0,76
29	0,97
33	0,54

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Dos pontos amostrados, seis foram dentro da área sob influência dos garimpos, e somente um (ponto 14) foi coletado a montante da região garimpeira. Essa área não recebe aporte de sedimentos provenientes dos garimpos. Nesse ponto, obteve-se a menor concentração de Hg para os sedimentos do igarapé Macaco. Por se tratar de uma área livre de contaminação, o teor registrado $0,027 \text{ mgkg}^{-1}\text{Hg}$, foi considerado como valor de *background* para os sedimentos do igarapé Macaco (Figura 5.18).

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.18. CONCENTRAÇÕES DO Hg AO LONGO DO IGARAPÉ MACACO

As concentrações tendem a aumentar nas proximidades das desembocaduras dos pequenos igarapés, como é o caso do igarapé Currutela. Mesmo nos trechos do igarapé onde se constatou a entrada de sedimentos contaminados, os maiores teores ficaram na faixa de $1,0 \text{ mgkg}^{-1}\text{Hg}$. Embora o igarapé Macaco seja o receptor de todas as drenagens impactadas pelos garimpos, os teores de Hg encontrados não registram um alto grau de contaminação nessa drenagem. Enquanto nas drenagens menores, que compõem a micro bacia do igarapé Macaco, as concentrações foram mais elevadas.

Para caracterizar a contaminação das drenagens da área de Cachoeira do Piriá foram utilizadas duas metodologias. A primeira está baseada em estudos realizados em rios da região amazônica. Alguns autores estabeleceram concentrações máximas de Hg aceitáveis para os sedimentos dos rios amazônicos, que os classificariam como não-poluídos. Dentre esses trabalhos, destaca-se o PFEIFFER *et. al.* (1989), que estipularam o intervalo de 0,05 a $0,29 \text{ mgkg}^{-1}$ como sendo concentrações normais de Hg de rios Amazônicos não contaminados. As concentrações de Hg encontradas nos sedimentos foram comparadas com outros trabalhos realizados nas mesmas drenagens da área de Cachoeira de Piriá, no caso o que foi elaborado por SOUZA (2000), que analisou somente os sedimentos das drenagens do setor sul do garimpo, utilizando a mesma metodologia para determinar o mercúrio total (Tabela 5.8).

TABELA 5.8. COMPARAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÕES DE Hg ENCONTRADAS NAS DRENAGENS DO SETOR SUL DA ÁREA

DRENAGENS	INTERVALOS DE CONCENTRAÇÕES Hg (mg kg ⁻¹)	
	SOUZA, 2000	ESTE TRABALHO
CURRUTELA	0,1 - 11,7	0,58 - 9,5
BARRIQUINHA	0,7 - 8,7	1,57
REPRESA	0,23 - 4,25	0,08 - 0,81
MACACO	0,02 - 3,13	0,02 - 1,1

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

As concentrações de Hg encontradas nos sedimentos das drenagens (Macaco, Currutela, Vermelho, Túneis, Vila, parte do Manelão (planície da empresa) e parte inicial da represa (próximo do sangradouro), enquadram-se na classe de rios amazônicos contaminados por mercúrio. Esses igarapés representam cerca de 80% do total de drenagens amostradas na área de Cachoeira). A segunda metodologia adotada foi o Índice de geoacumulação (Igeo). Trata-se de uma avaliação qualitativa da poluição por metais, inclusive o Hg, em sedimentos de fundo (MULLER 1979 apud RODRIGUES FILHO e MADDOCK, 1985). A expressão para o cálculo do Igeo é dada por:

$$I_{geo} = \log_2 C_n / 1,5 B_n$$

Em que

C_n é a concentração do elemento investigado em uma fração granulométrica específica; B_n é o valor de background desse elemento na mesma fração granulométrica.

O índice de geoacumulação pode ser caracterizado em 6 classes de contaminação:

Igeo < 1 ⇒ indica ausência de contaminação, concentração na faixa de 0,3 mgkg⁻¹

1 ⇒ configura uma leve contaminação, com valores próximos a 0,5 mgkg⁻¹;

2 ⇒ caracteriza uma contaminação baixa a média, com teores aproximados a 0,8 mgkg⁻¹;

3 ⇒ indica contaminação média à alta com valores maiores que 1,0 mgkg⁻¹;

4 ⇒ contaminação alta, com teores acima de 1,5 mgkg⁻¹;

6 ⇒ representa o limite máximo da contaminação.

O índices de geoacumulação encontrados para o mercúrio, em sedimentos de fundo da área de Cachoeira do Piriá, caracterizaram a contaminação de 5 das 11 drenagens estudadas (Tabela 5.9).

TABELA 5.9. ÍNDICES DE GEOACUMULAÇÃO DO MERCÚRIO PARA OS SEDIMENTOS

DRENAGENS	Background Hg mgkg ⁻¹	Igeo
CURRUTELA	0,08	>6
VILA	0,08	<2
BARRIQUINHA	0,08	<4
MANECA	0,08	<1
REPRESA	0,08	1
VERMELHO	0,08	<4
MANELÃO	0,08	<1
BELARMINO	0,08	<2
TUNEL	0,08	1
EMBRATEL	0,08	0
MACACO	0,02	>6

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Os igarapés Currutela e Macaco foram os que tiveram os maiores índices de geoacumulação, portanto são considerados altamente contaminados. As outras drenagens contaminadas são os igarapés Barriquinha, Vermelho e Belarmino, esses dois últimos na porção norte da área. As demais drenagens estudadas registraram índices baixos, que indicando contaminação fraca ou área sem contaminação.

A concentração de mercúrio em sedimentos na área de Cachoeira apresentou-se de forma variável, ao longo do curso dessas drenagens. Em algumas drenagens, as maiores concentrações ocorreram próximas as nascentes. Nesses locais, eram feitos os trabalhos de extração e beneficiamento do material retirado das cavas, bem como o desmonte hidráulico com uso freqüente do mercúrio em ambas as fases.

O registro de altas concentrações de mercúrio próximas às fontes de emissão, em Cachoeira, reforça a teoria de autores como RODRIGUES *et. al.* 1994, SILVA, 1996, REQUIEMES, 2003 e SOUZA 2000. Para esses autores, as condições físico-químicas dos rios amazônicos contribuem para a baixa mobilidade do mercúrio, fazendo com que ele se concentre próximo aos locais de rejeitos.

As condições físico-químicas das drenagens de Cachoeira correspondem a um ambiente de águas ácidas, tendendo para neutras, onde os valores de pH registrados variaram entre 5,3 a 6, 7, com valor médio de 5,9. O potencial de oxiredução (Eh) na área de Cachoeira não ultrapassa 240 mV. RAMOS e PEREIRA FILHO (1996), ao estudarem o diagrama Eh x pH, concluíram que as condições físico-químicas das águas, ideais para que aconteça a solubilidade do Hg seriam aquelas, em que o Eh estivesse na casa de 400mV. SOUZA (2000) analisou através do diagrama Eh x pH as drenagens da área de Cachoeira e concluiu que as

condições físico-químicas das mesmas não favorecem a dissociação iônica do mercúrio metálico, tornando-o estável, com baixa solubilidade - $<0,025 \text{ mgkg}^{-1} \text{ Hg}$. Portanto, as altas concentrações de mercúrio encontradas próximas às áreas trabalhadas em Cachoeira são produtos dos condicionantes físico-químicos locais (Eh e pH).

REQUIELMES (2003) aponta como causa da baixa mobilidade do mercúrio, em drenagens garimpadas no Equador o pH ácido das águas. A acidez do meio aquoso dificulta a mobilidade do mercúrio, fazendo com que a concentração se torne maior próxima às fontes de emissão.

Na área de Cachoeira, outras drenagens apresentam altas concentrações de mercúrio relacionadas a locais de baixa energia, onde há o predomínio de sedimentação fina. De modo geral, as drenagens de cachoeira estão assoreadas, com baixa profundidade e colonizadas por palmeiras de açaí, capins e macrófitas aquáticas. Essas características são conseqüências do quadro geomorfológico local, em que os sistemas de morros alongados e colinas arredondadas representam as maiores altitudes da área, com cerca de 140 metros.

Todas as drenagens estudadas nascem nesses sistemas e convergem para o igarapé Macaco, formando uma extensa planície aluvionar. Essas planícies tiveram seus volumes de sedimentos aumentados, devido aos trabalhos de garimpagem em suas nascentes dos igarapés.

Duas principais drenagens da área de Cachoeira, igarapé Currutela e igarapé Manelão são exemplos de áreas alagadas, onde há intensa presença de vegetação, principalmente nas planícies e nos seus leitos. Ressalta-se o caráter depurativo que a vegetação exerce na área de Cachoeira, sendo responsável pela deposição dos sedimentos finos enriquecidos com mercúrio, pois baixa a energia de transporte, permitindo assim a sua deposição.

No igarapé Currutela, a maior concentração de mercúrio se deu em uma área (alagada) colonizada por palmeiras de açaí, com águas praticamente paradas. Enquanto no igarapé Manelão a maior concentração foi registrada no final da drenagem, já na área de planície. O caminho percorrido pelos sedimentos desde a fonte de emissão (garimpos), na base dos morros até o igarapé Macaco, perfaz aproximadamente 2 km. Ao longo desse percurso, foram individualizados diversos tipos de espécies vegetais, principalmente localizados nos leitos das drenagens ou interceptados por elas como áreas de açaí, agrícolas e matas ciliares.

O igarapé Macaco não apresenta registro de sedimentação oriunda das áreas garimpadas. Suas águas são negras, límpidas, com muita matéria orgânica no fundo. Os sedimentos predominantes são areias. Porém, os sedimentos estão contaminados por mercúrio. Esse fato comprova que, embora o mercúrio seja pouco móvel e tenha solubilidade baixa, ele alcança o igarapé Macaco.

SILVA (1996) observou em Poconé, que nos períodos chuvosos aquelas drenagens que se encontram assoreadas, com baixa profundidade e pH ácido se transformam em rios com alta energia de transporte, inclusive com turbilhonamento das águas, contribuem para o processo de aeração dessas águas. A presença de oxigênio na água faz aumentar o pH e o Eh, criando condições para que ocorra a oxidação do mercúrio metálico, solubilizando-o e facilitando o transporte. Portanto, a contaminação registrada no igarapé Macaco vem acontecendo nos período de inverno (chuvoso), quando os sedimentos grossos e finos enriquecidos por mercúrio são carregados pelos igarapés em decorrência das chuvas torrenciais.

As concentrações de mercúrio total no igarapé Vermelho foram as maiores encontradas em sedimentos do setor norte. Esse fato confirma a intensidade dos trabalhos de garimpagem bem como uso do mercúrio nesse local. O ponto 27 (nascente) apresentou a menor concentração de Hg. Esse resultado poderia gerar certa surpresa, pois as maiores das concentrações de Hg da área foram encontradas próximas aos locais dos trabalhos de garimpagem. Entretanto, algumas características físicas do local, favorecem a baixa concentração: a altitude da área encontra-se em cotas topográficas superiores aos demais pontos amostrados, proporcionando ao terreno um desnível acentuando, que ocasiona o aumento da energia de transporte de sedimentos e mantendo os sedimentos (areias grossas) no local, baixa adsorção e evitando o acúmulo de sedimentos finos, que são responsáveis pela adsorção de metais. A concentração de Hg no igarapé vermelho está diretamente relacionada com o tamanho das partículas. Quanto menor a granulometria, maiores serão os teores.

VILLAS BOAS (1997) associa o mercúrio com sedimentos finos devido à presença de óxidos hidratados de ferro e alumínio. A formação de complexos orgânicos não metilados em reação de Hg metálico com ácidos orgânicos dos solos, influenciando na mobilização do Hg. Portanto, nesse local o predomínio de areias e a alta energia de transporte, que provoca mudanças físico-químicas e influenciam a concentração de Hg, são responsáveis por esses baixos teores.

A deposição de sedimentos finos só aconteceu nas áreas baixas (planícies) e em local onde a trama da vegetação funciona como barreira de sedimentos e onde a energia de transporte foi menor e a concentração do mercúrio se deu com maior intensidade, como verificado no ponto 28, onde se registrou a maior concentração do igarapé Vermelho. Esses valores encontrados nesta drenagem indicam a contaminação de seus sedimentos por Hg.

Embora o igarapé do Manelão seja a drenagem mais impactada fisicamente da porção norte, as concentrações foram relativamente baixas, mas enquadram-se dentro dos rios contaminados por Hg na Amazônia. Os teores de mercúrio encontrados nos pontos 20, 24 e 25 foram considerados baixos, pouco acima do valor de *background*.

O leito do igarapé está coberto por macrófitas aquáticas em toda sua extensão. O fundo dessa drenagem é marcado pela complexa trama de raízes, que dificultou os trabalhos de amostragem. A complexidade de suas raízes serve para reter o material particulado em suspensão e poderá absorver parte do mercúrio. As macrófitas aquáticas estariam adsorvendo parte do mercúrio metálico e transformando em metilmercúrio. Isso estaria ocasionando a diminuição do mercúrio metálico nesse local. Portanto, os baixos teores encontrados nos sedimentos de fundo do igarapé Manelão, podem estar associados com a adsorção do mercúrio por essas macrófitas.

Nas drenagens degradadas pela garimpagem é comum a presença de vários tipos de macrofitas aquáticas. Alguns autores as consideram como bio-indicadores de processos de transformação do mercúrio metálico para o mercúrio orgânico (metilmercúrio). MAURO *et al.* (1999), em trabalhos experimentais, consideraram alta a biodisponibilidade das macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*) no processo de metilação do mercúrio. Entretanto, LACERDA (1991) analisou os teores de Hg em macrofitas aquáticas (*Potenderia lanceolata*) na região de Poconé (MT), encontrando valores baixíssimos nas folhas e nas raízes, considerando o ambiente como sendo de baixa biodisponibilidade. Para SILVA (1996), as macrofitas aquáticas atuam como um depurador natural.

Os teores encontrados nos igarapés da Vila e Barriquinha são valores tidos como médios a altos, classificado-os como de ambientes contaminados. A contaminação dessas drenagens pode estar relacionada com processos atmosféricos, devido à queima do amálgama nas casas de compra de ouro, cujas localizações eram dentro da cidade de Cachoeira, próximas às nascentes dessas drenagens. E ainda, a contaminação teria acontecido através do solo contaminado por mercúrio que foi erodido, lixiviado e transportado para dentro desses corpos d'água.

As concentrações na grota da represa foram em média baixas, somente o ponto 11 registrou teores acima dos considerados limites de contaminação em rios amazônicos. Na época de franca atividade do garimpo, à área próxima a represa concentrava um grande número de barrancos e de trabalhadores. Esse valor foi o maior dessa drenagem e pode estar relacionado com processos de intemperismo. Os sedimentos seriam produtos da erosão e lixiviação das pilhas de rejeitos contaminados que formam as encostas que margeiam o igarapé. SILVA (1996) afirma que as drenagens podem ser contaminadas através da lixiviação do Hg em solo e seriam transportada por compostos orgânicos com baixo peso molecular - aminoácidos, aminoaçúcares e ácidos húmicos.

A maioria da exploração mineral no local deu-se por intermédio de minas subterrâneas, havia centrais de beneficiamento, próximos aos shafts e de pequenas drenagens. O rejeito contaminado era lançado diretamente nas drenagens. Essas drenagens

com baixa energia de transporte, devido ao assoreamento, gerava o acúmulo de sedimentos contaminados, elevando os teores nesses locais é o que se chama de “*efeito pepita*”.

Em Cachoeira, os altos teores de mercúrio estão relacionados com locais onde há o predomínio de sedimentos finos e em locais próximos as fontes de emissão. VILLAS BOAS (1997) associa o mercúrio com sedimentos finos devido à presença de óxidos hidratados de ferro e alumínio ocorre à formação de complexos orgânicos não metilados em reação de Hg metálico com ácidos orgânicos dos solos, influenciando na mobilização do Hg.

A maioria das drenagens diretamente afetada pela garimpagem apresenta as maiores concentrações e inclui-se na categoria de rios amazônicos contaminados. Porém, o igarapé Manelão não se enquadra nessa afirmação, apesar de sido muito trabalho pela garimpagem. As concentrações encontradas na área são diretamente relacionadas pelos fatores físico-químicos (pH e Eh). Esses influenciam de maneira decisiva a mobilidade do mercúrio no meio aquoso. Também as variáveis topografia e vegetação contribuem para a mobilidade e fixação do mercúrio.

Grande parte dos sedimentos contaminados ficou retida na extensa planície de inundação que se formou nas margens dos igarapés que foram garimpados. E a entrada de sedimentos contaminados no igarapé do Macaco, acontece nos períodos de chuva, quando há o aumento da energia de transportes das drenagens contaminadas e assoreadas. A baixa contaminação encontrada nas drenagens, onde não foram realizados trabalhos de garimpagem, pode está relacionada com o processo de erosão e lixiviação do solo contaminado para dentro delas. A contaminação verificada no igarapé do Macaco é proveniente dos garimpos localizados nas drenagens que desembocam no referido igarapé.

5.2.2 - ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

5.2.2.1 - Fontes de abastecimentos

Na área foram cadastrados 5 poços amazona (abertos), cujas profundidades variavam de 4 a 12 metros; 18 poços tubulares, sendo 16 com profundidades entre 12 e 14 metros e 2 poços com profundidades de 40 e 54 metros; e 4 cacimbas de 1 metro de profundidade.

Dos vinte e três poços cadastrados em Cachoeira do Piriá, cinco são do tipo amazona. A construção desses poços foi feita de maneira rudimentar, escavado com pás e picaretas, com profundidade variando entre 3 a 12 metros. Os poços escavados dentro da cidade são aqueles que possuem profundidade na faixa de 12 metros e estão localizados no topo dos sistemas de morros alongados. Enquanto, aqueles que apresentam profundidades

entre 3 a 7 metros foram escavados em áreas com altitudes baixas geralmente na base dos sistemas de morros, cuja topografia é suave com pouca declividade.

Na maioria das casas visitadas observou-se uma proteção pífia na boca do poço, representada por uma cerca de madeira com altura de aproximadamente 1 metro. Essa proteção é feita geralmente em poços cuja profundidade está acima de 7 metros. Nos poços com profundidade entre 3 a 7 metros não há proteção lateral, somente uma cobertura com tábuas, na forma de tampa, próxima ao terreno. Nesses poços são comuns as presenças de animais mortos e como consequência acontece o abandono.

As condições de construção e de conservação desses poços os transformam em fontes potenciais de contaminação. A fragilidade de proteção facilita a entrada de agentes poluidores através das águas pluviais e das raízes de plantas que carregam para dentro dos poços agentes contaminantes.

Para AGUIAR (2001), as qualidades físicas e operacionais dos poços tubulares (tempo de perfuração, profundidade, conservação, segurança e estabelecimento de perímetro de proteção) são fatores determinantes para a presença ou não de substâncias tóxicas em suas águas e que causem danos à saúde humana.

Segundo alguns moradores da cidade de Cachoeira do Piriá, no período de inverno, em dias de chuvas torrenciais, a água fornecida pela prefeitura apresenta coloração avermelhada, com muito material em suspensão. Em um outro relato o proprietário de uma serraria, na qual está instalado um poço tubular de 54 metros, também ocorre esse fenômeno.

A extração da água dos poços tubulares particulares é realizada por meio de bombas centrífugas, enquanto nos poços abertos, a extração é feita utilizando baldes. O abastecimento da cidade é feito através de uma bateria de 16 poços tubulares, conectados a uma bomba centrífuga, localizada no sopé de um morro. A água bombeada segue através de tubulações para uma caixa d'água, no alto desse morro, cuja capacidade é de 75.000 litros, e de lá é distribuída para grande parte das residências na cidade. Porém, esse serviço é bastante precário, que obriga parte da população desfavorecida do abastecimento a procurar alternativas para suprir suas necessidades diárias de água, como escavar poços, se utilizar de cacimbões e de pequenos igarapés (Figuras 5.19 e 5.20).

Fonte: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.19. Bateria de poços tubulares que abastecem a cidade

Fonte: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.20. Detalhe da proteção de um poço amazona

5.2.2.2 - Hidroquímica

Parâmetros Físico-Químicos

Dentro do estudo da sustentabilidade em áreas garimpadas, tem-se como fator relevante à verificação dos componentes físico-químicos da água consumida pela população. Sabe-se, que nas áreas onde não há um sistema de saneamento adequado, como no caso os garimpos, são freqüentes os problemas de contaminação, principalmente das águas subterrâneas, seja por meio das minas subterrâneas ou pela ocupação desordenada.

As medidas do pH foram realizadas para caracterizar as condições básicas, ácidas ou neutras das águas subterrâneas de Cachoeira. Na área m estudo o pH das águas demonstrou condições ácidas, variando de 5,1 a 5.6. Em um amostra no poço 2 tem-se o pH 6.4, o que indica uma tendência alcalina. Ressalta-se que o referido poço apresenta a maior

profundidade da área com 54 metros, enquanto nos demais as profundidades oscilam entre 4 e 14 metros.

A condutividade elétrica representa a quantidade de sais dissolvidos na água. Ela também pode ser usada, como indicador de alterações de composição e como definição de zonas de poluição. Nas águas subterrâneas é caracterizada pela dissolução de minerais contendo sódio e cloro. Nas amostras de Cachoeira, os valores variaram entre 21,5 a 168 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em duas amostras, poços 3 e 4, os valores ficaram acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nesses poços, foram registrados os maiores valores da condutividade, maiores concentrações de nitrato e os mais elevados teores de cloretos.

Segundo BLARASIN *et al.* (1999), a presença do nitrato, o aumento da salinidade e o íon cloreto são variáveis que comprovam a contaminação da água subterrânea por saneamento in-situ (fossas negras e sépticas). Portanto, os valores de condutividade elétrica nas amostras de águas subterrânea em Cachoeira funcionaram como um indicador de contaminação de aquíferos.

Concentrações dos íons maiores

Cálcio (Ca)

Os teores mais baixos de cálcio, ou seja, menores que 1 mg/L, foram encontrados na porção nordeste da cidade de Cachoeira. As profundidades dos poços estão na faixa de 4 a 7 metros. Em um dos poços, onde os teores de nitrato estão elevados, o cálcio registrou um valor de 19,9 mg/L. No poço, cuja profundidade é de 54 metros (poço 2), os teores alcançaram um valor de 8,2 mg/L, sendo o segundo maior valor.

INVERNIZZI (2001), ao estudar o comportamento desse íon no aquífero Botucatu, em São Paulo, encontrou teores na faixa de 1,48 a 9,53 mg/L, referentes às áreas onde o aquífero é livre. Nesse aquífero, o cálcio apresenta um aumento de teor em direção ao sentido do fluxo, pois segundo SILVA (2001) apud INVERNIZZI (2001), a ocorrência desse fato seria a dissolução de plagioclásio e de minerais secundários de rochas vulcânicas (basalto), no caso a calcita. Já o decréscimo seria pela precipitação de carbonato. SINELLI, 1979 apud SILVA, (2001) afirma que nos aquíferos livres é comum a precipitação da calcita (CaCO_3) devido à escassez de dióxido de carbono, o que acaba gerando uma alteração no equilíbrio químico. Enquanto nos aquíferos confinados geralmente o cálcio está presente em maiores quantidades. BITTENCOURT *et al.* 1991, apresentaram assembléias mineralógicas de alteração das rochas ultramáficas, metamáficas e máficas, que compõem a seqüência vulcano sedimentar de Cachoeira. Nessas assembléias, os minerais de calcita e dolomita estão presentes. Portanto, as maiores concentrações de cálcio registrada na área devem estar relacionadas com esses

minerais de alteração das rochas vulcânicas, haja vista que os minerais de calcita, dolomita e apatita, são as principais fontes de cálcio para as águas subterrâneas.

Magnésio (Mg)

O íon apresenta valores variando entre 0,6 a 6,4 mg/L. Os teores baixos entre 0,6 a 1,1 mg/L foram encontrados nos aquíferos rasos (4 a 7m), correspondente ao saprólito do perfil laterítico. Enquanto os teores na faixa de 6,4 mg/L foram encontrados nos poços localizados na parte alta da cidade, onde o solo corresponde à crosta laterítica ferruginosa. TRABACH (1993) afirma que as lateritas na área de Cachoeira tiveram origem a partir das rochas vulcânicas. Como é sabido, o magnésio é um elemento importante, pois é formador de rochas máficas e ultramáficas. Os teores médios de magnésio, encontrados nas águas subterrâneas em Cachoeira do Piriá podem está associado à presença desse elemento nas rochas metamáficas e metaultramaficas, possivelmente rochas komatíticas, que apresentam altos teores de magnésio em sua composição, sendo que na área há processos de alteração supergênicas que formaram as lateritas e conseqüentemente reduziram esses teores.

Potássio (K)

Dos 7 poços estudados, apenas em 3 foram detectados a presença do íon potássio. Os teores encontrados variaram de 0,5 a 7,8 mg/L. Nos poços 3 e 4, os teores registrados foram 2,7 e 7,8 mg/L, respectivamente. Esses poços estão localizados na parte superior da cidade, enquanto o poço 6, que registrou o menor valor, encontra-se em área topograficamente baixa e tem cerca de 7 metros profundidade. Segundo INVERNIZZI (2001), as baixas concentrações de potássio em águas subterrâneas estão relacionadas com a remobilização do íon, durante os processos de intemperismo, que resulta numa rápida adsorção pelos argilos minerais. Os baixos teores de potássio verificados na maioria dos poços em Cachoeira podem enquadrar-se na hipótese levantada por INVERNIZZI (op.cit), pois, como se tem conhecimento, na área estudada, os processos de intemperismo foram bastante atuantes. Há também uma hipótese para sua baixa concentração nas águas, que está relacionada a sua dificuldade de solubilização. O potássio encontrado nos poços 3 e 4 deve estar relacionado com a contaminação do nitrato e estaria na forma de sal, pois os valores da condutividade levam a essa possibilidade.

Sódio (Na)

Tem grande facilidade de formar íons monovalentes Na^+ , pois reage com a água e com o oxigênio, formando uma extensa cadeia de compostos (URSOLINO, 1998). As mais importantes fontes de sódio são os feldspatos albita e anortita. Os maiores teores de sódio (17,7 e 31,9 mg/L) foram verificados nos poços 3 e 4, respectivamente. Nesses locais foram

registradas as concentrações mais elevadas de nitrato (NO_3). Os menores valores (2,8 e 3,2 mg/L) foram encontrados nos poços abertos e rasos. Os teores de 6,3 e 6,7 mg/L correspondem aos poços tubulares, cujas profundidades são 14 e 54 metros. INVERNIZZI (2001), associa os altos teores de sódio nas águas subterrâneas a sua alta solubilidade e a facilidade que o mesmo tem de se desprender de minerais silicosos, como os feldspatos, que são abundantes em rochas basálticas.

Em Cachoeira, os valores 2,8 a 6,7 mg/L podem estar relacionados com a liberação do íon dos minerais silicosos, que constituem as rochas máficas e ultramáficas, que correspondem à geologia da área de Cachoeira. Entretanto, os valores de 17,7 e 31,9 mg/L, foram considerados altos e estão diretamente relacionados com os elevados teores de nitrato que se verificam nesses poços. A presença do nitrato nessas águas indica que o aquífero está sob influência de agentes externos, contaminantes de origem orgânica, cujas fontes são fossas negras, localizadas próximas aos poços. Sendo os excrementos de origem humana, é bem possível que o sódio se encontre na forma de sal, neste caso o cloreto de sódio (NaCl). Essa possibilidade é corroborada pelos valores de condutividade elétrica, que se mostraram altos nos dois poços e também nos elevados teores de cloreto verificados nesses poços.

Concentrações dos ânions

Cloreto (Cl^-)

O cloreto é um dos principais constituintes das águas naturais e um importante indicador de contaminação. Os poços estudados na área de Cachoeira do Piriá apresentam teores altos de cloreto acima de 6,0 mg/L. O poço 3 tem o maior teor da área com 46,2 mg/L. Esse valor é de origem antropogênica relacionado com as fossas negras, que estão contaminando o lençol freático. Esse poço apresentou o maior valor de condutividade elétrica $167\mu\text{S}/\text{cm}$ e que foi registrado o maior teor de nitrato com 13,9 mg/L. Quanto aos demais poços a concentração do cloreto pode estar relacionada com a sua alta solubilidade e o tempo de permanência nas águas subterrâneas.

Acalinidade (HCO_3^-)

A alcalinidade está relacionada com a presença de bicarbonato (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}). Associa-se também ao valor do pH com compostos carbonatados, sendo a seguinte relação: para $\text{pH} > 9,4$ a alcalinidade deriva de hidróxidos e carbonatos, pH na faixa de 8,3 a 9,4 tem-se ações de carbonatos e bicarbonatos e quando o pH estiver na casa de 4,4 a 8,3. A alcalinidade se deve somente ao bicarbonato. Os valores encontrados para a alcalinidade nas águas subterrâneas de Cachoeira variaram entre 4,0 a 44,1 mg/L. O maior teor foi verificado no poço 2, cuja profundidade é de 54 metros, localizado na porção leste da

cidade. Nesse poço o cálcio apresentou teor de 8,2 mg/L. Nessa profundidade o aquífero pode está relacionado com as rochas metamáficas e metaultramáficas alteradas, cujas alterações são marcadas pela presença de dolomita e calcita.

Sulfato (SO₄)

A presença desse ânion nas águas pode Ter relação com reações de contato com rochas que contém sulfetos na sua estrutura ou pela oxidação de sulfetos e de outros compostos sulfetados. Os poços localizados nas porções noroestes (8) e sudoeste (3) da área foram os que apresentaram os maiores teores de sulfato (3,3mg/L e 1,7mg/L respectivamente). Na porção nordeste o poço (7) apresentou teor de 1,49 mg/L. Nos demais poços estudados (1, 2 e 5), os teores variaram entre 0,74 mg/L a 0,91 mg/L. A presença do sulfato está relacionada aos processos de alteração supergênicas que dominaram toda a área de Cachoeira. As principais feições desse processo foram às rochas Lateríticas e alguns corpos gossânicos, ambas rochas contem muito ferro em sua composição química, principalmente na forma de sulfetos (piritas e arsenopiritas). A tabela 5.10 mostra os resultados das análises químicas de 7 poços utilizados pela população local.

TABELA 5.10. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONCENTRAÇÕES DOS ÍONS MAIORES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

POÇOS	PH	Cond. (μS/cm)	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Al mg/L	Fé mg/L
1	5,6	47,9	6,3	<0,5	2,8	3,2	0,01	0,08
2	6,4	75,3	6,7	<0,5	8,2	6,4	0,01	0,021
3	5,4	167	31,9	2,7	1,5	6,2	0,06	0,007
4	5,5	146	17,7	7,8	19,9	5,6	0,01	1,09
5	5,3	27	2,8	<0,5	0,3	0,9	0,07	0,170
6	5,3	26,5	5,6	0,5	0,8	1,1	0,04	0,070
7	5,1	21,5	3,2	<0,5	0,2	0,6	0,03	0,016

Fonte: Reimundo Nonato do E. S. dos Santos

Elementos traço

Os elementos-traço investigados foram o Fe, Mn, Co, Cu, Cr, Pb, Ni e Zn nas amostras analisadas não foram encontrados valores significativos desses metais. Em muitas delas, a maioria desses metais não foi registrada, ou seja, encontravam-se abaixo do limite de detecção dos aparelhos. O ferro (Fe) foi o único desses elementos que apresentou um teor, de 1mg/L, registrado no poço 4. Embora a zona urbana de Cachoeira encontre-se sobre rochas lateríticas, o ferro não apresentou concentrações altas. Isso ocorre devido ao seu enriquecimento nas partes superiores dos perfis lateríticos e ao seu empobrecimento quando se aprofunda no perfil. Como o aquífero estudado encontra-se no saprolito comum e mosqueado, tornam-se compreensivos esses baixos teores

5.2.2.3 - Classificação hidroquímica das águas subterrâneas

Para a classificação das águas subterrâneas na área de Cachoeira do Piriá, utilizaram-se amostras dos principais poços que abastecem a cidade. A tabela 5.11 mostra as concentrações dos íons dominantes, que foram plotados no diagrama de Piper (Figura 5.21).

TABELA 5.11. CONCENTRAÇÕES DOS ÍONS DOMINANTES NOS PRINCIPAIS POÇOS QUE ABASTECEM A CIDADE

POÇOS	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Cl ⁻ mg/L	HCO ₃ Mg/L	SO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L
1	6,3	0,5	2,8	3,2	10,2	20,7	0,9	0,5
2	6,7	0,5	8,2	6,4	9,5	44,1	0,7	0,3
5	2,8	0,5	0,3	0,9	11,5	16,0	0,7	0,2
8	5,8	0,4	1,7	2,6	6,8	4,0	3,3	0,3

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.21. CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS POÇOS QUE ABASTECEM A CIDADE DE CACHOEIRA DO PIRIÁ, SEGUNDO O DIAGRAMA DE PIPER.

Segundo a classificação de Piper, foi possível identificar dois domínios hidroquímicos distintos, para as águas subterrâneas na área de Cachoeira do Piria, caracterizados por águas bicarbonatadas magnesianas e cloretadas sódicas-magnesianas.

O poço 1 corresponde as águas provenientes da bateria de poços perfurados pela prefeitura municipal para o abastecimento da cidade, cujas profundidades variam entre 12 a 14 metros. O poço 5 é do tipo amazona, localizado distante da zona urbana e a sua profundidade é baixa cerca de 3 metros. Já o poço 8 localiza-se na residência do prefeito é do tipo tubular e encontra-se a 40 metros de profundidade e foi perfurado na zona urbana, predomínio dos sistema de morros alongados, sustentados pela crosta laterítica na porção superior e saprolito em profundidade. Nesses três locais, as águas foram classificadas como águas cloretadas sódica-magnésiana. Enquanto no poço 2 (tubular, 54 metros) águas bicarbonatadas magnesianas.

5.2.2.4 - Qualidade das águas subterrâneas

REBOUÇAS (1999) aponta como um dos principais problemas vividos pela humanidade nos últimos tempos, a crise da água, que vem se agravando devido ao aumento da demanda, cuja causa principal é o crescimento populacional que implica no consumo cada vez maior desse recurso. O aumento acelerado da população ocorre geralmente de forma desordenada em locais que trazem riscos tanto para o homem como para o meio ambiente. Sendo que as principais fontes de abastecimentos, os mananciais superficiais são os primeiros a sentirem os impactos da explosão demográfica, seja pela redução dos seus níveis e pela degradação (contaminação e poluição) de suas águas.

A investigação da contaminação da água subterrânea pode ser dividida em duas linhas de pesquisas: A primeira está relacionada com a natureza (tipo) do contaminante, ou seja, de suas características como solubilidade em água, densidade, biodegradação, relação com as litologias e sua permeabilidade no solo e reações químicas com outras substâncias que percolam em meio aquoso. A segunda linha refere-se as condições geológicas do meio, que é o fator determinante da proporção água e contaminante. O conhecimento geológico da área é fundamental para o estudo da migração dos contaminantes (AGUIAR, 2001).

Em relação aos temas poluição e contaminação ZAPOROZEC 1981 apud REBOUÇAS 1992, diferencia-os da seguinte forma: contaminação - é quando a degradação da água seja ela física, química ou bacteriológica ultrapassar os limites máximos aceitos pelos padrões de potabilidade. Enquanto, a poluição - ocorre quando a degradação da água fica abaixo de tais limites.

COELHO & DUARTE (2003) afirmam que a qualidade das águas subterrâneas pode ser modificada por ações diretas ou indiretas produzidas pelo ser humano. A causas

indiretas “resultam de substâncias naturais ou artificiais que são introduzidas no ciclo geoquímico pelo homem”. Enquanto as causas indiretas “são as mudanças de qualidade causadas sem interferência do homem. Àquelas que ocorrem devido a processos químicos, físicos, e biológicos naturais”.

FOSTER & HIRATA (1993) apresentam quatro importantes parâmetros que auxiliam na caracterização do risco de contaminação dos aquíferos:

- Propriedade do solo;
- Profundidade do solo e tipo de aquífero;
- Condutividade hidráulica;
- Tipo de carga contaminante, mobilidade, tempo permanência.

Na área de estudo essa premissa foi constatada, pois a descoberta de ouro na região contribuiu para aumentar o fluxo desordenado de pessoas para a cidade de Cachoeira do Piriá. Entre 1969 e 1981, a área ficou completamente “abandonada”, fato que favoreceu a invasão de centenas de garimpeiros. A ocupação do garimpo de Cachoeira se deu de forma rápida e desordenada, como na maioria dos garimpos da Amazônia. Centenas de famílias chegaram à região provenientes do Estado do Maranhão e de outros Estados da região nordeste. Em poucos meses, tornou-se a mais importante área garimpeira do NE do Pará e NW do Maranhão.

Ao percorrer as ruas, verifica-se que a cidade dispõe de pouca infra-estrutura. O abastecimento de água feito pela prefeitura é precário, forçando uma parcela da população local a captar água através de poços abertos. O saneamento básico não existe, o esgoto corre a céu aberto, (valas são comuns na frente das casas). Quase 100% das residências coletam seus dejetos em fossas biológicas, escavadas diretamente no solo, com pequena profundidade (Figuras 5.22, 5.23 e 5.24).

As consequências da atividade garimpeira e da explosão demográfica na área, para os recursos hídricos foram bastante negativas, tanto para águas superficiais como para as águas subterrâneas. Os impactos nas águas superficiais já foram discutidos em itens anteriores deste capítulo. Quanto aos impactos nas águas subterrâneas esses são objetos de discussão nessa oportunidade.

Os detritos sólidos (lixo) são coletados e depositados em um terreno próximo ao perímetro urbano, onde lá são queimados. A deposição aleatória desses resíduos, caba transformando-os em uma fonte potencial para contaminação do aquífero na área (Figura 5.25).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.22. Vista geral da primeira rua de Cachoeira do Piriá

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.23. Ruas do centro da cidade de cachoeira do Piriá

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.24. Estado precário de outra rua dentro da cidade

Fonte: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos
F

Figura 5.25. Queima de lixo próximo à cidade de Cachoeira

Para a qualidade das águas subterrâneas foram considerados os limites de potabilidade da água para o consumo humano estabelecidos pelo Ministério da Saúde, através da Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000.

5.2.2.5 - Compostos nitrogenados

A cidade de Cachoeira do Piriá, devido a sua origem, dispõe de importantes pré-requisitos negativos, para um potencial problema de contaminação de aquíferos, relacionados principalmente ao saneamento *In situ*. A forma precária das moradias está intimamente relacionada com caotização do sistema de saneamento da cidade. Nesse sentido, este estudo investigará as condições químicas das águas consumidas pela população local, onde o alvo da pesquisa será a concentração dos compostos nitrogenados nas águas subterrâneas. Também, serão investigadas as fontes de potenciais de contaminação.

O nitrogênio é um elemento muito abundante na atmosfera e na biosfera. Pode se apresentar tanto na forma orgânica como inorgânica, com grande mobilidade de alguns compostos e facilidades para formá-los, apresentando características distintas como o nitrogênio em estado gasoso (N_2), amônio (NH_4) amoníaco (NH_3) nitrito (NO_2), nitrato (NO_3). Essa seqüência caracteriza o processo de nitrificação. Por serem os principais contaminantes das águas subterrâneas, o nitrato e o nitrito são as formas que mais preocupam, pois se movem livremente através do aquífero. A deposição de dejetos humanos e os dejetos de animais representam as principais fontes de nitrogênio, relacionadas às atividades humanas. Valores altos do nitrogênio amoniacal e nitrito indicam que a fonte encontra-se próxima.

Os componentes inorgânicos (partículas de rochas e minerais, águas e sais) e os componentes orgânicos (excrementos), juntamente com os fatores ambientais (pH,

temperatura, etc.), constituem um biotopo, enquanto as atuações microbianas (bactérias e vírus), constituem a biocenose. As bactérias são de pequeno tamanho e têm grande velocidade de desenvolvimento, metabolizando diferentes substâncias que originam diferentes produtos. Existem aquelas, que utilizam matéria orgânica e são chamadas de heterotrofas. Têm-se também as que usam a energia química e são chamadas de autótrofas.

As bactérias nitrificantes são quimioautótrofas, e são elas que efetuam a transformação do amoníaco em nitrito (nitrosomonas) e do nitrito em nitrato (Nitrobacter). As bactérias desnitrificantes têm metabolismo aeróbico e podem sobreviver em meio anaeróbico, obtendo o oxigênio do nitrato. Essas características fazem com que as bactérias sejam capazes de modificar a qualidade das águas. Enquanto os vírus, não têm metabolismo e capacidade autônoma de movimento porque não geram mudanças na qualidade da água, mas podem ser um importante contaminante (BLARASIN *et al.* 1999).

Agentes contaminantes, dispostos em superfície ou a poucos metros dela podem atravessar os horizontes do solo não saturado e a zona capilar, vindo a atingir a zona saturada. O fluxo da água ou de produtos tóxicos que nela esteja presente vai depender especificamente da força da gravidade e da geometria dos poros. Enquanto que na zona saturada, o fluxo vai ser produto do gradiente hidráulico, que condiciona a área a ser percorrida pela substância tóxica (ABGE, 1998). A posição estratégica na qual se localiza a zona não saturada, entre a superfície e o nível freático, constitui a primeira barreira natural contra a contaminação das águas subterrâneas. A zona não saturada desempenha uma função importante no processo de depuração e atenuação dos agentes contaminantes (AGUIAR, 2001).

Nas águas subterrâneas, a presença de amônia com teores acima de $0,50 \text{ mgL}^{-1}$ indica que a mesma já está contaminada. Quando há o aumento do potencial redutor nas águas subterrâneas ocorre a desnitrificação, pois para respirar as bactérias se utilizam do oxigênio que estão presentes nos compostos nitrogenados, com isso o nitrato é reduzido para NO_2 - óxido de nitrogênio ou N_2 . Em águas superficiais a presença dos compostos nitrogenados é reduzida, pois determinadas plantas e bactérias reduzem nitratos para nitritos, porém o nitrogênio na forma de nitrito é oxidado para nitrato. Geralmente os teores nas águas superficiais encontram-se abaixo de $0,3 \text{ mg/ml}$ (CAVALCANTI, 1996).

O consumo de água com um alto teor de nitrato expõe a população a grandes riscos de adquirir enfermidades de natureza grave, dentre essas se têm: *Metahemoglobinemia* (cianose infantil) ou popularmente conhecida como “*síndrome do bebê azul*”. Essa doença é resultante do processo de desnitrificação de nitrato para nitrito, por meio de reações que podem ocorrer tanto no estômago como na saliva. No sistema digestivo, o nitrato se transforma em nitrosaminas. No estômago de crianças, de três meses de vida, são produzidas bactérias que atuam no processo de desnitrificação. Ao absorver o íon nitrito, o sistema gastrointestinal reage com a hemoglobina, oxidando o ferro de (Fe^{+2}) para (Fe^{+3}) , resultando na metahemoglobinemia,

que não é capaz de fixar o oxigênio, levando a anoxia - falta de oxigênio e até a morte do bebê por asfixia (Figura 5.26).

EXCRETAS

Figura 5.26. COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO EM SUBSUPERFÍCIE.
MODIFICADO DE (CAVALCANTI, 1999).

JACKS *et al.* (1999) afirmam que os maiores problemas relacionados com as áreas de fossas negras é a poluição por nitrato nas águas subterrâneas. Ao estudarem resíduos de antigas fossas abandonadas, constataram que somente 15 a 20% do nitrogênio ficam retidos e

o restante é infiltrado no solo. Se houvesse um processo de desnitrificação eficiente nessas fossas esse percentual seria de 30 a 70%. Os autores afirmam que a desnitrificação é um suporte importante para elevada razão dos isótopos de Nitrogênio nas águas subterrâneas e que cerca de 95% do nitrogênio excretado pelos seres humanos está presente na urina, devido ao consumo de sal contido nos alimentos.

Na área em estudo, foram analisadas sete amostras de águas, sendo cinco provenientes de poços abertos (amazonas) e duas de poços tubulares, cujas águas estão sendo consumidas pela população local.

As tabelas 5.12 e 5.13 mostram as concentrações dos compostos nitrogenados em dois períodos distintos. O primeiro, no final de novembro de 2001, marca praticamente o fim do período seco. O segundo, realizado em de julho de 2002, correspondendo ao início do verão, mas os níveis das águas encontravam se altos, ainda sob efeito do longo período de inverno.

As concentrações de nitrato apresentam comportamentos distintos para cada período investigado. No período que corresponde ao final do verão - Nov/2001, apresentou teores baixos, menores de 1mg/L para a maioria das amostras. Somente em dois poços abertos (amazona) foram registrados valores entre 5 e 7mg/L. Embora esses valores estejam acima dos demais estão abaixo do limite admitido pela Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde, que é de 10mg/L (PIRES, *et al.*, 2001). Os outros compostos nitrito e amônia, também se apresentam com valores abaixo dos limites de potabilidade (Tabela 5.12).

TABELA 5.12. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TEORES DOS COMPOSTOS NITROGENADOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COLETADAS EM NOVEMBRO DE 2001

Poços	PH	Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nitrato (NO_3^-) (mg L^{-1})	Nitrito (NO_2^-) (mg L^{-1})	Amônia (NH_4) (mg L^{-1})
01	5,6	49,1	0,5	0,004	0,01
02	6,4	80,6	0,3	0,003	0,03
03	5,4	169,2	7,8	0,021	0,07
04	5,5	147,5	5,0	0,012	0,15
05	5,3	29,5	0,2	0,003	0,02
06 ^a	5,3	26,4	0,3	0,001	0,01
06b	5,2	26,1	0,3	0,004	0,05
07	4,9	20,6	0,2	0,003	0,00

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Os dois poços onde foram verificados os teores anômalos de nitratos localizam-se em uma mesma rua, distantes um do outro apenas 50 metros. Ambos possuem profundidade de 12 metros, são abertos, mas utilizam bombas centrífugas para extração da água. O local é densamente povoado, trata-se de uma das primeiras ruas criadas na vila dos garimpeiros, onde se concentravam os bares, boates e o comércio varejista. Porém, os poços são

contemporâneos ao referido período. Próximos aos poços, têm-se a construção das latrinas com fossas negras, que são apontadas como a principal fonte de entrada dos compostos nitrogenados. No entanto, as profundidades das fossas não excedem aos 4 metros no solo - crosta ferruginosa ou o saprólito. Desta forma, os aspectos ambientais como a espessura e a granulometria da zona saturada, que controlam a quantidade de água por filtragem, adsorção e a entrada de nutrientes não estariam atuando de forma eficaz, pois à distância da base das fossas negras para o nível freático é de aproximadamente 12 metros. No entanto, tem-se a entrada do agente contaminante (Nitrato) na zona saturada, mesmo que ainda seja em baixa quantidade.

Ressalta-se, que os teores encontrados nesses poços não implicam em risco imediato à saúde dos moradores que fazem uso dessas águas. A concentração de 12.9 mg/L de nitrato encontrada no poço 3, representa um teor temporário, uma vez que foi obtido no período de inverno, pois durante o verão os teores de nitrato diminuem, pois o maior consumo de água desses poços acontece na época de verão (estiagem), quando há racionamento de água devido à diminuição do número de poços que abastecem a cidade, pela prefeitura ou quando da ocorrência de problemas na bomba responsável pela captação. Portanto, o consumo temporário da água não compromete a saúde dessas pessoas.

Para as amostras coletadas em julho de 2002, o nitrato apresentou elevação nos seus teores em todos os pontos amostrados .

TABELA 5.13. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E TEORES DOS COMPOSTOS NITROGENADOS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COLETADAS EM JULHO DE 2002

Poços	PH	Cond. (µS/cm)	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg L ⁻¹)	Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg L ⁻¹)	Amônia (NH ₄) (mg L ⁻¹)
01	5,9	46,7	1,8	0,004	0,0
02	6,3	69,8	1,5	0,004	0,02
03	5,1	167,0	12,9	0,005	0,04
04	5,9	145,0	7,1	0,002	0,06
05	5,5	24,5	1,4	0,003	0,02
06 ^a	5,4	26,5	1,4	0,004	0,0
06b	5,3	28,6	1,5	0,004	0,0
07	5,1	22,3	1,6	0,004	0,02

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Nas duas amostras onde foram registradas as maiores concentrações, na primeira etapa de campo, o nitrato alcançou em uma das amostras valor superior ao limite de 10mg/L. Na outra amostra houve também um acréscimo, mas o valor esteve abaixo do limite permitido. Nos demais pontos, os teores triplicaram, ficando em média na casa de 1.5mg/L. Nitrito e amônia mantiveram seus teores baixos. Esse fato torna-se mais evidente no período de Inverno

(chuvoso), pois a tabela 5.13 mostra um pequeno aumento nos teores de nitrato, que pode ter sido causado pela infiltração das águas das chuvas. Outro fator que pode estar facilitando a penetração dos compostos nitrogenados seriam fraturas, que no caso específico de Cachoeira, apresentam-se bem caracterizadas na direção N-S e N-NE (Figura 5.27).

FONTE: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.27. SAZONALIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O estudo da contaminação das águas em Cachoeira do Piriá, baseado no comportamento dos compostos nitrogenados, demonstrou que os teores de nitrato encontrados na água fornecida pela prefeitura e consumida pela maioria dos moradores não oferecem risco para a população. Os teores estão em um intervalo muito abaixo do limite permitido pela Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde e pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é de 10mg/L (PIRES *et al.*, 2001). Na mesma situação encontram-se os outros poços analisados nesse estudo.

Quanto ao nitrito e a amônia ambos apresentaram baixas concentrações, tanto no período de estiagem como no chuvoso. Esses dados confirmam que as reações químicas de nitrificação estão se processando por completo na zona não saturada. BLARASIN (1999), afirmam que a presença do nitrito é um bom indicador de que a redução do nitrato (desnitrificação) está sendo realizada.

Apesar de se encontrarem em locais vulneráveis, as águas dos aquíferos rasos entre 4 a 7 metros, dentro e fora da zona urbana de Cachoeira se mostraram adequados para

consumo. Entretanto, o crescimento urbano está se concentrando justamente nesses locais, onde o aquífero se encontra a poucos metros da superfície.

O adensamento populacional nesse local, que teve origem na formação do garimpo, e as várias construções dessa forma de saneamento (latrinas e fossas negras), podem estar gerando em um espaço reduzido (rua da alegria), uma concentração de pequenas fontes de contaminação das águas subterrâneas.

Nos poços afastados da zona urbana, ou seja, sem adensamento populacional os teores encontrados foram baixos apesar de não apresentarem nenhum mecanismo de proteção. Sendo assim, pode-se concluir que os teores anômalos de nitrato estejam relacionados com fontes oriundas das áreas urbanas, que nesse caso seriam as fossas negras.

Os poços que apresentaram os maiores teores de nitrato encontram-se localizados no perímetro urbano da cidade, no setor mais antigo no qual teve início, a vila dos garimpeiros. Nesses poços, foram encontradas concentrações relativamente altas de sódio (Na^+), íon cloreto (Cl^-) e da condutividade elétrica. Esses parâmetros confirmam a origem antrópica, relacionada diretamente com a precariedade do sistema de saneamento.

O tamanho dos terrenos, as construções primitivas das latrinas e a precariedade do serviço de abastecimento de água, levaram os moradores a construir tanto o poço como a fossa negra, nesse pequeno espaço. Desta forma, a contaminação do aquífero é iminente, quando o mesmo encontra-se a baixa profundidade em locais de alta densidade populacionais e mais antigos dentro da cidade de Cachoeira. Outros fatores como o número de fossas desativadas, fraturamento das rochas e a proximidade com os poços fazem dessa fonte a principal forma de contaminação dos aquíferos rasos (Figuras 5.28, 5.29 e 5.30).

A água fornecida pela prefeitura (poço 01) apresenta boas condições de potabilidade. Apesar da localização em cotas baixas e da pouca profundidade dos poços, entre 12 e 14 metros, e não se registrou nenhum indicio de elevação dos teores dos compostos nitrogenados. Próximo ao local de captação, não há residências em um raio de 300 metros. Pode ser essa a condição que esteja garantindo a boa qualidade da água.

Desde a sua formação, a cidade de Cachoeira do Piriá não dispõe de nenhuma forma adequada de coleta de esgoto. O saneamento *in situ* é o sistema que vem sendo utilizado pela população, desde a época dos garimpos. O saneamento "*in situ*" ocasiona aumentos na forma de nitratos nas águas subterrâneas, através do processo de decomposição da matéria orgânica presente nos esgotos e em restos vegetais tem-se a produção de amoníaco e amônia, dependendo das condições do pH do meio. Em relação aos poços que apresentaram os teores de nitratos superiores aos da maioria, pode-se afirmar que essas concentrações são conseqüências do saneamento *in situ* (fossas negras e sépticas), nesse setor da cidade.

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.28. Latrinas junto a poços, principal fonte de contaminação.

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.29. Uso freqüente dos poços amazonas dentro da cidade

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 5.30. Moradores utilizando os poços amazonas

5.3 - OUTRAS LINHAS DE INVESTIGAÇÕES DE PASSIVOS AMBIENTAIS NA ÁREA

Neste trabalho procurou-se caracterizar os impactos negativos inerentes à atividade garimpeira. Na área de Cachoeira do Piriá a investigação concentrou-se nos impactos mais evidentes e que trazem maiores conseqüências para a comunidade local. Entretanto, para um diagnóstico ambiental completo de uma área ou região deve-se procurar sempre abranger um número maior de variáveis a ser investigada. Dessa forma, reconhece-se que outras áreas do conhecimento como a Sociologia, Economia, Botânica, Pedologia, Veterinária e Medicina, devem fazer parte de um estudo mais aprofundado na área, contribuindo assim, para extensão do conhecimento sobre a abrangência dos impactos ambientais produzidos pela atividade garimpeira em uma determinada região. As linhas de pesquisas apresentadas terão os seguintes papéis dentro do contexto investigativo:

Os estudo socioeconômicos constam de levantamentos das condições sociais, nível de escolaridade, número de filhos, renda familiar, profissão, naturalidade, tempo de trabalho no garimpo. Analisa ainda a infra-estrutura do local como fornecimento de água, luz elétrica, transporte, saúde, segurança saneamento básico. Do ponto de vista econômico identificar qual atividade produtiva sustenta a economia da área ou região.

A Botânica assume um papel muito importante dentro de uma área garimpada, pois a presença do mercúrio no solo e sedimentos de corrente faz surgir a necessidade de avaliar o grau de contaminação das plantas que estejam nascendo nas áreas degradadas ou que estejam sendo cultivadas em locais onde foram constados altas concentrações de mercúrio. A finalidade dessa investigação é classificar as espécies vegetais de acordo com os níveis de absorção do mercúrio, sendo alvos as espécies agrícolas de interesses comerciais, principalmente.

Em relação à Pedologia, estudos detalhados das propriedades físico-químicas dos diferentes tipos de solo para definir zonas propícias para cultivo, necessidades de correção do solo e citar as espécies recomendadas para cultivo.

No que concerne aos estudos de Medicina Veterinária devem ser voltados para a verificação de mercúrio em animais, dentro da área de influencia do garimpo, pois em locais onde foram realizados trabalhos de garimpagem tem-se atualmente, a criação de gados, galinhas, cabras e porcos. Esses animais fazem parte da cadeia alimentar do homem e são bastante consumidos na área, haja vista o baixo consumo de peixes, devido a contaminação por mercúrio ter sido confirmada. Portanto, a verificação do mercúrio em outras espécies animais é de grande contribuição.

Quanto as pesquisas sobre o mercúrio em seres humanos esses foram iniciados no ano de 2000, pelo Instituto Evandro Chagas, em Belém do Pará. Os materiais utilizados nas análises foram amostras de cabelos e amostras de sangue de ex-garimpeiros e da população

da cidade. Parte desse material já foi analisada em laboratório, porém os resultados oficiais sobre o nível de contaminação das pessoas, bem como a quantidade de contaminados, não foram divulgados. No entanto, as pesquisas se limitaram a caracterização do grau de contaminação das pessoas, deixando para um outro projeto a investigação de pessoas que apresentem os sintomas das doenças provocadas pela do mercúrio no organismo.

CAPÍTULO 6

GESTÃO AMBIENTAL PARA ÁREAS GARIMPADAS NA AMAZÔNIA

6.1 - PLANEJAMENTO PARA A GESTÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A política ambiental é constituída por normas e planos nos quais estão estabelecidos princípios e diretrizes, destinados a orientação de ações das diversas instituições publicas, as quais estão imbuídas na preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental mantendo um equilíbrio do meio ambiente, configurando-se em um importante instrumento legal. Essas medidas estão no âmbito do planejamento ambiental que se revela um importante instrumento para o processo de gestão ambiental (BELONDI, 2003). Para FRANCO (2000), o planejamento ambiental é todo aquele que prioriza a valoração e a conservação dos recursos naturais de uma determinada região como base de auto-suficiência e sustentação da vida e das interações com os ecossistemas.

O planejamento ambiental está relacionado com os programas que utilizam os sistemas ambientais, que são elementos que condicionam os planos de escala espacial sob a ótica local, regional, e nacional ou das diversas atividades setorializadas como uso e ocupação do solo e planejamento econômico. Essas atribuições focalizam diretamente os ecossistemas e o geossistemas, cujos objetivos desenharam perspectivas ecológicas e geográficas (CRHISTOFOLETTI, 1999 apud BELONDI, op. cit.).

O planejamento ambiental surge da necessidade da percepção holística do ecossistema que se deve ter do meio ambiente. Esse enfoque deve ser feito em três aspectos distintos: ecossistemas naturais, ecossistemas urbanos e agroecossistema. Deve-se também contemplar especificamente o espaço territorial sob os pontos de vista do meio físico, cultural, sócio-econômico e político. Esta visão de planejamento está baseada nos princípios e nos objetivos postulados no modelo de desenvolvimento sustentável, que entre outras atribuições preza pela harmonia entre os diferentes ecossistemas e o desenvolvimento. O planejamento ambiental é aquele planejamento orientado e voltado para as intervenções do homem e condições de suporte dos ecossistemas (MATIAS, 2002).

SEGUNDO RODRIGUEZ (1997) apud MATIAS, (op. cit.), é de responsabilidade do planejamento ambiental a função traçar as pautas para a gestão ambiental, seguindo dois aspectos dimensionais:

- “Como uma *categoria operativa* encarregada de definir o estilo de comando, direção, controle e fiscalização do uso dos recursos, através de diferentes instrumentos de normalização, decisões econômicas, financiamentos de normalização, decisões econômicas, financiamentos e outras disposições institucionais”;
- “Como uma *categoria política* através de um processo de mediação de interesses e conflitos entre os atores sociais, culturais políticos que atuam sobre o meio ambiente”.

O planejamento concebido como a vocação ambiental do sistema ultrapassa a barreira da prevenção e gera alternativas harmônicas sem problemas. O planejamento seria o principal instrumento para esclarecer os pontos contraditórios entre o crescimento econômico e a conservação do meio ambiente. A gestão ambiental é, em última análise, a adequação do modelo de desenvolvimento, em que a palavra de ordem é planejar (DIEGUES, 2001).

O planejamento baseado no conceito do desenvolvimento sustentável tem por prioridade englobar um sistema de gestão ambiental eficiente, que vise principalmente a conservação do meio ambiente, compatibilizando e otimizando os usos múltiplos do meio ambiente com todos os seus recursos disponíveis de forma harmônica com as vocações naturais dos ecossistemas (LEAL, 1998 apud BELONDI, 2003).

Segundo LANNA, (1995) apud BELONDI (op. cit.), o planejamento ambiental é “um processo organizado de informações, reflexões sobre os problemas e as potencialidades de uma região, definição de metas e objetivos, definição de estratégia de ação, definição de projetos, atividades e ações, bem como definição de sistema de monitoramento e avaliação que irá retroalimentar o processo. Este processo visa organizar a atividade socioeconômica do espaço, respeitando suas funções ecológicas, de forma a promover o desenvolvimento sustentável”.

A gestão ambiental tem como objetivo principal fazer a articulação das ações dos diversos atores sociais que se interagem em um determinado espaço e que através de princípios e diretrizes estabelecidos garantir a adequação dos meios de apropriação dos recursos naturais, econômicos, sociais e culturais as características do meio ambiente. O planejamento ambiental precede a gestão ambiental, pois há necessidade de se organizar todas as informações levantadas da área em questão e esquematizar o processo de tratamento e discussão dos dados, que subsidiarão o modelo de gestão ambiental. A gestão ambiental deve ser propostas pelos órgãos governamentais nas três esferas do poder Federal, Estadual e Municipal (LANNA, 1995 apud NAPOLEÃO, 2003).

A gestão dos recursos hídricos faz parte de uma abordagem ampla no âmbito da gestão ambiental. E nos últimos vem recebendo atenção e preocupação emergente, devido aos graves problemas surgidos, vinculados ao uso irracional e a degradação das águas em áreas com crescimento demográfico e industrial acelerado e desorganizado. A água por ser um

recurso natural primordial a vida na terra e de imensurável importância socioeconômica configura-se em um elemento estratégico para política governamental de qualquer nação no que concerne aos ecossistemas, as políticas desenvolvimentistas e para os agentes sociais (NAPOLEÃO, 2003).

A busca do equilíbrio entre homem e natureza passa pelo respeito às condições potenciais dos ecossistemas. Esse princípio pode ser entendido como sendo uma forma de limite nesse modelo de desenvolvimento através de meios alternativos e duradouros de subsistência que proporcionem um baixo impacto sobre o meio ambiente e que não correspondam de forma alguma a um processo de degradação. Porém as alternativas não podem representar uma ameaça à estrutura cultural. Integrar as populações na elaboração de planos de gestão do meio ambiente é uma forma democrática de participação nas tomadas de decisão referentes ao uso dos recursos naturais dentro de um estilo de desenvolvimento (DIEGUES, 2001).

Para o estudo em detalhe do meio físico, se insere o recurso hídrico BATISTA (2001) indica a aplicação da metodologia do *Zoneamento geoambiental*, que consiste em compartimentar o território em zonas geoambientais, enfocando as variáveis bioclimáticas e as físico-químicas. As zonas terão características distintas quando a sua definição de uso, ou seja, intensiva, extensiva e aquelas designadas para uso múltiplo, às especificações quando a tendência de uso do espaço, as vocações e das potencialidades dos ecossistemas. A aplicação dessa ferramenta subsidiaria o processo de gestão dos recursos hídricos, planejamento urbano e de infra-estrutura para uma determinada região do estado.

DIEGUES (op.cit.) apresenta como um forte instrumento para alcançar o desenvolvimento sustentável: o gerenciamento geoambiental. Esse instrumento deve estar inserido no Plano do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico aplicado no ordenamento territorial sob a ótica da ocupação do espaço e uso dos recursos naturais. O plano de gerenciamento geoambiental deve necessariamente estabelecer de forma objetiva as potencialidades dos recursos em cada área, prevendo os impactos ambientais das atividades exploratórias dentro de cada área, fazendo a relação entre custos e benefícios da utilização dos recursos e também das medidas mitigadoras dos impactos. O gerenciamento geoambiental caracteriza-se por apresentar soluções alternativas para diversos usos, sejam eles competitivos ou conflitantes dentro de um espaço ou para um tipo de recurso, que neste caso é a água. Para BATISTA (op. cit.) o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico é o principal instrumento de planejamento ambiental para promover o desenvolvimento sustentável.

A utilização do zoneamento como ferramenta para o desenvolvimento sustentável só será eficaz no âmbito das políticas públicas se essas forem conduzidas conforme as diretrizes ou condições postuladas nesse zoneamento. Esse autor atribui a responsabilidade do uso dos recursos naturais às ações ou omissões das políticas públicas. A forma como se

processa a exploração desses recursos é consequência das regulamentações, legislações e do conhecimento do meio físico (solo, recursos hídricos, clima, geologia etc.). As políticas públicas devem ser construídas de acordo com o entendimento da sociedade (MATIAS 2002).

O desenvolvimento sustentável tem como necessidade básica uma relação harmoniosa e duradoura com a natureza, adequando-se às constantes transformações por que passam os ecossistemas naturais. Os recursos do meio ambiente devem ser explorados de forma inteligente, para que sejam otimizados na forma de bens e produtos, contribuindo para a melhoria de vida da população. Nesse sentido, o planejamento torna-se o principal instrumento para alcançar esses objetivos.

6.1.1 - DESMATAMENTOS E SUSTENTABILIDADE DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS

Apesar de não terem sido realizados trabalhos em detalhe sobre as atividades produtivas no município, pode-se constatar que alguns segmentos produtivos estão limitados por problemas ambientais e por falta de incentivos fiscais para investimentos em determinados setores. Além do mais, o município de Cachoeira não dispõe de bancos de dados com informações precisas sobre as participações de cada setor produtivo na economia local, mas, pelo que se pode observar, a participação do município na economia regional é inexpressiva. Porém, cabe ressaltar que esse item abordará aquelas atividades que formaram a base da economia do município por vários anos, como desmatamento para comercialização de madeiras, exploração mineral e agropecuária, que são consideradas de grande impacto sobre o meio ambiente, devido à irracionalidade no uso dos recursos naturais. O mau uso desses recursos influenciou outras atividades produtivas, como a garimpagem, que prejudicou seriamente atividade pesqueira na área. Entretanto, o extrativismo primitivo de coleta de frutos e sementes ainda é praticado de forma intensa.

A vegetação característica da área é do tipo florestas tropicais, sendo influenciada diretamente pelo alto índice pluviométrico regional, observando-se uma rica vegetação natural em pequenas áreas preservadas. Na região de Cachoeira, a vegetação natural já está quase que totalmente destruída, sendo substituída por mata de capoeira e capim (MARTINS *et al.*, 1994). Em relação ao desmatamento, a análise feita na área através das imagens do satélite LANDSAT TM 5, do ano de 1991, e LANDSAT TM 7, de julho de 2000, mostraram que cerca de 95% da mesma já sofreram ações de desmatamentos, a maior parte para fins agropecuários. As madeiras nobres são vendidas aos inúmeros madeireiros que percorrem a região.

Por outro lado, a área desmatada com objetivo de exploração mineral localiza-se em uma faixa de direção N - S, que vai dos arredores da cidade de Cachoeira até a localidade Barraca da Farinha, prosseguindo para sul próximo à região de Alegre, sempre seguindo o curso do igarapé Macaco. As poucas áreas que ainda restam de matas nativas estão sendo

desmatadas para a extração de madeira, e em casos raros chega-se a se instalar um pequeno garimpo. Segundo MARTINS *et al.* (op. cit.), a atividade mineral no garimpo Cachoeira foi responsável pela destruição de 30 ha de floresta nativa.

Os maiores problemas decorrentes dos desmatamentos seguidos de queimada na região estão relacionados com interferências no clima, que exerce grande influência no ciclo hidrológico na área. No período de estiagem, as temperaturas médias na região são de 34°C, chegando em alguns dias a quase 40°C. A taxa de evaporação é alta, chegando a secar a maioria das drenagens pequenas, diminuindo drasticamente o nível dos rios maiores por vários meses. O clima predominante na área de Cachoeira é do tipo (Am), segundo a classificação Koppen, caracterizando por um período quente, que vai de junho a novembro, e um período úmido bem acentuado, no resto dos meses. A precipitação média é de 2.500 mm/ano, e a temperatura média oscila entre 26° e 32° C, podendo alcançar até 35° C nos meses de setembro e outubro (COSTA *et al.* 1977). A análise feita na área por meio das imagens de satélite possibilitou a individualização de três áreas com vegetações distintas, consequência da ação de desmatamento:

- Áreas desmatadas para exploração mineral

Ocorrem preferencialmente em uma faixa na porção central da área com direção N-S. Engloba toda a extensão da estrutura geológica, onde está localizada a cidade de Cachoeira. É caracterizada por apresentar uma vegetação pobre com muita capoeira e áreas bastante degradadas onde aparece uma vegetação formada por capim bem rasteiro, quase expondo o solo.

- Áreas desmatadas para fins agropecuários

Ocorrem em quase toda a porção norte e central e em pequenas porções nas partes sul e sudeste. São representadas por vegetação rasteira (capim) e vegetação secundária de pequeno porte (capoeira), além de culturas agrícolas.

- Áreas de florestas nativas semipreservadas

Esta unidade se faz presente em maior quantidade na porção sudoeste da área, mas também são encontrados fragmentos dessa vegetação nas margens dos rios e igarapés próximos a cidade de Cachoeira do Piriá (Figura 6.1).

6.1.1.1 – EXTRATIVISMO VEGETAL

O extrativismo vegetal é feito com frutas e sementes naturais da região amazônica (piquiá, uxi, bacuri, açaí, castanha do Pará, buriti). Na área se destacam imensas faixas da palmeira açaí que está associada com as áreas de planície de inundação ou áreas permanentemente alagadas, os chamados igapós (Figura 6.2). O período de coleta dos frutos do açaí ocorre entre julho a dezembro. O extrativismo de madeira não existe na área de estudo, devido à falta de espécies comercializáveis. Porém, na cidade de Cachoeira há presença de uma serraria, que trabalha com madeiras extraídas de áreas no sul do município, próximas à reserva dos índios Urubus. As espécies comercializadas são constituídas por árvores de grande porte e de alto valor comercial, como pau-d'arco, piquiá e andiroba, ipê roxo, ipê amarelo, cedro, angelim pedra, tatajuba e timborana).

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 6.1. Exemplos de espécies nativas nas margens do ig. Macaco

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 6.2. Áreas com açaí nativo; principal forma de extrativismo vegetal.

6.1.1.2 - AGROPECUÁRIA

O desmatamento ocorreu em grande escala na região e as áreas desmatadas estão sendo utilizadas como pastagens para a criação de gado para corte, a chamada pecuária extensiva. Poucas propriedades usam-nas para fins agrícolas. Quando se tem o consórcio, as espécies plantadas são coqueiro ou laranjais. As áreas de matas nativas dentro das fazendas estão sendo desmatadas para a expansão da pastagem.

Em relação à agricultura, o município de Cachoeira não apresenta nenhum destaque. A produção é de subsistência, sendo mantida por pequenos produtores que formam pequenos núcleos denominados de colônias ou vilas de agricultores. Nesses locais, a agricultura praticada é estritamente familiar. À parte comercializada corresponde ao excedente da produção. Normalmente os produtos comercializados são milho, farinha de mandioca, feijão, laranja e malva.

Segundo BATISTA (2001), os temas que envolvem o conceito de desenvolvimento rural sustentável ou agricultura sustentável são aqueles que contemplam produtividade com eficiência econômica, equidade social e equilíbrio ecológico, com mínimo impacto para a natureza, retorno financeiro digno aos agricultores, produção eficiente sem insumos químicos e que atenda as necessidades de consumo e comercialização. Esse processo de se combinar uma agricultura capitalista com eficiência econômica, equidade social com proteção e conservação ambiental é bastante dificultoso. E quando se trata da Amazônia, alcançar esses objetivos torna-se extremamente complicado, pois na região o indicador de sustentabilidade ambiental é o nível de cobertura da floresta.

A produção sustentável envolve a obtenção de um rendimento suficiente a um custo mínimo de recursos, como energia e matérias primas, pois comunidades com interesses diferentes têm visões também distintas de desenvolvimento sustentável. Porém, para qualquer tentativa de buscar o desenvolvimento sustentável é necessário, e uma estratégia em longo prazo (NORDE, 1997).

6.1.2.3 - PESCA

Os desmatamentos, juntamente com a garimpagem, implicaram negativamente na atividade pesqueira local. A produção de peixe na área foi afetada diretamente pela ação dos garimpos, devido ao assoreamento e à interrupção das drenagens, bem como pela contaminação por mercúrio. A pesca na área contribuía para o sustento das famílias. Atualmente, a maioria do pescado consumido na cidade vem do município de Bragança, distante cerca de 150 km da cidade de Cachoeira do Piriá. Porém, alguns moradores acabam pescando nos lagos e represas da área, onde foram constatadas concentrações de mercúrio muito acima do *background* local. SOUZA (2000), confirmou a contaminação dos peixes na área de Cachoeira do Piriá ao analisar várias espécies que são consumidas pela população.

O diagnóstico do passivo ambiental da área de Cachoeira do Piriá comprovou que a mesma encontra-se em desequilíbrio ambiental. Além disso, verificou-se a existência de disputas territoriais de áreas destinadas para assentamento e das áreas com potencial mineral. Segundo o DNPM, as áreas mineráveis estão legalmente na posse da empresa de mineração, que se encontra na região. Porém, essas áreas estão inseridas dentro de uma mega área de assentamento agrícola, criada pelo INCRA, mas o referido órgão desconhecia a propriedade da mineradora. Aplicar um modelo de gestão ambiental em áreas garimpadas na Amazônia é tido como um desafio, pois as regiões de garimpo são caracterizadas pelo alto índice de violência, desordem urbana e inexistência do poder público, sendo essas áreas classificadas como *"terras sem leis"*.

6.2 - MODELO DE GESTÃO AMBIENTAL PARTICIPATIVA E COMPARTILHADA

Na presente Tese, além da verificação da hipótese, que representa o objetivo principal, será apresentada uma metodologia para um modelo de gestão ambiental visando promover o equilíbrio ecológico das áreas degradadas e o uso futuro das mesmas, ajustado com os objetivos do modelo de desenvolvimento sustentável proposto no relatório *Nosso Futuro Comum*. Nesse sentido, a metodologia desenvolvida para a área de Cachoeira do Piriá será a da *gestão ambiental com abordagem participativa e compartilhada*. As propostas que serão apresentadas foram baseadas em trabalhos realizados por PEITER (2000), BATISTA, (2001) e MATIAS (2002). Porém, tais proposições foram adaptadas às condições da área em estudo e aos interesses e objetivos do trabalho.

A abordagem participativa configura-se em uma metodologia alternativa para encaminhar proposições que visem solucionar conflitos e disputas. Também pode apresentar planos de gestão e acordos de compromissos. Essa metodologia tem caráter decisório aplicável tanto em micro como também em macro regiões, podendo alcançar esferas continentais. Porém, apesar de aparentar certa facilidade na sua aplicação, essa forma de gestão é tida como complexa, pois as decisões são tomadas sob forma de consenso, após consulta pública. Nesse modelo, podem ser incorporadas alternativas de solução de conflitos como mediação e negociação - facilitação. Em alguns casos, não é recomendado o uso dessas técnicas de alternativas, pois elas podem trazer complicações para alguns setores, devido à falta de informações que possibilitem a sustentabilidade do modelo (PEITER, op. cit.).

Para o autor, a expressão “solução de disputa” não se refere a confronto de idéias ou alternativas em que uma prevalece sobre a outra. É importante que nesse aspecto sejam reiteradas as soluções de compromissos em que ambas as partes envolvidas no conflito possam conciliar seus objetivos, proporcionando um entendimento único que atenda a todos de forma satisfatória. Para DUKE (1996) apud PEITER (op. cit.), as principais linhas metodológicas para alternativas de solução de conflitos de ordem pública são a mediação e a facilitação.

A mediação deve envolver dois ou mais indivíduos ou organizações comprometidas com a causa, procurando o equilíbrio da situação, com as partes interessadas buscando sempre a interação. As decisões tomadas só acontecem após se chegar a um consenso. A direção do processo deverá ser feita por pessoas ou organizações que não estejam envolvidos nas disputas. Em relação à facilitação, o autor associa-a prioritariamente com os chamados processos exploratórios e educacionais. Essa metodologia sai do espectro de compromisso e de acordos. Um exemplo de facilitação importante e bastante utilizado em conflitos ambientais é a audiência pública.

Mudança, confiabilidade e incertezas são elementos que estão presentes no processo de gestão de recursos naturais e do meio ambiente. É na gestão ambiental que se

verificam os maiores conflitos de natureza sócio-econômica, pois a política de meio ambiente de um país, baseada no uso racional dos recursos naturais e com leis de controle ambiental severas, pode ir de encontro ao modelo de desenvolvimento adotado por esse país, tendo como meta o uso irracional dos recursos, ou seja, o “desenvolvimento a qualquer custo”. Essas contradições geram um estado permanente de conflito. O autor ressalta ainda que enquanto as políticas ambientais dos países não levarem em consideração os princípios básicos do desenvolvimento sustentável, toda e qualquer proposta ou lei de controle ambiental se comportará como uma barreira virtual para o processo de exploração insustentável dos recursos naturais (PEITER, 2000).

A sustentabilidade significa uma reorientação na vida pessoal, social e econômica, ou seja, o agir social novo. As dificuldades surgidas para elaboração do conceito de sustentabilidade vêm do fundamento de justiça e esperança, como no fato de usar os recursos naturais no presente e ter a responsabilidade de deixá-los para sejam usados pelas gerações futuras. O entendimento do conceito de justiça é o ideal dentro do conceito de sustentabilidade. Não há um significado concreto da sustentabilidade e de como ela poderá ser atingida. Sabe-se que o espectro do conceito passa pelo estabelecimento de limites para o uso dos recursos naturais e da apropriação da natureza. Qualquer medida que se tome com objetivo absoluto de preservação e conservação do meio ambiente contribui para alcançar um nível de vida sustentável (BUTZKE, 1999).

VIANA 2000 apud MATIAS (2002) defende que qualquer ação proposta para intervir em uma região, e que pretenda ser coerente com os ideais da sustentabilidade, deverá estar balizada nos conhecimentos das populações tradicionais. Essa corrente de pensamento é conhecida como ecologismo social. Segundo MATIAS (op. cit.), “o ecologismo social defende a idéia de que a conservação deve contar com a participação das comunidades tradicionais nos processos de planejamento e de gestão ambiental”.

Em Cachoeira do Piriá, as populações tradicionais são representadas por garimpeiros, ex-garimpeiros, colonos, posseiros e comerciantes que compartilharão todas as fases do processo de gestão e monitoramento. Segundo AUMOND (1999), a *sustentabilidade social* – no contexto do desenvolvimento visa à melhoria da qualidade de vida sem exclusões. Porém, o modelo atual de desenvolvimento segrega cada vez mais a sociedade e empurra para a periferia a camada mais pobre da população. Para alcançar essa sustentabilidade será necessária uma mudança no modelo de desenvolvimento.

6.3 - IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE GESTÃO AMBIENTAL NA ÁREA DE ESTUDO

A metodologia parte do princípio de um estudo integrado de possibilidade de alternativas para intervenção em áreas com desequilíbrio ambiental. A abordagem ecossistêmica procura entender o meio físico de forma holística como sistemas interligados que se relacionam entre si. Assim, as intervenções devem ser feitas com a participação de vários segmentos institucionais e da comunidade envolvida.

O termo gestão compartilhada vem da necessidade de as instituições interventoras compartilharem os mais variados assuntos dentro do modelo proposto em todas as fases do projeto, ou seja, as discussões sobre as soluções e as tomadas de decisão devem sair de um consenso de todas as partes envolvidas no processo de gestão ambiental para área de Cachoeira do Piriá.

6.3.1 - FASE PREPARATÓRIA

Durante a fase de preparação do modelo de gestão ambiental, surgem questões de caráter operacional que se configuram em importantes instrumentos para a implementação da proposta de gestão apresentada. Essa fase é composta por profissionais e pesquisadores que criam a idéia do modelo e recebe o nome de *equipe-base*. BORRINI-FEYERABEND 1999 apud PEITER (2000) apresenta os principais pré-requisitos que a equipe-base deve ter para estar em condições de encaminhar as propostas de gestão ambiental participativa. As condições requeridas serão apresentadas abaixo:

6.3.1.1 - Diagnóstico sócio-econômico e ambiental da área

Na área de Cachoeira do Piriá, esse item configurou-se no principal instrumento para a elaboração da proposta de gestão ambiental com abordagem ecossistêmica, participativa e compartilhada. A pesquisa na área visou à identificação dos problemas ambientais deixados pela garimpagem (passivo) e de suas conseqüências para o meio sócio-econômico. No capítulo 5, foi apresentado um diagnóstico ambiental das áreas garimpadas próximas à cidade de Cachoeira, onde foram identificadas as principais áreas degradadas.

Os impactos ambientais verificados na área em estudo demonstram a complexidade dos ecossistemas afetados. A atividade garimpeira consegue impactar em um mesmo instante vários ecossistemas – solo, rios, lençol freático e ar. Isso demonstra a inter-relação entre esses sistemas ecológicos. Agir sobre eles, mesmo sendo para tentar recuperá-los, torna-se uma tarefa complexa, haja vista as freqüentes modificações ambientais que ocorrem no meio, decorrentes da fragilidade em que esses ecossistemas se encontram.

“A concepção sistêmica baseia-se na consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos físicos, biológicos, sociais e culturais” (AUMOND, 1999). Esse autor apresenta as diferenças entre a *sustentabilidade ecológica* - objetiva a promoção da conservação e do uso racional dos recursos naturais. Enquanto *sustentabilidade ambiental* - configura-se na manutenção da capacidade de suporte dos ecossistemas em absorver e recuperar-se dos impactos ambientais.

6.3.1.2 - Escolha das áreas para aplicação

Após a investigação do passivo ambiental e da situação ambiental na área, foi constatado que a degradação do meio ambiente se comportou de maneira distinta quanto ao grau de impacto em determinados sistemas. As áreas com prioridade emergente foram àquelas próximas à cidade, locais de cavas abandonadas, áreas desmatadas e áreas de planície de inundação. Os recursos hídricos superficiais também apresentaram problemas, referentes ao assoreamento das drenagens e contaminação de sedimentos por mercúrio e conseqüentemente dos peixes. Quanto aos recursos hídricos subterrâneos constatou-se a presença do íon nitrato, em concentrações pouco acima do permitido para o consumo humano. A escolha das áreas onde serão propostas as alternativas para a recuperação foi baseada na importância das mesmas para a comunidade local.

Em estudos ambientais a natureza deve ser compreendida como um conjunto de sistemas interligados que formam um sistema maior. “a natureza do todo é sempre diferente da mera soma das partes, levando-se em consideração que as relações entre as partes e o todo, entre o homem, o desenvolvimento e a natureza são inerentemente dinâmicas e o que interessa perceber, na nova ótica sistêmica, é o pensamento do processo global com todas as suas imbricações” (CAPRA, 1982 apud AUMOND, op. cit.).

As soluções devem ser adaptadas às condições locais dos ecossistemas, levando em consideração a formação cultural comunitária. Portanto, a intervenção nesses ecossistemas, com objetivo de recuperá-los, deve-se processar tem que ser de forma holística. A ciência do meio ambiente tem que ser entendida como um processo dinâmico e não-linear. O equilíbrio ou desequilíbrio que se observa pode ser aparente. Em muitos casos, a natureza pode desequilibrar-se na busca de um estado de equilíbrio. Porém, esse processo pode levar muito tempo para acontecer. O papel dos cientistas ambientais é criar mecanismos de controle, proteção e recuperação do meio ambiente, levando em consideração os processos naturais dos ecossistemas, para que a situação de equilíbrio possa acontecer o mais cedo possível.

6.3.1.3- Seleção e atribuições dos órgãos intervenientes

A forma de planejar dentro do modelo da gestão ecossistêmica não pode ser diferente de todo o processo desenvolvido para a elaboração do modelo. A palavra interação é o grande elo na tentativa de se estabelecer os ordenamentos sociais, territoriais e ambientais em áreas onde é constatado o desequilíbrio nessas variáveis.

O processo de planejamento ambiental é influenciado diretamente por condicionantes externos que estão associados a determinadas tendências políticas que sustentam modelos de desenvolvimento dos países. Isso se configura na *sustentabilidade demográfica*, que do ponto de vista do desenvolvimento leva-se em consideração as sustentabilidades ecológica e ambiental e ainda a capacidade da natureza em suportar as agressões antrópicas e as condições dos ecossistemas frente às demandas populacionais e do uso e ocupação do solo (AUMOND, 1999). Porém, o mecanismo de funcionamento do programa de gestão ecossistêmica, participativa e compartilhada em países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, exige uma formulação de propostas de inclusão em que são incentivadas as participações sociais com responsabilidades extensivas e compartilhadas dentro de um regime puramente democrático.

Diante da situação verificada na área de Cachoeira do Piriá, tanto do ponto de vista ambiental como das condições sociais, econômicas, fundiárias e mineral, optou-se por um modelo de gestão ambiental que agregasse vários segmentos institucionais de importância técnica significativa e compromisso social definido, dentre os quais DNPM, INCRA, Sebrae, Sectam, ADA, BASA, UFPA, CPRM, Sagri, Emater, EMBRAPA e a prefeitura municipal. Ressalta-se a importância da participação da comunidade local no processo de tomada de decisão.

A participação da comunidade em projetos de gestão ambiental é prova cabal da mudança de paradigma, que a política de meio ambiente proporcionou nos países desenvolvidos e que agora está sendo aplicada com maior intensidade nos países em desenvolvimento. A participação concedida atua como um fórum público onde as diretrizes de planejamento são apresentadas e discutidas com todos, para que não haja no futuro reclamações de falta de informações referentes ao projeto por parte da comunidade. A autorização da comunidade é a licença mais importante que se pode exigir de um projeto, pois na maioria dos casos a participação da sociedade se restringe apenas à fase de preparação, sendo praticamente nula nas fases de implantação e de gestão.

As sociedades sustentáveis exigem mudanças de hábitos, utilização de tecnologias eficientes, estruturas organizacionais flexíveis e integradas à nova ordem de desenvolvimento mundial. Nesse sentido, dois fatores básicos se destacam como aliados no processo de gestão ambiental: competência técnica – profissional com formação interdisciplinar. Habilidade de

articulação e de negociação – suprir as necessidades e demandas sócio-econômicas dos segmentos sociais envolvidos no processo de gestão ambiental.

Ressalta-se que, nesse fator a participação comunitária representa o elo entre o Estado e os cidadãos, com regras e mecanismos de atuação definidos previamente, garantindo a participação popular desde o planejamento até a gestão. A participação é um processo continuado de democratização da gestão ambiental e não um meio de se conseguir a submissão voluntária do povo aos esquemas de proteção ambiental utópico.

6.3.1.4 – Gestão democrática e descentralizada

O discurso descentralizador no Brasil tornou-se mais difundido no final da década de 70 e durante a década de 80 do século passado, quando a chama da democracia começava ascender. A descentralização era entendida como transferência de responsabilidade de um setor superior, inacessível, para um outro inferior, mas com possibilidades de acesso. A essência da descentralização está na mudança de poder, promovendo a formulação de políticas com participação, distribuição de tarefas e responsabilidades. A idéia de convidar entidades comunitárias para participar de discussões de planos elaborados para uma região tem por finalidade dar credibilidade às tomadas de decisão. Segundo PEITER (2000), a participação surgiu como alternativa para garantir a eficiência e a credibilidade do processo de gestão. A participação deve ser discursiva, deliberativa, efetiva, responsável e entusiasmada.

Os processos de gestão e organização das proposições apresentadas exigem um caráter descentralizado, com equipes interdisciplinares de cientistas. As discussões das idéias envolvem todos aqueles que participam da solução dos problemas. As proposições devem ser flexíveis, sujeitas a mudanças e adequações, e o aprendizado deve ser compartilhado. *Sustentabilidade institucional* - corresponde à criação de órgãos e entidades voltadas para a preservação e proteção do meio ambiente e instituições responsáveis pela elaboração e execução de projetos sócio-econômicos e ambientais. A finalidade da criação dessas entidades é o fortalecimento das ações de pressão junto aos organismos internacionais em defesa dos interesses coletivos da sociedade, no que concerne a sustentabilidade ecológica (AUMOND, 1999).

O processo decisório dentro da gestão ecossistêmica é totalmente deliberativo, ou seja, as idéias dos membros da associação ou cooperativa são apresentadas, analisadas e discutidas entre si. O resultado final representa a vontade da comunidade. Segundo AUMOND (op. cit.), “para tomada de decisões racionais, há que se forjarem alianças entre os grupos sociais distintos capazes de impulsionar as transformações”. Esse processo representa um importante elemento no sistema democrático, principalmente em países em desenvolvimento, como o caso do Brasil. Esse instrumento representa um forte argumento para a utilização desse modelo de gestão. Para o autor *sustentabilidade política* - passa pela atuação do Estado

como o grande negociador, incentivador e gestor de programas que visem ordenar e orientar o processo de desenvolvimento e ainda lutar por uma unidade social engajada na solução das crises de sustentabilidade.

6.3.1.5 – Construção de modelo de divulgação

A divulgação do programa de gestão ambiental com abordagem ecossistêmica, participativa e compartilhada proposto para a área de Cachoeira do Piriá deverá ser feita primeiramente por ocasião da apresentação dos resultados da pesquisa na Câmara de vereadores. Em seguida, em apresentação para a comunidade, em escolas e centros comunitários. Para divulgação do programa na esfera estadual e federal, serão aproveitados os encontros, congressos, seminários e fóruns regionais que debatam a questão ambiental na Amazônia.

A discussão sobre o tema da gestão ambiental está intrinsecamente relacionada às questões econômicas, políticas e metodológicas operacionais, entre outras. Em decorrência dos desafios sócio-econômicos inerentes à gestão ambiental democrática, postuladas pelas correntes tidas como progressistas, que anseiam por uma sociedade justa e economicamente sustentável. As idéias nas quais se sustentam esses princípios não são suficientes para promover esse modelo de gestão, pois a questão ambiental se comporta de maneira diferenciada e indissociável do modelo de desenvolvimento adotado no país. Portanto, a gestão democrática verdadeira deverá envolver o Estado, setores privados, a sociedade civil e a comunidade local. O modelo de gestão ambiental aplicado no Brasil é produto da estrutura política e do modelo de desenvolvimento econômico do país.

Em Cachoeira do Piriá o modelo de descentralização a ser adotado é uma descentralização continuada, ou seja, os órgãos governamentais, as instituições e os seguimentos sociais envolvidos no processo de planejamento também serão os gestores durante a fase de execução, contribuindo para a continuidade dos projetos.

É na fase de preparação que serão elaboradas as estratégias para a participação dos órgãos governamentais, instituições de pesquisa e outros segmentos envolvidos com a questão ambiental e de desenvolvimento da Amazônia. Esses terão importância decisiva para iniciar a implementação da proposta. Acordos e parcerias serão firmados, definindo a participação de cada um nessa fase. Posteriormente, com a exigência do projeto, serão envolvidas outras instituições, que participarão de acordo com as necessidades emergentes. No caso específico de Cachoeira, torna-se imprescindível à criação de cooperativas, sindicatos e associações de trabalhadores, cuja finalidade seja garantir a participação descentralizada e democrática da comunidade local.

6.3.2 - FASE DE NEGOCIAÇÃO

Dentre os pontos levantados de grande significância para iniciar o processo de gestão participativa, segundo BORRINI-FEYERABEND 1999 apud PEITER (2000), estão a avaliação de demanda e viabilidade de desenvolver a gestão com abordagem participativa, a avaliação das disponibilidades de equipe e recursos financeiros e a criação da equipe-base. Para MATIAS (2002), no início do processo deve-se buscar principalmente a institucionalização, os recursos técnicos e financeiros e a co-responsabilidade social ou participação, o que representa o arcabouço estrutural da metodologia. Em ambos os casos, alguns pontos levantados coincidiram, demonstrando sua importância para a formulação da proposta. Os comentários pertinentes a cada um desses questionamentos serão apresentados abaixo.

6.3.2.1 - Avaliação de demanda e viabilidade para desenvolver o modelo gestão

Este item está relacionado com a verificação da possibilidade de existir viabilidades do ponto vista legal, político, econômico, sócio-cultural e institucional, para que se possa dar continuidade ao processo de gestão.

A viabilidade legal questionada diz respeito à forma de atuação dos órgãos e dos diversos segmentos envolvidos no programa de gestão, para que não haja desrespeito aos cidadãos e à constituição. A proposição da metodologia vem somar esforços para tentar corrigir e minimizar as ações ilegais praticadas contra o meio ambiente e a população local.

Em relação à viabilidade política, pode-se dizer que será construída por meio da apresentação do diagnóstico ambiental da área e das alternativas propostas para a recuperação das áreas degradadas, para os representantes do poder local. Em seguida, os resultados e conclusões da pesquisa serão apresentados para a comunidade. Dando continuidade ao processo de divulgação, o passo seguinte é a incorporação dos órgãos governamentais na esfera estadual e federal, mostrando a importância e a necessidade de suas participações no programa de gestão ambiental.

Outro ponto de bastante sensibilidade no projeto é a viabilidade sociocultural, pois a proposta de gestão ambiental participativa se configura em uma forma de intervenção não apenas no meio físico mas também no modo de vida da população. A necessidade de formar parcerias, de atuar conjuntamente com outras pessoas e participar das decisões do município são experiências novas para uma classe de trabalhadores, que nunca teve seus direitos de cidadão respeitados. Porém, a aplicação dessa metodologia pode receber críticas e até resistência no início, mas o processo de diálogo com a população poderá reverter a situação, caso isso aconteça. No que concerne à viabilidade institucional, essa será detalhada no item seguinte.

6.3.2.2- Institucionalização

Essa prática é sugerida para que sejam juntados esforços múltiplos de órgãos governamentais, prefeitura, instituição de pesquisa, agência de financiamento, iniciativa privada e comunidade local. Esses interagiriam formando uma só estrutura organizativa funcional. A finalidade dessa cooperação institucional é a de garantir a participação integral e descentralizada dos órgãos envolvidos no processo de gestão ambiental.

Os objetivos marcantes nesse item são a busca por novos centros de tomada de decisão, integrados e co-responsáveis. A descentralização proposta ajudaria na elaboração de ações melhores planejadas e de fácil otimização, proporcionando uma articulação harmoniosa dos diferentes órgãos que fazem parte projeto. A inter-relação das diversas instituições está também no sentido de interligar os prováveis planos de desenvolvimento que estejam sendo preparados por esses segmentos. Essa proposta age como um programa de co-gestão, que tem como objetivo catalisar e ordenar possíveis prováveis programas e políticas existentes para o município.

6.3.2.3 - Recursos técnicos e viabilidade econômica

A parte mais importante para o desenvolvimento é a aplicação do programa de gestão ambiental. No que se refere aos recursos técnicos envolvidos, têm-se primeiramente os profissionais das diversas instituições que participaram do processo de elaboração da proposta de gestão ambiental. Essa união institucional configura-se no primeiro grupo de trabalho, mas há também a necessidade da utilização de mão-de-obra técnica, vinculada aos órgãos executores e de monitoramento.

Quanto à viabilidade econômica, ela pode ser entendida por diversas formas. A primeira está relacionada com a situação econômica atual, ou seja, as bases de sustentabilidade do município, que hoje está fracamente apoiada na pecuária e na extração de madeira, e os investimentos que ali acontecem estão relacionados a projetos do governo federal e são infra-estruturas sociais. Portanto, não há nenhum projeto que vise à geração de renda e de emprego, além de aquecimento da economia local.

A segunda ótica diz respeito aos custos de implementação das alternativas de recuperação. Sobre esse aspecto, os recursos serão captados nos órgãos governamentais que possuem fundos específicos para apoiar esse tipo de iniciativa. A terceira forma corresponde aos benefícios econômicos que a proposta trará para a região quando da sua implementação, pois deve alcançar principalmente as famílias carentes e vítimas da atividade garimpeira.

Quanto à captação dos recursos financeiros, o projeto será apresentado para diversos órgãos da esfera federal, estadual, bancos internacionais e fundações que apóiam projetos ambientais. A presença das instituições asseguraria uma participação mais efetiva dos

segmentos governamentais junto à comunidade local e daria credibilidade para o financiamento.

6.3.2.4 – Co-responsabilidade

A participação empenhada é uma prática comum em países mais desenvolvidos, pois essas nações estimulam a participação como forma de eliminação de conflitos de interesses e estabelecem compromisso com as partes envolvidas com o processo de gestão. Em países em desenvolvimento, essa atitude de incentivar a participação dos segmentos sociais nesse tipo de programa ajudaria no surgimento de um senso de responsabilidade coletivo sobre o bem comum, em que os problemas e suas soluções seriam discutidos de forma conjunta, democrática e aberta transformando-se em uma *sociedade-comunitária*, de igualdade social com equilíbrio ecológico (PAITER, 2000). Essa medida está fundamentada no princípio da responsabilidade compartilhada, ou seja, os órgãos e entidades que participam do programa de gestão ambiental com abordagem ecossistêmica, participativa e compartilhada devem estar cientes do compromisso mútuo assumido com a comunidade local, todos são responsáveis pelo programa e não somente por suas partes de interesse.

6.3.2.5 – Monitoramento e avaliação da gestão ambiental

O processo de monitoramento e avaliação da gestão ambiental na área de Cachoeira do Piriá ficará sob a responsabilidade de uma comissão gestora integrada por membros da equipe-base que participaram da formulação e implantação das propostas de gestão ecossistêmica, participativa e compartilhada. Esses gestores terão como objetivos principais os seguintes princípios:

- Providenciar a garantia legal para a implementação do programa de gestão ambiental

Caberá à comissão gestora criar mecanismos que assegurem a viabilidade e a continuidade da proposta, tanto na esfera política como sócio-econômica. No processo de encaminhamento deve ser ressaltado o instrumento legal que dê suporte permanente aos projetos em todas as suas fases, como, por exemplo, na criação de fundos de apoio a projetos ambientais ou na inserção da proposta de gestão pretendida naqueles já existentes. Essa inserção pode ser feita por meio de ato governamental.

- Elaboração da matriz de monitoramento

Esse procedimento deve ser elaborado junto com o programa de gestão. Trata-se de um fluxograma simplificado, em que estejam contidas todas as fases do projeto e seus respectivos objetivos. A finalidade da criação desse instrumento é a identificação de possíveis

falhas ou incompatibilidade das ações executadas na área. Caso seja detectado algum imprevisto no sistema, medidas corretivas serão aplicadas imediatamente. Em casos nos quais essas intervenções de reparos não forem suficientes, pode-se até mesmo providenciar a mudança de estratégia de execução.

A aplicação de um modelo de gestão ambiental em um território configura-se em mudanças ou adaptações do sistema em vigor. Além disso, é de suma importância o conhecimento das questões relativas à história, à economia, à cultura, bem como às oligarquias políticas que interferem na sociedade e no desenvolvimento da região, pois o sucesso das alternativas propostas vai depender do entendimento desses segmentos. Sendo assim, procurou-se nesta Tese fazer uma discussão detalhada sobre de os temas polêmicos e conflitantes na área, que são a exploração mineral, a questão fundiária, a expansão urbana, os impactos ambientais e os recursos hídricos, que na área de Cachoeira do Piriá é motivo de conflito, haja vista a precariedade do sistema de captação e distribuição de água na cidade, o que acaba gerando insatisfação por parte dos moradores obrigando-os a buscarem alternativas rudimentares (poços e cacimbas) para suprir suas necessidades de água.

As alternativas de gestão ambiental participativa e compartilhada propostas para a área de Cachoeira do Piriá estão intrinsecamente relacionadas com esses três setores e, portanto, dependerão de acordos e parcerias com os órgãos governamentais, com o propósito de criar políticas públicas que possam mediar a disputa e promover o desenvolvimento sustentável na área. A aplicação de um modelo de gestão ambiental em um território configura-se em mudanças ou adaptações do sistema em vigor. Além disso, é de suma importância o conhecimento das questões relativas à geologia, recurso hídricos, história, à economia, à cultura, bem como às oligarquias políticas que interferem na sociedade e no desenvolvimento da região, pois o sucesso das alternativas propostas vai depender do entendimento desses segmentos.

O desenvolvimento da Amazônia não pode estar centrado em apenas uma de suas potencialidades, (mineral, agropecuária, florestal e agroextrativista). Ele deve ser moldado em alternativas tecnológicas avançadas e na priorização das políticas públicas eficientes e em mecanismos econômicos, que garantam competitividade dos produtos da floresta, no mercado nacional e internacional. Nesse contexto, é que está inserido o *Programa de Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia*, criado pelo governo Lula e lançado em julho de 2003. Esse programa contempla cinco prioridades básicas:

- Produção sustentável com tecnologias avançadas;
- Novo padrão de financiamento;
- Gestão ambiental e ordenamento territorial;
- Inclusão social e cidadania e infra-estrutura para o desenvolvimento.

6.4 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO PROCESSO DE GESTÃO AMBIENTAL

6.4.1 - CONSIDERAÇÕES LEGAIS E CONCEITUAIS SOBRE A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Os instrumentos legais que asseguram a recuperação de áreas degradadas foram implementados desde a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, através do Art. 2º, que diz “A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”. Porém, O Decreto - Lei nº 97.632 de 10 de abril de 1989, instituiu a obrigatoriedade do Plano de Recuperação de áreas Degradadas (PRAD) pelos empreendimentos minerários.

Decreto-Lei nº 97632 de 10 de abril de 1989 dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

O Presidente da República,

No uso das atribuições que lhe confere o artigo IX da Constituição, decreta:

“Art. 1º Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), submeter à aprovação do órgão ambiental competente um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD)”.

“Parágrafo único - Para os empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo máximo de 180 dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD)”.

Na Constituição brasileira, a recuperação de áreas degradadas é abordada no Artigo 23, nos parágrafos segundo e terceiro, em que são estabelecidas as penalidades a que se sujeitam aqueles que agridem o meio ambiente:

“Parágrafo 2º. Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

“Parágrafo 3º. As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Os estudos referentes à recuperação de áreas degradadas demonstram certa confusão em relação as nomenclaturas utilizadas nas abordagens do tema. Nesse caso, para um melhor entendimento do assunto discutido, é necessário o conhecimento básico de

conceitos sobre *degradação, recuperação e reabilitação*. Neste trabalho, serão apresentadas as definições encontradas em BITAR (1997) e BITAR & VASCONCELOS (2003).

Segundo WILLIAMS et al. 1990 apud BITAR & VASCONCELOS (op. cit.), “a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e fauna forem destruídas, removidas ou expulsas; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados”. “A degradação ambiental ocorre quando há perda de adaptação do solo as características físicas, químicas e biológicas e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico”. A degradação do solo “alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos, possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais”. (ABNT, 1989 apud BITAR & VASCONCELOS (op. cit.)).

Segundo o Decreto-Lei nº 97632 de 10 de abril de 1989 Art. 2º, “são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais” (BRASIL, 1989)

Segundo ABNT, 1989; CVRD, 1993 apud BITAR & VASCONCELOS (op. cit.), “áreas degradadas são áreas com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração”.

Segundo o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), “a recuperação de uma área degradada é o retorno do sítio degradado a condições estáveis, obtidas de acordo com os valores ambientais, estéticos e sociais do local, visando, no mínimo, estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolver um novo solo e uma nova paisagem”.

No Decreto Lei nº 97632/89 Art. 3º, a recuperação deverá ter por objetivo o retorno da área degradada à forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente: “A reabilitação de uma área degradada é entendida como sendo o retorno da área a um estado biológico apropriado, devolvendo aos elementos ambientais atingidos sua função ambiental através de estimulação, pelo homem, dos processos naturais e pelo uso de técnicas ecologicamente relevantes” (BRASIL, 1991).

A normatização técnica brasileira apresenta os conceitos que distinguem de forma clara os termos restauração, recuperação e reabilitação de solo. A *restauração do solo* corresponde à reprodução fiel das condições existentes na área antes da intervenção antrópica. O retorno às condições originais do solo é considerado como uma proposta inexecutável. A *recuperação do solo* entende-se “como processo de manejo do solo no qual são criadas as condições para que uma área perturbada, ou mesmo natural, seja adequada a novos usos”. A *reabilitação do solo* corresponde à “forma de recuperação do solo em que uma área

perturbada é adequada a um uso determinado, segundo um projeto prévio” (ABNT, 1989 apud BITAR & VASCONCELOS, 2003).

A norma técnica NBR 13030, estabelecida para o setor mineral no início da década de 90, apresenta o conceito de reabilitação como “o conjunto de procedimentos através do qual se minimizam os impactos bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração, de acordo com o planejamento preestabelecido” (ABNT, 1993; CVRD, 1993 apud BITAR & VASCONCELOS, op. cit.).

Neste trabalho, “área degradada refere-se àquelas com alterações no meio físico e biológico de um determinado espaço, causadas pelo uso irracional dos recursos naturais pelo homem, provocando o desequilíbrio do ecossistema e comprometendo a qualidade de vida das populações de hoje e de amanhã”. Segundo IBRAM (1992), as metas a serem atingidas na recuperação de uma área estão vinculadas a escalas temporais, divididas em três partes (curto, médio e longo prazo). As alternativas apresentadas neste trabalho referem-se às metas de curtos e médios prazos, haja vista os graves impactos causados ao meio sócio-econômico, caracterizados pelo estado de abandono, pobreza, miséria e desemprego em que se encontra a cidade de Cachoeira do Piriá.

6.4.2 - MEDIDAS E TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS APLICÁVEIS EM CACHOEIRA DO PIRIÁ

A obrigatoriedade da elaboração do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), imposta pela legislação ambiental brasileira aos empreendimentos minerais, teve como consequência o aprofundamento dos estudos do meio físico e das condições socioeconômicas do local. Essas medidas tornam-se necessárias devido à especificação da legislação no que concerne à utilização futura dessa área após-recuperação, pois a metodologia de recuperação que se deseja aplicar no local deve levar em consideração essa variável e também a viabilidade tecnológica e financeira da proposta.

Segundo BITAR & VASCONCELOS (op. cit.), as medidas de recuperação que se tem no momento estão no campo da correção e/ou da estabilização das áreas degradadas. Para essa última, o objetivo principal é promover a estabilidade do meio físico. Os autores dividem as medidas de recuperação em três categorias: medidas geotécnicas, medidas de remediação e medidas de revegetação.

6.4.2.1 - Medidas geotécnicas

Estão relacionadas a obras civis que envolvem técnicas de mecânica de solo, estruturas e fundações. As medidas podem envolver correções na geometria dos terrenos, terraplenagem contenção de taludes de corte e de bota-fora, sistemas de drenagens e grandes

obras de engenharia como a construção de barragens. As medidas geotécnicas apresentadas neste trabalho foram compiladas dos trabalhos de BITAR (1997), VASCONCELOS (2000) e BITAR & VASCONCELOS (op. cit.), e adaptadas às condições das áreas degradadas de Cachoeira do Piriá:

- Terraplenagem, em áreas desativadas ou abandonadas

Corresponde à utilização do processo terraplenagem dos terrenos para promover uma nova feição topográfica, mais harmoniosa, diminuindo os impactos visuais deixados pela atividade mineral. Essa medida visa ainda assegurar a estabilização dos terrenos, evitando que processos erosivos se instalem no local. Na área de Cachoeira essa medida será executada em grande parte da área garimpada, pois a mobilização do solo foi intensa, tendo como consequência o surgimento de cavas e áreas com superfície do terreno modificada pelas escavações e acúmulos de rejeitos e material estéril.

- Remoção dirigida de estéreis para preenchimento de cavas abandonadas, em áreas ativas

Consiste na remoção de parte de solo, cujo horizonte é considerado estéril ou corresponda a matéria orgânica. O solo retirado é utilizado no preenchimento das cavas desativadas e abandonadas. A finalidade dessa medida é a recomposição topográfica da paisagem. Esse procedimento é comum quando existem tais cavas e a mineração se processa, como se verifica na área de Cachoeira do Piriá, pois a garimpagem está se desenvolvendo através de minas subterrâneas.

O material retirado para construção dos *shafts* deve ser colocado nas laterais, representando risco para a integridade física dos trabalhadores. Nesse caso, essa medida pode ser aplicada na área, pois o solo estéril poderá preencher as cavas abandonadas existentes no local, contribuindo para o remodelamento do terreno.

- Disposição de rejeitos em cavas desativadas, em áreas ativas

Os rejeitos da garimpagem geralmente estão contaminados por mercúrio e são lançados diretamente nas drenagens próximas, causando a contaminação de sedimentos e dos peixes além de contribuir para o assoreamento dos rios.

As figuras 55 e 56 apresentam dois momentos distintos de uma cava alagada na área de Cachoeira do Piriá. O primeiro (figura 6.3), mostra o estado de abandono, a qual ficou a cava por quase 10 anos. Os problemas se agravaram como o alagamento, escorregamento, erosão e proliferação de mosquito. O segundo momento (figura 6.4), corresponde ao estágio atual da cava. A água foi totalmente exaurida, para receber os materiais estéreis, oriundos de outras frentes de lavra. Nota-se também, o trabalho de retaludamento, para estabilização dos

taludes. Embora essa medida tenha sido criada para fins econômicos, ou seja, para a garimpagem de outras áreas, ela demonstrou ser eficiente e pode apresentar melhores resultados quando embasada em conhecimentos técnicos e objetivos ecológicos.

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 6.3. Cava alagada, próximo da área urbana a cidade

Foto: Raimundo Nonato do E. S. dos Santos

Figura 6.4. A mesma cava sem água e preenchida por rejeitos

O projeto Mercúrio, desenvolvido pela Comunidade Européia em vários países da América latina, entre eles o Brasil, tem como um dos objetivos diminuir os impactos ambientais relacionados à atividade garimpeira na Amazônia. Uma de suas alternativas é o preenchimento de cavas abandonadas por rejeitos provenientes das caixas pré-concentradoras instaladas em outras frentes de lavra. Neste caso, o método de extração do ouro adotado pelo projeto não permite que seja despejado mercúrio no interior dessas caixas. A finalidade é o preenchimento total da cava, para evitar a formação de lagos que são utilizados para a procriação do mosquito

da malária. Essa metodologia pode ser utilizada em Cachoeira do Piriá, se a garimpagem continuar. Mesmo rejeitos contaminados poderão ser colocados no fundo dessas cavas, sendo depois cobertos por solos estéreis sem contaminação por mercúrio.

- Retaludamento de frentes de lavra desativadas ou abandonadas

Os trabalhos de garimpagem na área de Cachoeira do Piriá deixaram graves seqüelas no meio físico, principalmente no solo, consequência dos métodos utilizados para a extração do ouro, como foi apresentado no capítulo 5. Também a geomorfologia da área contribuiu para o surgimento das cavas, pois em muitos locais os trabalhos de garimpagem aconteceram no sopé dos morros, tanto pelo método do desmonte hidráulico como por meio das minas subterrâneas.

As cavas apresentam formas irregulares e taludes quase verticais, susceptíveis aos processos erosivos, podendo causar desmoronamentos. Essas cavas encontram-se abandonadas desde o final da década de 80, quando houve o declínio da garimpagem na Amazônia e, conseqüentemente, na região do Gurupi.

O retaludamento é necessário na área, devido à expansão da cidade para próximo dessas cavas. Portanto essa medida configura-se como prioridade no contexto da recuperação da área degradada. As técnicas que poderão ser utilizadas são taludes intermediários e rebaixamento das cavas, utilizando-se o sistema de bermas e instalação de drenos pluviais (canaletas). Essas medidas diminuirão a declividade, conterão o processo de erosão e darão estabilidade aos taludes.

- Remoção de depósitos de assoreamento, em cursos e corpos d'água interceptados à jusante das áreas mineradas abandonadas

Consiste em uma medida de correção aos processos erosivos (desmonte hidráulico) ocorrida à montante da drenagem. Na área, esse tipo de impacto é bastante comum devido ao método exploratório. Muitas drenagens tiveram seus cursos desviados ou até mesmo totalmente interceptados por material estéril e por rejeitos. A remoção desses depósitos pode ser feita por meio de dragagem tradicional ou *draglines*. Isso para depósitos submersos. Para os outros casos é recomendado o uso de retroescavadeiras simples. No caso de Cachoeira, o material retirado pode ser depositado nas cavas ou dentro de bota-foras construídos fora da área urbana.

- Desvio e retificação de cursos d'água assoreados em áreas abandonadas

Para os casos em que o processo de desassoreamento não puder ser feito devido ao grande volume de material, vasta área de distribuição à jusante e estando o depósito recoberto pela vegetação, a medida recomenda a execução de desvios como forma de retificar

os cursos d'água impactados. Nessa medida, são tomados cuidados para que a intervenção não provoque impactos em outros ecossistemas à jusante da área minerada.

Para aplicar essa técnica, são exigidos estudos hidrológicos referente à bacia de contribuição, sensoriamento remoto para auxiliar no traçado e dimensionar a nova calha, ajustada para os períodos de cheia. Em alguns igarapés como, por exemplo, Barriquinha e o córrego da represa, que estão com seus cursos assoreados e interceptados, essa medida pode vir a ser aplicada não só nessas drenagens como em outras que apresentem esse tipo de impacto na área.

- Investigação geológico-geotécnica para instalação do novo uso, em áreas desativadas ou abandonadas

No processo de recuperação da área degradada, as medidas propostas devem contemplar além do diagnóstico ambiental, análises geotécnica, pedológica e de fundações, relacionando-as com os processos do meio físico (erosões, assoreamentos, escorregamento, entre outros). Esses indicadores conduzem para a tomada de decisão consciente no tipo de técnica a ser utilizada na área, para promover o controle e estabilização da área degradada, visando também alternativas de uso futuro.

O estudo geotécnico corresponde a levantamento de perfis de alteração de solo, ensaios geotécnicos (análise granulométrica), classificação do solo, análise dos compartimentos geomorfológicos, comportamentos das águas superficiais (infiltração e escoamento), levantamento de dados hidrogeológicos, tipo de aquífero na área, análise das águas e outros que forem considerados essenciais para a sustentabilidade futura.

6.4.2.2 - Medidas de remediação

Correspondem ao uso de técnicas de tratamento destinada a eliminar, neutralizar, imobilizar, confinar e/ou transformar elementos ou compostos químicos contaminantes encontrados em um ecossistema, de modo a proporcionar o equilíbrio físico-químico entre o agente contaminante e o meio ambiente. Essa medida utiliza principalmente técnicas que envolvem processos químicos, mas há casos em que são utilizados processos físicos e biológicos.

A remediação é aplicada geralmente em locais que foram submetidos à exposição de agentes tóxicos, bacia de decantação e rejeitos com altas concentrações de elementos químicos. Na área de Cachoeira do Piriá, um dos mais preocupantes impactos ambientais está relacionado com a contaminação do solo e de sedimentos de corrente pelo mercúrio, como descrito no capítulo 5.

Quanto ao processo de remediação de áreas contaminadas por mercúrio, não há na literatura nenhum exemplo de aplicação de qualquer metodologia com essa finalidade. Porém,

estudos experimentais de biorremediação, utilizando microorganismos, estão sendo desenvolvidos na Universidade British Columbia, Vancouver, Canadá, sob a coordenação do professor Dr. Marcelo Veiga, tendo como área de pesquisa a região de Cachoeira do Piriá.

6.4.2.3 - Medidas de revegetação

Consistem no plantio de espécies vegetais como forma de recuperação da área degradada e também para mitigar impactos visuais de empreendimentos que causem desconforto estético-paisagístico em seu entorno, como é o caso da mineração. Entretanto, dependendo das espécies utilizadas, os benefícios na área podem ser ainda maiores, pois ela pode contribuir para o retorno da fauna da região, a melhoria da produção biológica do solo, a proteção dos recursos hídricos, a influência no balanço hídrico, entre outras vantagens. BITAR & VASCONCELOS (2003) apresentam algumas técnicas de revegetação que são aplicadas em áreas degradadas pela atividade de mineração. Porém, para esse trabalho, será descrita apenas aquela relacionada às frentes de lavra desativadas.

- **Revegetação de frentes de lavra desativadas ou abandonadas**

Para a área de Cachoeira do Piriá essa metodologia deve ser aplicada nos locais em que se utilizou a técnica do retaludamento, ou seja, nos taludes das cavas abandonadas. Após o encerramento da medida geotécnica, recomenda-se a preparação do terreno visando à semeadura. Para esse tipo de terreno, o preparo preliminar consiste em escarificar a superfície do terreno para receber as sementes, sendo o método mais utilizado o da hidrossemeadura, que consiste em semear o terreno com o auxílio de jatos d'água. No primeiro momento, a utilização de *gramíneas* faz-se necessária para fazer uma cobertura vegetal rápida e conter a erosão. Em seguida, deve-se fazer o plantio de espécies nativas da região. Nesta alternativa, é levado em consideração o caráter estético-paisagístico da área recuperada.

6.4.2.4 - Medidas socioeconômicas

Baseado no diagnóstico ambiental, na situação socioeconômica da área de Cachoeira do Piriá e nos princípios da gestão ecossistêmica, participativa e compartilhada, serão apresentadas alternativas de atividades produtivas que podem ser capazes de promoverem o desenvolvimento econômico sustentável no local. Ressalta-se que essas medidas foram elaboradas neste trabalho.

Piscicultura

A atividade pesqueira nas águas doces brasileiras representa cerca de 26% da produção nacional e 36% do valor industrializado. A Bacia Amazônica contribui com 50% desse total, com a pesca artesanal e a pesca industrial. Segundo os dados levantados pela *Food and*

Agriculture Organization (FAO), o peixe contribui com cerca de 5% do consumo protéico do ser humano. As populações que habitam a Bacia Amazônica têm um consumo médio anual *per capita* de peixes da ordem de 20 Kg/hab/ano. Ressalta-se que, na cidade de Manaus, o consumo médio chega a 50 Kg/hab/ano (HANAN & BATALHA 1995).

Em relação a piscicultura no Brasil, ainda são tímidos os esforços para inserir essa atividade produtiva num contexto de destaque. A participação da produção brasileira é de 3% da produção mundial, mas no horizonte bem próximo se vislumbra um investimento maciço na construção de fazendas e criatórios de peixes de água doce. Porém, na região Amazônica, o desenvolvimento da piscicultura esbarra na falta de alevinos de peixes regionais. Entretanto, centros de excelência como o Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA), que dispõe de tecnologia de ponta nessa área, estão preparados para transformar o Brasil no grande nome da piscicultura internacional. E ainda podem promover o desenvolvimento socioeconômico da região.

Somente no Estado do Amazonas há registro da existência de mais de duzentos piscicultores e cerca de 250 viveiros. A área média ocupada por cada viveiro é de 5.000 m² (HANAN & BATALHA, op. cit.). Para esses autores, a piscicultura e a aquíicultura, além de contribuir com o suprimento protéico da população amazônica, podem representar uma inesgotável fonte de divisas que possibilitariam apoiar outras ações de sustentabilidade compatíveis com a região. Eles classificam as culturas de peixe de acordo com as seguintes características:

- *Extensiva:*

É aquela em que o adubo é aplicado de forma incipiente e em alguns casos não são colocados. Os fatores abióticos e bióticos que influenciam no processo da piscicultura têm controle mínimo. Essa forma de criação consiste no povoamento de espécies de peixes em um lago, açude ou um pequeno represamento artificial. Os peixes passam a competir entre si e com outras espécies já existentes no local. A consequência dessa ação é uma alta taxa de mortalidade. A produtividade esperada é de 150 a 300 Kg/ha, sem emprego de fertilizantes. Quando são aplicados fertilizantes em baixa quantidade, a produção chega ao dobro. Desta forma, essa prática de cultura não é indicada como técnica de manejo para fins comerciais.

- *Semi-intensiva*

Corresponde à cultura em que os peixes necessitam de adubação, que pode ser orgânica ou química. O viveiro tem que ser drenado e pode ser consorciado com a criação de marrecos. A produtividade pode variar entre 1 a 3 toneladas/ha/ano. A taxa de estocagem de alevinos oscila entre 2 a 6 mil por hectare.

- *Intensiva*

Prevê uma estocagem de alevinos entre 6.000 e 1.000 por hectare. A produtividade prevista é de 4 a 8 t/ha ano. Essa meta de produção é alcançada, pois são usados viveiros que operam com sistemas de drenagens eficientes com sistemas de aeração, adubação necessária e controlada. A alimentação é artificial, à base de milho e ração balanceada.

- *Superintensiva*

É aquela cultura que se desenvolve em gaiolas e tanques-rede, que são fixados nos leitos de rios e lagos.

Em Cachoeira do Piriá, a piscicultura está sendo recomendada para os locais onde a atividade garimpeira não foi tão acentuada ou não existiu, principalmente naqueles próximos às nascentes dos igarapés. Consiste na construção de tanques para a criação de peixes. Segundo técnicos da SAGRI (em comunicação verbal), as áreas ideais para a construção desses tanques devem ser localizadas próximas a nascentes de rios ou igarapés, para que possa sempre haver a troca da água do tanque.

O regime de criação recomendado é o intensivo, com a utilização rações. Isso proporciona um ganho de peso maior e uma boa produtividade. Com relação às espécies para cultivo ou povoamento dos tanques, eles (os técnicos) recomendam aquela que apresente um bom crescimento em cativeiro, sendo de fácil propagação e apresentado boas possibilidades comerciais. As espécies indicadas são o *tambaqui* e *tilápias*, por ocorrerem em abundância na região.

Com relação aos custos, essa alternativa é considerada uma das menos onerosas, sendo que a única etapa que exige um custo mais elevado é a inicial, com a escavação para construção dos tanques, pois são utilizadas máquinas pesadas (tratores e escavadeiras). Porém, não chega a valores enormes, pois esses tanques são de baixa profundidade, variando entre 100 a 120 cm. A implantação dessa alternativa para a área de Cachoeira do Piriá representa um ponto de mudança para o fator sócio-econômico da região, uma vez que a mesma não dispõe de outra forma de sobrevivência além da atividade garimpeira, que já vem, ao longo dos anos, mostrando sinais de enfraquecimento e decadência.

Segundo estimativas feitas pelos técnicos da Secretaria Executiva de Agricultura do Estado do Pará (SAGRI) (comunicação verbal), tomando como base uma área de 10ha, sendo o regime de criação intensiva, podem-se produzir aproximadamente cinco toneladas de peixes por hectare, atendendo cerca de 800 pessoas com consumo médio diário de 120g/pessoa, bem acima do padrão estabelecido.

As áreas indicadas para a construção dos tanques em Cachoeira do Piriá são aquelas localizadas próximas às nascentes do Igarapé do Maneca, a oeste da cidade, onde as

concentrações de Hg no solo são baixíssimas. O mercúrio em solo tem suas maiores concentrações nos primeiros 20 cm do perfil, portanto esse solo que contém mercúrio será removido quando das construções dos tanques, cujas profundidades variam entre 100 a 150 cm. As análises dos parâmetros físico-químicos demonstraram não haver nenhuma alteração grave desses parâmetros nessa área. Outro fator que deve ser lavado em consideração é a abundância de água, pois esse igarapé possui água o ano inteiro. Outras áreas a norte da cidade também podem ser utilizadas para a construção dos lagos.

A aplicabilidade e a exeqüibilidade dessa alternativa dependerá da formação de uma cooperativa de desenvolvimento da cidade de Cachoeira do Piriá, que juntamente com a prefeitura e instituições de desenvolvimento regional, como a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA) e órgãos de apoio empresarial, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), que já apóia projetos semelhantes em áreas garimpeiras do Estado de Roraima. Juntos poderão gerenciar tal projeto. A assessoria técnica e a responsabilidade pela implantação devem ficar a cargo do órgão competente, que possui grande experiência no assunto, como a SAGRI, que contará também com a participação da comunidade local.

Agroindústria

Ao longo dos anos vem crescendo a procura por produtos da flora Amazônica em todo o Brasil e no exterior, tais como frutas, plantas medicinais, sementes oleaginosas e raízes aromáticas. Entre as potencialidades sustentáveis indicadas para a região, está o incentivo à produção e à comercialização desses produtos em escala industrial.

A transformação da matéria-prima feita dentro da própria região agrega um valor substancial no produto, pois gera mais empregos e conseqüentemente o aumento de arrecadação de impostos para os municípios. Sob essa ótica de desenvolvimento sustentável, procurou-se neste trabalho criar um programa de recuperação das áreas degradadas no município de Cachoeira do Piriá que proporcionasse além dos benefícios ecológicos, a melhoria das condições socioeconômicas da população local. Nesse sentido, foram apresentadas como alternativas para a área o cultivo de espécies frutíferas nativas como açaí, maracujá, cupuaçu e produtos tradicionais, como a mandioca.

Para implementação dessas alternativas, devem ser feitas primeiramente as análises das propriedades físicas e químicas do solo, cuja finalidade é avaliar o grau de contaminação por mercúrio e a fertilidade do mesmo. Em seguida, parte-se para o nivelamento mínimo do terreno, proporcionando um horizonte contínuo e homogêneo equivalente à topografia adjacente. A correção das características físicas e químicas do solo deve ser feita utilizando adubos orgânicos, caso seja necessário.

Trabalhos experimentais com espécies frutíferas foram desenvolvidos no início da década de 90, pela extinta Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), que coordenou um *plano de recuperação de áreas degradadas* no sul do município de Cachoeira do Piriá. A localidade onde se desenvolveu o projeto experimental é conhecida como Barraca da Farinha, distante 10 Km da cidade de Cachoeira do Piriá.

A espécie frutífera utilizada foi o maracujá, que apresentou bons resultados. Porém, problemas de ordem política e de gestão provocaram o abandono do projeto. A utilização final dessas áreas deve ter fins estritamente agrícolas, com plantio de espécies frutíferas de rápida comercialização, tais como cupuaçu, maracujá, acerola e açaí.

- Cupuaçu - trata-se de um fruto que apresenta a forma ovóide, de cor marrom avermelhado, cuja casca tem aspecto aveludado. O sabor é ácido, tendo o cheiro muito forte. Em seu estado nativo, ocorre em áreas de terra firme e em locais de várzea onde não ocorre alagamento. Sua distribuição ocorre em todo os estados da Amazônia. No Estado do Pará, a maior produção ocorre no município de Tomé-Açu. O cupuaçu é utilizado na fabricação de sorvetes, sucos, geléias, chocolates e doces. Também está sendo usado na indústria de cosméticos.
- Maracujá - as condições ambientais da Amazônia, como clima úmido, solo profundo e com boa drenagem, fazem do maracujá uma excelente opção para cultivo. O estado do Pará é o maior produtor da região, e a Amazônia contribui com 1/3 da produção nacional.
- Acerola - nos últimos anos foi à espécie que mais evoluiu na Amazônia, devido a seu alto valor comercial, dado pela sua elevada concentração de vitamina C. Trata-se de uma planta arbustiva de fácil adaptação no solo da Amazônia. O fruto é de fácil comercialização tanto no mercado interno como no externo.
- Açaí - trata-se de uma espécie frutífera da qual pode-se extrair o fruto para a produção de suco. O palmito é utilizado na culinária. Sua maior produtividade ocorre na várzea, mas pode também ser encontrado em grande quantidade em áreas de terra firme. No estado do Pará, o açaí se destaca pela produção e exportação de polpa de fruta para a fabricação de sorvetes e sucos. A constatação científica quanto às qualidades hipercalóricas e energéticas do açaí transformaram-no suplemento alimentar mais vendido nas academias de ginástica de todo o Brasil, principalmente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

As áreas degradadas em Cachoeira do Piriá encontram-se, em sua maioria, em regiões de planície de inundação (várzeas), sendo esse tipo de terreno propício para o cultivo da palmeira de açaí, que é encontrada em grande quantidade nessas áreas. As espécies encontradas são todas nativas. Portanto, um investimento sério nessa cultura, para fins de recuperação da área degradada, teria uma resposta sócio-econômica e ambiental muito grande na área, pois além de promover a recuperação da área possibilitaria a geração de empregos e de renda para o município através da criação de pequenas empresas de beneficiamento do fruto e do palmito.

Outra cultura agrícola bastante importante para a região Amazônica é a mandioca. O estado do Pará produz 4,5 milhões de toneladas anuais em uma área plantada de 300 mil hectares, o que o coloca como o maior produtor de mandioca do Brasil. A mandioca é plantada em todos os municípios do Pará. Os empregos gerados direta e indiretamente somam aproximadamente 170 mil. Na última década, a produção de mandioca no estado do Pará cresceu 57,1%, passando de 2.626 toneladas para 4.128 toneladas em 2002, subindo para 4,5 toneladas em 2003. A área plantada também cresceu nesse período 11%.

O crescimento obtido pela mandioca no mercado brasileiro é devido a sua condição ímpar de gerar produtos secundários, que são utilizados nas indústrias farmacêuticas, alimentícias têxteis e de mineração. O principal produto da mandioca é a fécula ou amido, que entra na composição de 600 produtos. Há possibilidade de substituir 20% do trigo utilizado na fabricação de pães. Outro produto da mandioca bastante valorizado na região é a farinha. O consumo é da ordem de 100 gramas/dia/pessoa, cerca de 36 Kg/pessoa/ano.

A importância que a mandioca tem na economia da região Amazônica, e em especial no estado do Pará, levou à formulação de projetos para implantar a cadeia produtiva, criando as usinas de beneficiamento da mandioca para produção de fécula, agregando valor a um produto, que por centenas de anos foi cultivado de forma artesanal. Essa medida tem a finalidade de gerar trabalho e renda para as comunidades envolvidas, dessa forma promovendo o desenvolvimento sustentável.

A implantação do projeto está nas mãos da iniciativa privada, que deverá investir aproximadamente R\$ 1,5 milhão, gerando 35 empregos diretos e beneficiando 1.500 famílias de agricultores, proporcionando uma renda mensal de R\$ 375,00. As unidades de beneficiamento serão instaladas nos municípios de Moju e Viseu, ambas no nordeste do Pará. A capacidade de produção é de 50 toneladas de fécula por dia. Para isso serão processadas cerca de 200 toneladas de mandioca por dia.

A alternativa do cultivo da mandioca como forma de sustentabilidade ambiental nas áreas garimpadas de Cachoeira do Piriá ganhou um grande incentivo para se tornar viável, pois com a instalação da usina de beneficiamento no município de Viseu, vizinho a Cachoeira do Piriá, estar-se-ia fechando o ciclo da produção primária da mandioca na região.

A demanda pela matéria-prima que é utilizada nessas usinas para a obtenção da fécula serve de atrativo para estimular o cultivo na área. A importância que o produto tem no mercado nacional e internacional é a garantia de que a toda a produção local será comercializada. Diante das circunstâncias apresentadas, essa alternativa passa a ter maior significado dentro do contexto de um desenvolvimento sustentável proposto para a área de Cachoeira do Piriá.

O apoio à produção primária não pode se restringir somente à criação de estruturas beneficiárias, mas participar da formação de mão-de-obra qualificada, diversificação de novas tecnologias, gestão empresarial e apoio aos pequenos produtores com créditos especiais, incentivando à agricultura familiar, que na região Amazônica vem se destacando cada vez mais ao longo dos anos. Os municípios que mais cresceram economicamente são aqueles onde há o predomínio da agricultura familiar. Nesses municípios, ocorre uma maior ocupação da mão-de-obra, e a renda é mais bem distribuída (BATISTA, 2001).

As alternativas de cultivo agrícola, por se tratarem de trabalhos pioneiros para áreas degradadas pela garimpagem na Amazônia, requerem monitoramento constante, com análises periódicas do solo, permitindo assim que se façam comparações temporais desde o início da implantação e durante o andamento do projeto. Dessa forma, pode-se observar qual a cultura agrícola que está se adaptando com maior facilidade ao novo solo. O monitoramento deve ser bem intensificado nos primeiros anos da recuperação.

Segundo HANAN & BATALHA (1995), torna-se necessário promover o incentivo ao desenvolvimento econômico na Amazônia, mas essa atitude deve ser baseada em estudos científicos e tecnologias adequadas que possibilitem a sustentabilidade da região, tanto sob o ponto de vista demográfico como no do uso racional do espaço e dos recursos naturais. Essas propostas desenvolvimentistas podem ajudar no processo de recuperação de áreas degradadas ou daquelas que estejam sob risco ambiental iminente.

As propostas apresentadas nesta pesquisa para a recuperação de áreas degradadas no município de Cachoeira do Piriá buscam, em primeiro lugar, resgatar em parte a harmonia de um ambiente que foi degradado por uma atividade produtiva, no caso a garimpagem.

A recuperação do terreno em suas características originais, na área de estudo, é inexecutável, mas amenizar os danos causados ao meio ambiente é perfeitamente atingível. As proposições apresentadas neste trabalho transcendem os objetivos meramente ecológicos, pois elas inserem a variável sócio-econômica, que até então não era aplicada nos processos de recuperação de áreas degradadas pela mineração. No caso específico de Cachoeira do Piriá, essas alternativas de recuperação das áreas degradadas e circunvizinhas promoverão também a retomada da auto-estima da comunidade local, que traz consigo ao longo dos anos o rótulo da marginalidade, que foi imposto pela sociedade à atividade garimpeira.

A organização da população para sua inserção junto aos projetos de recuperação será fator preponderante para a viabilidade dos mesmos. A criação de cooperativas e associações de trabalhadores no município é a forma mais eficiente para garantir os incentivos fiscais para implementar os projetos e também imputar as mesmas as responsabilidades pelo bom funcionamento e o monitoramento participativo e compartilhado com os demais órgãos e instituições.

6.5 - GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CACHOEIRA DO PIRIÁ

6.5.1 - CONDIÇÕES HIDROGEOLÓGICAS

Na área em estudo, não havia nenhum trabalho que possibilitasse a caracterização prévia das condições hidrogeológicas, pois todos os poços tubulares perfurados no local foram executados por pessoas autônomos, que na maioria dos casos não possuíam conhecimentos técnicos adequados. Isso foi constatado pelos locais onde foram perfurados esses poços e pela falta de proteção dos mesmos. As perfurações foram feitas em locais escolhidos de acordo com a surgência de água, como por exemplo, os poços pertencentes à prefeitura de Cachoeira do Piriá, que foram perfurados próximos a um antigo poço que abastecia a vila dos garimpeiros. As únicas informações disponíveis, dizem respeito somente à profundidade desses poços.

O conhecimento geológico (litologias, estruturas e estratigrafia), geomorfológico, geoquímico (alterações hidrotermais e supergênicas) e do sistema de captação das águas na área em estudo sugerem em caráter preliminar, apontar algumas características do sistema aquífero local. Trata-se de um aquífero granular livre constituído por aquíferos superficiais relacionados com o extenso manto de alteração supergênica da seqüência vulcano sedimentar (crosta lateríticas, crosta ferruginos, gossans e saprolito). A mineralogia é variável devido aos processos de alteração que concentram determinados elementos em porções diferentes ao longo do perfil e também a espessura é bastante variada, alcança até 140 metros no ponto mais alto.

O aquífero granular desempenha importantes funções regionais. Do ponto de vista técnico atua como importante fonte de recarga de rochas fraturadas subjacente e para a restituição dos cursos d'água, captando a água que precipitada em sua superfície permeável ou semipermeável, possibilitando a diminuição das perdas por escoamento e por evaporação. Do ponto de vista socioeconômico é importante para a captação para usos domésticos - poços escavados e tubulares rasos (GONÇALVES et al 2003; BEATO et al 2003).

Na área de Cachoeira do Piriá, não se pode ignorar o arranjo estrutural que se diferencia de toda a região do Gurupí. No mapa geológico da região (figura 4.1) se observa um padrão estrutural regional de direção NW - SE, denominado de "Cinturão Tentugal" ou "Chega Tudo" (PASTANA et al 1988). Entretanto, o mapa geológico local (figura 4.7), elaborado neste trabalho, mostra um importante segmento estrutural de direção N-NE, o qual controla as mineralizações de ouro primário, pois nessa direção é que se encontram os veios de quartzo mineralizados, que são alvos dos trabalhos de garimpagem.

A atividade garimpeira em minas subterrâneas revelou ainda, a presença de um substrato rochoso composto por rochas xistosas, bastante foliada de coloração verde escura e que correspondem às rochas encaixantes dos referidos veios de quartzo. Diante do exposto, pode-se também em caráter preliminar sugerir a existência de um sistema aquífero fissural na

área de Cachoeira do Piriá. Segundo GONÇALVES (op.cit.), o meio aquífero fissural apresenta como característica marcante a ausência ou a pouca presença de espaços vazios na rocha. A água se localiza em fissuras, juntas, fraturas e até em falhas.

A área de estudo, representa um alto estrutural na região, constituído pelos sistemas de morros e colinas e das áreas planas, fortemente orientadas na direção N-S. Essas características geomorfológicas são decisivas no controle do fluxo subterrâneo. As áreas de recarga na área situam-se nas cotas mais elevadas e nas áreas de planície. O escoamento se dá em direção às áreas de planícies e aos vales, onde aflora por meio das drenagens e nascentes dos igarapés. O nível de base no lado oeste da área é o igarapé Macaco e no lado leste é outro igarapé sem denominação.

A degradação dos recursos hídricos superficiais (córregos e igarapés), verificada na área de Cachoeira comprometeu a utilização desses recursos para fins de consumo humano. Sob essas condições, o abastecimento da cidade está sendo feito por meio de águas subterrâneas, extraídas através de poços tubulares e poços amazonas. Entretanto, o fornecimento de água pela prefeitura vem enfrentando dificuldades para atender a maioria dos moradores da cidade, pois os poços tubulares de propriedade da prefeitura estão apresentando rebaixamento do nível freático, devido à exploração contínua desde a época do garimpo, a qual se intensificou nos últimos cinco anos.

O sistema de distribuição da água também é precário, as tubulações são frágeis (rompem-se com facilidade), não possuem diâmetro adequado para que a água chegue até as casas com a pressão suficiente. A rede de distribuição tornou-se pequena para atender a população devido à expansão urbana, que está se concentrando em locais afastados do centro da cidade.

Recentemente, o município de Cachoeira do Piriá recebeu verba do Projeto Portal do Alvorada, do Governo Federal, para investir em saneamento básico, que na área foi dada a prioridade para a melhoria do sistema de captação e de distribuição de água na cidade. Entretanto, a execução dos trabalhos pela empresa de engenharia responsável encontrou grandes dificuldades para conseguir um poço com a vazão necessária para atender a população. As perfurações se sucederam em vários locais dentro da cidade e não obtiveram êxitos, os recursos financeiros foram exaurindo-se e como consequência o projeto original foi modificando, pois estava prevista a construção de um reservatório (caixa d'água) e por causa dos gastos com as perfurações, esse item teve que ser abandonado.

Até o ano passado, quando da realização do último trabalho de campo, não havia sido perfurado nenhum poço. Uma tentativa estava sendo feita em uma área onde há surgência da água, que os moradores dizem ser um poço artesiano, que na verdade trata-se de uma das nascentes do igarapé Currutela.

Os dados levantados nessa pesquisa, sobre a qualidade das águas subterrâneas na cidade de Cachoeira do Piriá revelaram que existe um problema de contaminação das águas, pela presença de nitrato (NO_3), em dois poços amazonas dentro da cidade. As causas apontadas para a degradação foi a ocupação desordenada do garimpo, que gerou a caotização do sistema de saneamento da cidade e que poderá se agravar devido a expansão da cidade, que está acontecendo em áreas onde o nível freático está a pouca profundidade.

A situação verificada em Cachoeira do Piriá demonstra o grau de complexibilidade em relação à condição hidrogeológica da área. Diante do exposto é que se justifica a prioridade de se realizar a caracterização do aquífero local, como instrumento para a gestão participativa e compartilhada dos recursos hídricos na área em estudo. O objetivo específico da proposta é da realização de um estudo em detalhe dos seguintes pontos:

- Classificar o meio aquífero (granular e fissural);
- Determinar o nível de água médio em cada meio aquífero;
- Detalhar a hidrogeoquímica das águas subterrâneas;
- Estabelecer as áreas onde o aquífero se encontra mais vulnerável a entrada de agentes contaminantes;
- Realizar estudos para analisar os parâmetros microbiológicos e patogênicos (vírus, bactérias, coliformes, entre outros), químicos e físico-químicos;
- Confeccionar o mapa potenciométrico da área, caracterizando um ou mais divisores de água por meio das direções do fluxo da água subterrânea.

O estudo acima mencionado faz parte do processo de gestão participativa e compartilhada dos recursos hídricos subterrâneos para a área da cidade de Cachoeira do Piriá. Esses levantamentos propostos devem ser feitos com a participação de órgãos governamentais como a CPRM e as universidades estadual e federal e também, com a participação da empresa de mineração que atua na área, pois os dados geológicos e geofísicos já realizados por ela serão de extrema importância para o trabalho e, ainda, está Tese de doutorado que possui dados seguros e confiáveis para a execução de um trabalho de altíssimo nível na área. O compartilhamento desses órgãos e de outros segmentos sociais envolvidos é fator preponderante para a exeqüibilidade do projeto e para o monitoramento do mesmo.

Participar das ações e compartilhar erros e acertos em estudos ambientais, que buscam a melhoria das condições de vida de comunidades que convivem com passivos ambientais pode ser entendido como um novo paradigma de gestão ambiental dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A integração e análise dos resultados possibilitaram a apresentação de forma sintética das conclusões gerais, do estudo sobre o passivo ambiental da garimpagem na área de Cachoeira do Piriá. Essas conclusões alcançaram os objetivos esperados da pesquisa e, com isso, comprovou-se a hipótese estabelecida para o trabalho. Nesse sentido, foi formulado um modelo de gestão ambiental, cujas diretrizes serão recomendadas nesse capítulo, sob a forma de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável da área.

- **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

- Os impactos ao meio físico (surgimento de cavas, lagos, assoreamento, interrupções e desvios das drenagens; e encostas instáveis) representam as mais graves alterações antrópicas em Cachoeira do Piriá, devido ao longo tempo de atividade garimpeira na região. As constantes intervenções dos garimpos em várias áreas, muitas delas já garimpadas, dificultaram, mas não impediram o processo de revegetação natural nessas áreas;
- De acordo com os teores de Hg, encontrados nos igarapés Macaco, Currutela, Vermelho, Barriquinha e Vila, pode-se enquadrá-los na classificação de rios ou drenagens amazônicos contaminados;
- O teor anômalo de Hg encontrado no solo de florestas nativa está relacionado com antigos solos garimpados na base dos sistemas de morros;
- O mercúrio encontra-se presente em todas as drenagens investigadas. Naquelas onde os trabalhos de garimpagem foram mais intensos, as concentrações são maiores. Ao logo dessas drenagens verificou-se uma variação nos teores, que está relacionada com a proximidade das fontes de emissão e com a presença de sedimentos finos, devido a baixa energia de transporte dos sedimentos, pois grande

parte dos sedimentos contaminados ficou retido nas planícies de inundação e em locais próximos as fontes de emissões.

- A topografia (erosão e lixiviação), a vegetação e os fatores físico-químicos (Eh e pH) contribuem para a mobilidade e a fixação do Hg nos sedimentos das drenagens garimpadas, como por exemplo, as baixas concentrações verificadas em drenagens garimpadas, podem está relacionadas com a presença de macrófitas aquáticas e os baixos teores registrados nas drenagens que não foram garimpadas se deve aos processos de erosão e lixiviação de solos contaminados;
- As análises de mercúrio nos solos da área urbana de Cachoeira do Piriá revelaram que o mercúrio na forma gasosa, proveniente da queima do amalgama tem baixas dispersões verticais e horizontais, precipitando-se próximo às fontes de emissões. À medida que os pontos vão se afastando dos antigos locais de queima e fundição os teores de mercúrio tendem a diminuir. O trend das concentrações de mercúrio realizados com amostras superficiais de solo da área em estudo revelou que os teores do Hg são maiores na zona urbana de Cachoeira do Piriá do que na zona rural;
- A contaminação no igarapé Macaco é verificada somente no trecho onde ele recebe a contribuição das drenagens impactadas pelos garimpos. A entrada dos sedimentos contaminados no igarapé Macaco acontece no período chuvoso, quando há o aumento da energia de transporte das drenagens, devido às chuvas torrenciais na região. Nos trechos a montante da área garimpada os teores foram baixíssimos e serviram como o *background* para os sedimentos dessa drenagem;
- A presença do nitrato nas águas subterrâneas em Cachoeira está relacionada ao saneamento *in situ*. Os teores altos da condutividade elétrica, do cloreto e do sódio encontrados nos poços 3 e 4 confirmam como a principal fonte de contaminação as fossas negras (latrinas), que foram construídas próximas a esses poços.
- A construção dos poços, associada com a falta de proteção e conservação, a constituição do solo, os processos de alterações supergênicas e hidrotermais, as deformações das rochas da área e o adensamento populacional tornam o aquífero local bastante vulnerável a ação de agentes contaminantes. A fragilidade de

proteção facilita a entrada desses agentes poluidores através das águas pluviais e das raízes de plantas que carregam para dentro dos poços;

- A expansão urbana o aumento da densidade demográfica nessas áreas pode por em risco a qualidade da água. Para definir com melhor segurança a presença dos compostos nitrogenados nos dois poços em destaque, é necessária a verificação dos teores, através de um monitoramento periódico, baseando-se na sazonalidade da região (chuvas e estiagem);
- Para efeito de gestão dos recursos hídricos a área onde estão localizados os poços deverá ser classificada como de contaminação tolerável. Porém, as áreas onde está havendo expansão da cidade, o risco de contaminação das águas subterrâneas é eminente devido à baixa profundidade do aquífero;
- A atividade garimpeira pode ser considerada como uma fonte de alteração dos aquíferos, pois influencia diretamente o equilíbrio hídrico subterrâneo, quando da utilização dos shafts e galerias, que geralmente ocasionam o rebaixamento o nível freático ou até mesmo, deixá-lo exposto quando acontece o alagamento da mina. Outra forma que pode causar contaminação do aquífero é o surgimento de cavas alagadas por águas pluviais. Esse ambiente tornasse redutor, devido à falta de circulação, presença de excrementos de animais e da decomposição dos restos de vegetais, a água contaminada pode infiltra-se pelo solo até alcançar o aquífero;
- Quanto a característica hidrodinâmica, pode estar condicionada a geomorfologia da área. A cidade de Cachoeira do Piriá localiza-se em um segmento estrutural de direção N-S, com altitudes que chegam a 140 metros. Pode-se observar um divisor de águas, cujos fluxos apresentam direções leste e oeste. Além disso, o aquífero pode está condicionado ao intenso fraturamento imposto as litológicas locais;
- Em caráter preliminar pode-se concluir que, o sistema aquífero na área é do tipo livre, constituído por rochas da seqüência metavulcano sedimentar metamorfizada no fáceis Xisto-verde e alteradas por processos supergênicos e hidrotermais, que compõem um extenso manto de intemperismo (lateritas). Os fraturamentos na área tem direções preferenciais N-NE e E-W;

- A água que abastece a cidade é toda de fonte subterrânea, extraída por meio de poços tubulares e amazonas. O principal uso dessa água é doméstico. Para uso industrial foi cadastrado um poço pertencente ao proprietário de uma serraria;
- As nascentes dos igarapés estão ameaçadas pela urbanização da cidade, haja vista, que a maioria delas se encontra no perímetro urbano e conseqüentemente estão vulneráveis a ações de contaminantes;
- As águas subterrâneas naturais são de dois tipos bicarbonatadas magnesianas e cloretadas sódicas magnesianas. O pH é ácido na faixa de 5,3 a 5,9;
- As concentrações dos elementos químicos encontrados nos sedimentos e solos na área de estudo correspondem as composições químicas das litologias da área (rochas máficas e ultramáficas) e também dos processos de alteração dessas rochas - *processos de alteração supergênica, formações de lateritas e gossans, como também com processos de alteração hidrotermal - seretização, carbonatação, cloritização entre outros*. Os elementos traço Zr e Cr apresentam as maiores concentrações nos sedimentos e no solo. O Zr é produto de alteração das crostas sílico ferruginosa e aluminosa em matriz argilosa. Enquanto o Cr indica a presença de rochas máficas e ultramáficas na área;
- O diagnóstico do passivo ambiental da área de Cachoeira do Piriá comprovou que a mesma encontra-se em desequilíbrio ambiental. Além disso, verificou-se a existência de disputas territoriais de áreas destinadas para assentamento e das áreas com potencial mineral. Segundo o DNPM, as áreas com potencialidades minerais estão legalmente na posse da empresa de mineração, que se encontra na região. Porém, essas as áreas estão inseridas dentro de uma mega área de assentamento agrícola, criada pelo INCRA, em 1993, mas o referido órgão desconhecia a propriedade da mineradora;
- A atuação desordenada dos órgãos governamentais no local, sem interação entre si, chega ao nível de sobreposição de jurisdição, com propostas antagônicas, como, por exemplo, a do INCRA, a da Prefeitura e a do DNPM, proporcionando na área um estado de tensão permanente, gerando barreiras sociais, econômicas e políticas, impedindo a formulação de propostas de caráter desenvolvimentista para a área. As idéias unilaterais de desenvolvimento para o município e de melhoria da qualidade de vida da população local não terão o retorno esperado sem que haja participação

e interação efetiva dos órgãos governamentais, dos segmentos sociais e de entidades privadas envolvidos no conflito;

- A presença da sede do município em local potencialmente reservado para a exploração mineral praticamente inviabilizou essa atividade produtiva na área. A provável perda desse investimento configura-se como um grande “*paradoxo socioeconômico*”, pois a região é pobre, sem infra-estrutura, sem empregos, não havendo mecanismo de geração de renda;
- Quanto à exploração mineral, essa teve grande importância na região, em especial na área de Cachoeira do Piriá. A exploração secular de ouro na região foi responsável pelo povoamento de algumas áreas dentro do município de Cachoeira. Porém a cidade herdou graves problemas ambientais como ônus da riqueza mal explorada;
- O INCRA atua na região de Cachoeira do Piriá como um órgão atenuador das tensões sociais geradas pelos diversos conflitos agrários que ocorrem no município e fora dele. Como grande parte da área do município é destinada a assentamentos, cabe ao INCRA destinar os locais que serão ocupados pelas famílias. Essas ações não contemplam atividades de sustentabilidade socioeconômica e nem ambiental. A política adotada pelo INCRA não está de acordo com a Resolução do CONAMA quanto à obrigatoriedade da elaboração do EIA/RIMA para as áreas destinadas a assentamentos;
- No que concerne à política de crédito e incentivos fiscais na Amazônia pode-se assegurar que mesma é conduzida pelo governo federal, através de seus órgãos de fomento Banco da Amazônia (BASA), Banco do Brasil, Caixa Econômica e a Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA), essa ultima atuando como agente gestor e financiador dos projetos. Porém, MILLIKAN 1998 apud BATISTA (2001) refere-se como tímidos os esforços desses órgãos para inserir os incentivos fiscais na forma de instrumentos que possam estimular as práticas de uso sustentável e de conservação dos recursos naturais da região;

RECOMENDAÇÕES

- Políticas Públicas para o desenvolvimento sustentável
 - As propostas apresentadas neste trabalho devem ser conduzidas por meio de políticas públicas. A formulação das políticas públicas em setores estratégicos como fundiário, mineral, agrícola, incentivos fiscais e de crédito na área de Cachoeira do Piriá representam o fator decisivo para a viabilidade do modelo de gestão ambiental;
 - As políticas públicas formuladas devem seguir as informações levantadas com o estudo do diagnóstico ambiental da área. Essa medida deve contribuir para a execução, implementação e monitoramento do modelo de gestão ambiental proposto, representando também um avanço importante e essencial para o processo de desenvolvimento sustentável local;
 - A política de crédito e incentivos fiscais na Amazônia é o instrumento que condiciona a forma de uso e ocupação do solo e a racionalidade dos recursos naturais. Entretanto, o que se observa atualmente é um privilégio explícito ao setor agropecuário, incentivando e contribuindo para a expansão da pecuária bovina principalmente gado de corte;
 - As linhas de crédito para financiar projetos alternativos como de manejos florestais e de reflorestamentos são quase inexistentes, quando a interesse das instituições governamentais em apoiar tais projetos, surgir outro entrave desta vez, relacionado aos prazos de financiamento, amortização e reembolso. Essas dificuldades tornam-se ainda maiores para os pequenos produtores, pois como a maioria deles não possui títulos de propriedades, o financiamento não pode ser liberado;
 - A tendência das políticas de créditos e incentivos fiscais na Amazônia é financiar cooperativas ou associações de agricultores. A política de incentivos influencia de forma decisiva o uso dos recursos naturais;
 - As perspectivas quanto a um aproveitamento melhor dos recursos minerais na área estão desaparecendo, devido a circunstâncias burocráticas, conflitos institucionais entre órgãos governamentais (INCRA X DNPM), prefeitura e a empresa de mineração;

- A resolução do conflito entre a empresa de mineração e a prefeitura de Cachoeira do Piriá pode seguir dois caminhos. O primeiro seria o pedido de indenização financeira por parte da empresa ao governo federal, por perdas e danos referente aos investimentos em pesquisas já executadas na área, conforme assegura a legislação mineral e ambiental vigente. A empresa poderá alegar ter sido prejudicada financeiramente pelo impedimento de explorar o recurso mineral do qual é proprietária, devido à permanência e expansão da cidade, dentro dos limites de sua área;
- O outro caminho refere-se à possibilidade da continuação da exploração do ouro pelos garimpeiros. Nesse caso, é recomendado que os garimpeiros organizem-se na forma de cooperativa, seguindo os princípios da legislação mineral, para que seja iniciado o processo de transferência da Portaria de Lavra, que está em poder da empresa de mineração em Pesquisa de Lavra Garimpeira (PLG) para a cooperativa;
- A política fundiária está em confronto com o setor mineral, pois o INCRA não reconhece a Portaria de Lavra que garante os direitos minerais para a empresa TVX, apresentando o município de Cachoeira do Piriá como área destinada a assentamentos;
- Em relação à política pública para o setor fundiário na área de Cachoeira do Piriá, considera-se a sua formulação como o principal instrumento para alcançar o desenvolvimento sustentável, pois o modelo de gestão apresentado e as alternativas de recuperação das áreas degradadas dependem de uma situação estável, harmoniosa e legal entre os atores envolvidos nos conflitos fundiários pelos quais passa a área em estudo;
- A estratégia para uma política fundiária eficiente na área deverá, primeiramente, resolver os conflitos entre DNPM, INCRA, prefeitura, a empresa de mineração e os agricultores que reivindicam os direitos superficiais de suas terras. A organização da questão fundiária dentro do contexto da área estudada deve ser baseada no mapa geoambiental, elaborado neste trabalho;
- O diagnóstico socioeconômico e geoambiental apresentados possuem importantes instrumentos de apoio a uma proposta séria de política fundiária. As atribuições dessa política na área estão na informação sobre a qualidade do solo, evitando que

a expansão urbana inviabilize áreas propícias à agricultura ou que famílias sejam assentadas em locais de solo impróprio para cultivo, em áreas de risco e locais com escassez de água;

- A área da cidade de Cachoeira do Piriá, escolhida como estudo de caso, passaria a ser a principal referência de aplicação de política fundiária seguindo os princípios do desenvolvimento sustentável. Conforme este estudo;
- Como efeito de uma política fundiária eficiente o INCRA deverá seguir a determinação da Resolução 01 do CONAMA sobre a elaboração de EIA/RIMA em áreas de assentamento. Portanto, torna-se prioritário realizar o Zoneamento Socioeconômico e Geoambiental de todo o município de Cachoeira do Piriá, uma vez que grande parte área do município é destinada para assentar famílias de agricultores;
- Para a implementação das alternativas proposta no modelo de gestão ambiental apresentado, torna-se necessária a participação desses órgãos de fomento financeiro da região;
- As condições da degradação do meio físico e do meio socioeconômico, verificados na área de Cachoeira do Piriá são variáveis convincentes para a formulação de uma nova política de incentivos fiscais na região, que privilegiem as ações voltadas para o meio ambiente principalmente aquelas que possibilitem a recuperação de áreas degradadas e o controle ambiental das atividades produtivas;
- A investigação do passivo ambiental, que resultou no diagnóstico ambiental da área estudada deve ser o instrumento que subsidiará a formulação da política de incentivos fiscais para os projetos propostos para a área de Cachoeira do Piriá;
- Em Cachoeira do Piriá, a seriedade dos órgãos envolvidos, a participação da comunidade local no processo de tomada de decisão são pontos positivos para a viabilidade das propostas contidas no modelo de gestão ambiental. A participação das instituições de pesquisas na formulação, implantação e monitoramento dos projetos de gestão ambiental é outro fator determinante para consolidar esse apoio financeiro. Recomenda-se também, a participação de instituições internacionais, que tenham nos seus objetivos o auxílio a projetos que contemplem os princípios do desenvolvimento sustentável;

- A política de incentivos fiscais para projetos que visem promover o desenvolvimento econômico com equilíbrio ecológico e equidade social na região Amazônia deve assumir um caráter diferenciado de outros projetos que não tenham os mesmos objetivos, ou seja, de criar oportunidades para facilitar o acesso dos agricultores e das cooperativas aos financiamentos;
- A caracterização do aquífero local deve ser feita com o apoio dos órgãos governamentais como a CPRM, DNPM, as universidades, empresa de mineração e os moradores da cidade, por meio de gestão participativa e compartilhada. Essa ;
- O modelo de gestão ambiental com abordagem participativa e compartilhada, proposto para a área garimpada do município de Cachoeira do Piriá está de acordo com o *Programa de desenvolvimento sustentável para Amazônia*, criado pelo governo federal no ano passado, o qual contempla cinco prioridades básicas:
 - ✓ Produção sustentável com tecnologias avançadas;
 - ✓ Novo padrão de financiamento;
 - ✓ Gestão ambiental e ordenamento territorial;
 - ✓ Inclusão social e cidadania e infra-estrutura para o desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. A. M.; HASUI, Y. Estruturas das Formações Gurupí e Santa Luzia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SBG, 1980. v. 5, p. 2533-2541.
- ABREU, F. A. M. Evolução geotectônica do Pré-Cambriano da região Meio Norte do Brasil e sua correlação com a África Ocidental. 1990. 300 f. Tese (Doutorado) Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- ABREU, F. A. M.; VILLAS, R. N. N.; HASUI, Y. Esboço Estratigráfico do Pré-Cambriano da Região do Gurupí, Estado do Pará-Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú: SBG, 1980. v. 2, p. 647-698.
- ACKERMAN, F. L. Esboço para a geologia entre as cidades de Belém - Rio Gurupí e Atlântico Rio Guamá. Belém: Imprensa Universitária do Pará, 1969. 90p.
- AGUIAR, M. C. P. Avaliação quantitativa de propriedades geotécnicas e hidrogeológicas com vista à vulnerabilidade do aquífero Bauru, em São José do Rio Preto. 2001. 118 f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade estadual Paulista, Rio Claro.
- AKAGI, H.; NISHIMURA, H. Speciation of mercury in the environment. In: SUZUKY, T.; IMURA, N.; CLARKSON, T. W. (Eds.) Advances in mercury toxicology. New York: Plenum Press, 1991. p. 53-76.
- ARAUJO NETO, H. Controle ambiental em atividade de garimpo. In: SEMINÁRIO BRASIL-CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE, 1991, Brasília. Anais... Brasília: MINFRA, DNPM, 1991. p. 284-299.
- ARAUJO NETO, H. Ouro no noroeste do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA MAZÔNIA, 1., 1982. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1980. p. 23-29.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE; Fapesp; Cnpq. 1998. 584 f
- AUMOND, J. J. Desenvolvimento sustentável: realidade ou utopia? Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 1 n. 2, p. 5-11, 1999.
- BATISTA, I. X. Desenvolvimento sustentável em Rondônia: políticas públicas, desmatamento e evolução socioeconômica. 2001. 157 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BARROSO, C. M. R. Caracterização do sistema aquífero Barreiras/Marituba na área de Maceió/AL. 2001. 117 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BEATO, D. A. C.; MDEIROS, M. J.; DREWS, M. G. P.; DUTRA, G. M. Impactos urbanos em águas subterrâneas - bacia da lagoa da Pampulha, Belo Horizonte - MG. Revista de Águas Subterrâneas, nº 17, p. 49-65. 2003.
- BECKER, B. K. Amazônia. 2.ed. Rio de Janeiro: Ática, 1990. 112 p.

BELONDI, H. V. Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso como instrumento de gestão ambiental e de recursos hídricos: estudo aplicado na bacia do Rio Corumbataí - SP. 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N. Estudos de impacto ambiental e a geologia. In: BITAR, O. Y. (Org). O meio físico em estudo de impacto ambiental. São Paulo, ABGE/IPT-DIGEO, 1990. Parte I, p. 1-3. (Série Meio Ambiente).

BITAR, O. Y. Instrumento de gestão ambiental (igas) aplicáveis ao planejamento, instalação, operação e desativação de empreendimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE GESTÃO AMBIENTAL, 2001. São Paulo: ABGE, 2001. 1 CD-ROM.

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N.; BRAGA, T. O. Inserção da análise de risco geológico em estudo de impacto ambiental. In: BITAR, O. Y. (Org.) O meio físico em estudo de impacto ambiental. São Paulo, ABGE/IPT- DIGEO, 1990. Parte 4, p.14-17. (Série Meio Ambiente).

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N.; VASCONCELOS, M. M. T. Considerações básicas para abordagem do meio físico nos estudos de impacto ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1988. v. 6, p. 1974-1982.

BITAR, O. Y; VASCONCELOS, M. M. T. Recuperação de áreas degradadas. In: TANNO, L. C. & SINTONI, A. (Coord) Mineração & Município: Bases para planejamento e gestão dos recursos minerais. São Paulo, IPT, 2003. Capítulo 7, p. 111-146.

BITTENCOURT, J. S.; BORGES, W. R.; KORITIAKE, M. The Cachoeira gold deposit, Gurupi belt, Pará, Brazil: geological setting, structure and mineralization - a preliminary report. In: LADEIRA, E. A. (Ed.) Brazil Gold'91. Rotterdam: Balkema, 1991. p. 203-208.

BLARASIN, M. Evaluacion ambiental del impacto de sistemas de saneamiento domiciliarios sobre el agua subterránea en el barrio San Martin, ciudad de Rio Cuarto, Prov. de Cordoba. Serie Correlacion Geológica, n. 13, p. 177-186, 1999.

BORGES, M. S; ANGÉLICA, R. S; COSTA, M. L. Contribuição à geologia dos arredores da Vila de Santa Luzia (Ourém-PA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1988. v. 6, p. 2689-2703.

BOZONGO, J. C.; HEIM, K. J.; WARWICK, J. J.; LYONS, W. B. Mercury levels in Carso river system, Nevada influence of historic mining activities. American Geophysical Union San Francisco. CA Abstracts. EOS (Washington), v. 75, p. 242, 1994.

BOZONGO, J. C.; OJIAMBO, B. S.; LYONY, W. B.; WILDER, S.; WELCH, K. Mercury concentration in waters of lake Naivasha watershed, Kenya. Geophysical Research Letters, v. 23, p. 1581-1584, 1996.

BRABO, E. S.; ANGÉLICA, R. S.; SILVA, A. P.; FAIAL, K. R. F.; MASCARENHAS, A.F. S.; SANTOS, E. C. O.; JESUS, I. M.; LOUREIRO, E. C. B. Assessment of mercury levels in soils, waters, bottom sediments and fishes of Acre state in Brazilian Amazon. Water, Air and Soil Pollution, v. 147, p. 61-77, 2003.

BRADBURY, R. Sustainable development as a subversive issue. Nature & Resources, v. 34, n. 4, p. 7-11, 1998.

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. In: Projeto RADAMBRASIL. Folhas SA.23/24 Jaguaribe/Natal Rio de Janeiro : MME, 1981. 740p. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).
- BRUSEKE, F. J. Mineração, ouro e a caotização de uma região. In: MATHIS, A.; REHAAG, R. (Orgs.) Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental na Amazônia. Belém: CEJUP, 1993. p. 21-26.
- BUTZKE, I. C. Considerações sobre a sustentabilidade do meio rural: uma breve análise do caso de Santa Terezinha, Alto Vale do Itajaí/SC. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v. 1, n. 1, p. 62-76, 1999.
- CALAES, G. D. O papel das pequenas empresas de mineração. Brasil Mineral. nº 200. p. 22-26. 2001.
- CALLAHAN, J. E.; MILLER, J. W.; CRAIG, J. C. Mercury pollution as a of gold extraction in North Carolina, U. S. A. Applied Geochemistry, v. 9, p. 235 - 241, 1994.
- CALLAHAN, J. E.; MILLER, J. W.; CRAIG, J. C.; MILLER, B. M. Mercury pollution in area mined for gold: South Moutains, Robbins, and high point areas of North Carolina. Abstracts with Programs. Geological Society of America, v. 24, n.2, 1992.
- CAVALCANTE, I. N. Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. 1997. 164 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de são Paulo, São Paulo.
- CAVALCANTI, C. (Org.) Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995, 429 p.
- CAVALCANTI, C. (Org.) Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez, 1997. 436 p.
- CAVALCANTI, M. A. P. Impacto dos sistemas de saneamento "in situ" nas águas subterrâneas no bairro de Piratininga - município de Niterói (RJ). 1996. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CLEARY, D. A garimpagem de ouro na Amazônia uma abordagem antropológica. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1992. p. 27-48.
- COELHO, V. M. T & DUARTE, U. Perímetro de proteção para fontes naturais de águas minerais. Revista de Águas Subterrâneas. São Paulo. nº 17 p. 77-90. 2003
- CORDANI, U. G. O papel da ciência no desenvolvimento sustentável. Estudos Avançados. Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais, n. 20, p. 1-11, 1994.
- CORDANI, U. G. As ciências da Terra na sociedade contemporânea. IG UNICAMP: cadernos, Campinas, v. 8, n. 1-2, p. 1-35, 2000.
- COSTA, J. L. da ALMEIDA, H. G. de RICCI, P. S. F. Metamorfismo e subdivisão tectono-estratigráfica do Grupo Gurupí no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1996, Belém. Boletim de Resumos Expandidos. Pará: SBG/NO, 1996. p. 110 - 112.
- COSTA, J. L.; ARAUJO, A. A. F.; VILLAS BOAS, J. M.; FARIA, C. A. S.; SILVA NETO, S. S; VANDERLEY, V. T. R. Projeto Gurupí. Belém: DNPM/CPRM. v.1, 1975. (Relatório preliminar).

- COSTA, M. L.; SOUZA, V. S. O encanto da crosta laterítica da Pedra Grande. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991. Belém. Anais... Pará: SBG/NO. 1991. p. 495-511.
- COSTA, M. L. A dinâmica de formação de lateritas: o exemplo do NE do Pará e do NW do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1984. p. 4823-4837.
- COSTA, M. L. Gossans da Amazônia notícias tardias?. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., 1991. Belém. Anais... Pará: SBG, 1991. p. 449-463.
- COSTA, M. L.; SÁ, J. H. S. Os fosfatos lateríticos da Amazônia Oriental: Geologia, Mineralogia, Geoquímica e correlação com as bauxitas da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980. Balneário Camboriú. Anais... Balneário de Camboriú: SBG. 1980. v. 3, p. 1459-1471.
- COSTA, M. L.; COSTA, W. A. M.; SCHWAB, R. G. Mineralogia das ocorrências de fosfatos lateríticos do Pará e Maranhão (Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980. Balneário Camboriú. Anais... Balneário de Camboriú: SBG, 1980. v. 4, p. 1982-1994.
- COUTO, R. C. S.; CÂMARA, V. M.; SABROZA, P. C. Intoxicação mercurial: resultados preliminares em duas áreas garimpeiras no estado do Pará. *Pará Desenvolvimento*, n. 23, 1 -37, 1988.
- CUNHA, R. C. A. Avaliação de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas - estudo de caso. 1997. 152 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CUNHA, L. V. Perspectivas da gestão da água para o século XXI: desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de recursos Hídricos*, v. 7 nº4, p. 65-73. 2002.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. S. *Hidrologia Subterrânea*. 2.ed. Barcelona: Omega, 1996. v. 1, 1157 p.
- DAE-DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO. Estudo da contaminação por nitrato no distrito de Tibirica, Bauru. São Paulo: DAE-Bauru/IGUSP, 2000. 31 p. (Relatório Técnico).
- DAVIES, W. K. D. Sustainable development and urban policy: hijacking the term in Calgary. *Geojournal*, v. 43, n. 4, p.359-369, 1997.
- DIEGUES, A. C. *Ecologia humana e planejamento costeiro*. 2.ed. São Paulo: NUPAUB, 2001. 225 p.
- FEIJÃO, A. J.; PINTO, J. A. Amazônia e a saga aurífera do século XX. In: BARBOSA, L., LOBATO, A. L.; DRUMOND, J. A. (Orgs.) *Garimpo, meio ambiente e sociedades indígenas*. Niteroi: EDUFF, 1992. p. 18-36.
- FERNANDES, E. T. Mercúrio atmosférico na Amazônia e estudo de caso em Alta Floresta. 1997. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FOLADORI, G.; TOMMASINO, H. El concepto de desarrollo sustentable treinta años después. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, n. 1 p. 41-56, 2000.
- FORNASARI FILHO, N. Alterações no meio físico decorrente de obras de engenharia. São Paulo, Instituto de Pesquisa Tecnológica, 1992. (Boletim nº 61).

- FOSTER, S. S. D; HIRATA, R. A. Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: uma metodologia embasada em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico n 10, 1993, 92 p. (Boletim).
- FRANCO, M. A. R. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. 2. ed. São Paulo: Annablume/ Fapesp. Edifurb, 2000. 294 p.
- GIORDANO, M. L. A garimpagem de ouro nos estados do Pará e Amapá no final do século XX. 1995. 332 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GOLDENSTEIN, S. Instrumentos de gestão ambiental na implementação de políticas públicas. In: SIMPÓSIO SOBRE GESTÃO AMBIENTAL, 2001. São Paulo: ABGE. 2001. 1 CD-ROM
- GONÇALVES, J. A. C; SCUDINO, P. C. B; SOBREIRA, F. G. Domínios hidrogeológicos no meio fissural do leste da Zona da mata - MG e extremo nordeste do estado do Rio de Janeiro. Revista de águas subterrâneas. São Paulo. nº 17. p. 31-40. 2003.
- GRANATO, M. Equipamentos de controle ambiental na mineração. In: SEMINÁRIO BRASIL-CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE. Anais. Brasília, MINFRA, SNMME, DNPM. 1991. p.203-212.
- GUIMARÃES, J. R. D.; FOSTIER, A.; FORTI, M. C.; MELFI, J. A.; KEHRIG, H.; MAURO, J. B. N.; MALM, O.; KRUG, J. F. Mercury in human and environmental samples from two lakes in Amapá brazilian Amazon. Ambio, v. 28, p. 296 - 306, 1999.
- HACON, S.; ROCHEDO, E. R. R.; CMAPOS, R. R. R.; LACERDA, L. D. Mercury exposure through fish consumption in the urban are of Alta Floresta in the Amazon basin. Journal of Geochemical Exploration, v. 58, p. 209-216, 1997.
- HANAI, M. O eldorado brasileiro: política, trabalho e meio ambiente na mineração do ouro. 1995. 324 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Sociologia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- HANAN, S. A.; BATALHA, B. H. L. Amazônia contradições no paraíso ecológico. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1995. p. 151-162.
- HORBE, A M. C. E costa, m. I. Crostas lateríticas geradoras de solos na Amazônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém, 1996. Boletim de Resumos Expandidos. Pará, SBG/NO 1996. p. 261-264.
- IGREJA, H. L. S. Estudo geológico da sequência Camiranga, NE do Pará. 1985. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Comissão Técnica de Meio Ambiente. Mineração e meio ambiente. IBRAM, Brasília. 126 f. 1992
- INVERNIZZI, A. L. Caracterização hidrogeoquímica do aquífero Botucatu, no setor médio da Bacia Hidrográfica Mogi-Pardo. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- JACKS, G.; SEFE, F.; CARLING, M.; HAMNRAR, M.; LEASAMO. P. Tentative nitrogen budget for pit latrine - Eastern Botswana. Environmental Geology, v. 38, n. 3, p. 199 -203, 1999.

JERNELOU, A.; RAMEL, C. Evaluation of the role and distribution of mercury in ecosystems with special emphasis on tropical region. *Ambio*, v. 24, n. 5, p. 319-320, 1995.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. Síntese geológica e geocronológica do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupí na região do rio Gurupí (NE-Pará / NW-Maranhão) *Geologia USP. Série Científica*, São Paulo, v. 3. p. 97-112, 2003.

LACERDA, L. D.; SOLOMONS, W. Mercúrio na Amazônia: uma bomba-relógio química? Rio de Janeiro: CETEM, 1992. 78p. (Série Tecnologia Ambiental, 3).

LACERDA, L. D. Dispersão de mercúrio em uma drenagem afetada por rejeitos de atividade garimpeira em Poconé, Mato Grosso. In: VEIGA, M. M.; FERNANDES, F. R. (Orgs.) *Poconé, um campo de estudos do impacto ambiental do garimpo*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1991. p. 45 - 60. (Série Tecnologia Ambiental, 1).

LEITE, C. A. G.; FORNASARI FILHO, N.; BITAR, O. Y. Estudos de impacto ambiental - algumas sobre a metodologia para o caso da mineração. In: BITAR, O. Y. (Coord.) *O meio físico em estudo de impacto ambiental*. São Paulo: ABGE/IPT-DIGEO, 1990. p. 4-8. (Série Meio Ambiente).

MACHADO, C. S. A questão ambiental brasileira: uma análise sociológica do processo de formação do arcabouço jurídico-institucional. *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau, v. 2. n. 2-3, p. 5-20, 2000.

MACHADO, I. F. Indústria mineral. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 12, n. 33, p. 41-65, 1998.

MAIMON, D. Ensaio sobre economia e meio ambiente. Rio de Janeiro. APED. P.85. 1992.

MALM, O.; PFEIFFER, W. C.; RODRIGUES, W. B.; MAGALHÃES, C. M. S. Utilização do acessório de geração de vapor frio: análise de mercúrio em investigações de ambientais por espectrometria de absorção atômica. *Ciência e Cultura*, v. 41, p. 88-92, 1989.

MARTINELLI, L. A. Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. *Ambio*, v. 17, n. 4, p. 252 - 254, 1988.

MARTINS, G.; COELHO, F. A.; RODRIGUES, F. L. B. Plano piloto para recuperação de áreas degradadas. Relatório consolidado da atividade de mineração. Belém-Pa: MINFRA/ SUDAM/ DRN, 1994. 139p.

MASON, N. R. P.; FILSGERALD, W. F.; MOREL, F. M. M. The biogeochemical cycling of elemental mercury: Anthropogenic influences. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 58, p. 3191-3198, 1994.

MASTRINE, J. A.; BOZONGO, J. C.; LIONS, W. B. Mercury concentrations in surface waters from fluvial systems draining historical precious metals mining areas in southeastern USA. *Applied Geochemistry*, v. 14, n. 2, p. 147-158, 1999.

MATHIS, A. Garimpagem de ouro na Amazônia. Belém: UFPA, 1995. 14p.(Cadernos do NAEA, 36).

MATHIS, A.; BRITO, D. C.; BRUSEKE, F. J. Riqueza volátil a mineração de ouro na Amazônia. Belém: Cejup, 1997. 290 p.

MATHIS, A.; REHAAG, R. (Orgs.) Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental da Amazônia. Belém: Cejup, 1993. 239 p.

MATIAS, F. O. Ocupação, políticas públicas e gestão ambiental de unidades de conservação do Estado de Rondônia - o estudo de caso do Parque estadual de Guajará Mirim. 2002. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

MAURO, N. J. N.; GUIMARÃES, J. R. D. Aguapé agrava a contaminação por mercúrio. *Ciência Hoje*, v.25, n. 150, p. 68-71, 1999.

MEBRATU, D. Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. *Environmental impact Assessment Review*, v. 18, n. 6, p. 493-520, 1998.

MEECR, J.; VEIGA, M. M.; THOMANS, D. Reactivity of mercury from gold mining activities in darkwater ecosystems. *Ambio*, v. 27, n. 2, p. 92 - 97, 1998.

MELAMED, R.; VILLAS BÔAS, R. C.; GONÇALVES, G. O.; PAIVA, E. C. Mechanisms of phisico-chemical interation of mercury with river sediments from a gold minig region in Brazil: relative mobility of mercury species. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 58, p. 119-24, 1997.

MILLER, J. R.; LECHLER, P. J.; ROWLAND, J.; DESILETS, M.; HSU, C. C. A integrated aproch to the determination of the quantity, distribution, and dispersal of mercury in Lahontan reservoir, Nevada, USA. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 52, p. 45-55, 1995.

MILLER, J. R.; ROULAND, J. Geomorphic controls on the distribution of mercury contaminated sediment, Carson river sistem, North Central Nevada. *EOS (Washington)* v. 75, n.42, 1994.

MORI, P. E.; REEVES, S.;CORREIA, C. T.; HAUKKA. M. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, São Paulo University. *Revista Brasileira de Geociências*, v.3, n. 29 , p. 441-446, 1999.

NAPOLEÃO, R. P. Zoneamento ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Capivari (SP). 2003. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

NASCIMENTO, L. F.; SATTTLER, M.; ARAUJO, M. A. A caminho do desenvolvimento sustentável: o caso de Três municípios no Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIOAMBIENTE, 6., 2001. São Paulo. Anais... São Paulo: FGV-FEA/USP, 2001. p. 784-793.

NORDE, W. Energy and entropy: a thermodynamic approach to sustainability. *The Environmentalist*, v. 17, p. 57-62, 1997.

NRIAGU, J. O. Legacy of mercury pollution. *Nature*, v. 363, p.589, 1993.

PASTANA, J. M. N.; JOÃO, X. S. J.; FARIA, C. A. S. Folhas Turiaçu e Pinheiro - uma contribuição à geologia do meio norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., 1993. Natal. Anais... Natal: SBG, 1993. p. 237-239.

PEITER, C. C. Abordagem participativa na gestão de recursos minerais. 2000. 174 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, M. I.; SANTOS, A. S. Modelo de gestão: uma análise conceitual. São Paulo: Pioneira - Thomson Learning, 2001. 71 f.

PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D.; MALM, O.; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, E. G.; BASTOS, W. R. Mercury concentrations in inland waters of gold-mining areas in Rondônia, Brazil. *The Science of the Total Environment*, v. 87, n. 88, p. 233-240, 1989.

PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D.; MALM, O.; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, E. G. A ameaça do mercúrio nos garimpos. *Ciência Hoje*, v. 11, n. 61, 1990.

PINTO, J. A. Garimpagem: contribuição ao desbravamento e à ocupação da Amazônia. In: MATHIS, A.; REHAAG, R. (Orgs.) Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental na Amazônia gold "garimpo". Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1993. 32 p. (Série Tecnologia Ambiental, 7).

PIRES, M. A F.; COTRIM, M. E. B.; MARQUEZ, M. N.; BOHRER - MOREL, M. B. C.; MARTINS, E. A. J. Qualidade da água para o consumo humano: uma oportunidade de avaliação da concepção e aplicabilidade da nova legislação - portaria 1469/MS/00. *Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 33, n. 2, p. 127-138, 2001.

RAMOS, A. J. L. A.; PEREIRA FILHO, S. R. Diagnóstico ambiental das áreas submetidas à garimpagem de ouro em Rio Preto - MG. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1996. 31p. (Série Tecnologia Ambiental, 11).

REBOUÇAS, A. C. Impactos ambientais nas águas subterrâneas. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 7., 1992, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: ABAS, 1992, p. 11-17.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REBOUÇAS, A. C. A inserção da água subterrânea no Sistema Nacional de Gerenciamento. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. São Paulo, v. 7 nº 4, p 39-50. 2002.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA JR, B.; TUNDIZI, J. G. (Org.) Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Escrituras Editora, 1999. 716 f.

REQUELME, M. E. R. Contaminação ambiental por mercúrio no distrito mineral de Nambija : Amazônia do Equador. 2000. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

REQUELME, M. E. R.; RAMOS, J. F. F.; ANGÉLICA, R. S.; BRABO, E. S. Assessment of Hg-contamination in soils and stream sediments in the mineral district of Nambija, Ecuadorian amazon (example of an impacted área affected by artisanal gold mining). *Applied Geochemistry*, v. 18, p. 371-381, 2003.

RIBEIRO, M. A. Desenvolvimento sustentável: conceitos e paradigmas de gestão ambiental. *Boletim Goiano de Geografia*, v.17, n. 2, p. 73-91, 1997

RIBEIRO, M. S. Contabilidade e meio ambiente. 1992. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Contabilidade e Atuaria, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RODRIGUES, R. M.; MASCARENHAS, A. F. S.; ICHIHARA, A. H.; SOUZA, T. M.C.; BIDONE, E. D.; BELLIA, V.; HACON, S.; SILVA, A. R. E. da.; BRAGA, J. B. P.; STILIANIDI FILHO, B. Estudo dos impactos ambientais decorrentes do extrativismo mineral e poluição mercurial no Tapajós: pré-diagnóstico. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1994. 218 p. (Série Tecnologia Ambiental, 4).

RODRIGUES, FILHO, S. & MADDOCK, J. E. L. Assessment heavy metal pollution in a gold "garimpo". Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1995. 33 p. (Série Tecnologia Ambiental, 7).

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; FARRELLA, N.; COURCELLES, M.; GIMARÃES, J. R. D.; MERGLER, D.; AMORIM, M. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. *Chemical Geology*, v. 165, p. 243-266, 2000.

SANCHEZ, L. E. Diagnóstico e auditoria ambiental subsídios para o planejamento e o gerenciamento ambiental. In: SEMINÁRIO BRASIL-CANADÁ DE MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE. Anais... Brasília, MINFRA, SNMME, DNPM. 1991. p. 231-239.

SANCHEZ, L. E. Desengenharia - o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais. São Paulo: Edusp, 2001. 254 p.

SANTOS, R. N. E. S. A mecanização da garimpagem na Província Aurífera do Tapajós: Uma análise energética, social e ambiental. 1998. 106 p. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H. E. Geologia do Brasil. Brasília: MME, DNPM, 1984. p.132-189.

SCLIAR, C. A persistência da questão garimpeira no Brasil. **Terra em Revista**, ano II, nº2, pp.43-49, 1996

SILVA FILHO, J. C. L. Sistema de gestão ambiental aplicado a prefeituras: uma nova possibilidade de gestão pública. In: ENCONTRO NACIONAL SOBREGESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 1999. São Paulo. Anais...São Paulo: FGV-FEA/USP, 1999. p. 557-583.

SILVA, A. P. As diversas formas de garimpo de ouro, suas emissões de mercúrio e mecanismos de dispersão nos diversos compartimentos ambientais. In: MATHIS, A.; REHAAG, R. (Orgs.) Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental na Amazônia. Belém: CEJUP, 1993. p. 48 - 56.

SILVA, A. C. Potabilidade das águas subterrâneas do município de Ji-Paraná. Estudo de caso: bairro Nova Brasília. 2001. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SILVA, A. P. Mercúrio em ambientes aquáticos de Poconé - MT. 1996. 118 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, A. P.; FERREIRA, N. L. S.; PÁDUA, H. B.; VEIGA, M. M.; SILVA, G. D.; OLIVEIRA, E. F. de; SILVA, E. C.; OZAKI, S. K. Mobilidade do mercúrio no Pantanal de Poconé. *Ambiente*, v. 7, n. 1, p.52-56,1993.

SILVA, A. R. B. O ouro no Pará perdas e técnicas, degradação ambiental e marginalização do estado na expansão industrial brasileira. In: CONGRESSOS BRASILEIROS DE GEOLOGIA, 35. 1988, Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1988. v. 5, p. 2014-2022.

SILVA, M. Uso das águas na Amazônia. In: BEOZZO, J. O. (Org). *Água é Vida: Dom de Deus e responsabilidade humana*. 2003. p. 93 -106.

SILVA FILHO, J. C. L.; DAROIT, D.; NASCIMENTO, L. F. Integração meio ambiente e desenvolvimento na gestão ambiental de Porto Alegre. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 1999. São Paulo. Anais... São Paulo: FGV-FEA/USP, 1999. p. 333-346.

SILVEIRA, E. G. Mobilização do mercúrio e outros elementos no rio Madeira (RO) entre as cachoeiras de Teotônio e Santo Antônio. 1998. 93 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SLOAN, A. J.; GILLIAM, J. W.; PARSONS, J. E.; MIKKELSEN, R. L.; RILEY, R. C. Groundwater nitrate depletion in a swine lagoon effluent - irrigated pasture and adjacent riparian zone. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.54, n.4 p. 651-656, 1999.

SMITH, V. P. B. Como as empresas contribuem para o alcance da sustentabilidade: princípios básicos para os sistemas de gestão ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 6. 2001. São Paulo. Anais... São Paulo: FGV-FEA/USP, 2001. p. 794-808.

SOUZA, M. P. Caracterização do Lençol freático do conjunto habitacional Manoel Julião, Rio Branco - AC. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SOUZA, T. M. C. Estudo da contaminação por mercúrio e seus impactos nas áreas do garimpo de Cachoeira e garimpo do Alegre no município de Cachoeira do Piriá - Pará. Relatório Técnico. Pará: MME/DNPM/CEAMA, 2000. 63p.

SOUZA, E. L; KOTSCHOUBEY, B; LIMA, W. N; Indicadores geoquímicos do intemperismo atual na serra do Piriá, Nordeste do Estado do Pará. *Geochimica Brasiliensis* v.15, n.1/2, p. 49 - 63, 2001.

STAHEL, A. W. Capitalismo e entropia: os aspectos ideológicos de uma contradição e a busca de alternativas sustentáveis. In: CACVALCANTI, C. (Org.). *Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. 2ª ed. São Paulo, Cortez, 1998. p. 104-127.

SUDO, H.; GODOY, M, C. T. F.; CAMPOS, J. O. Planejamento físico territorial urbano de uma área em progressivo desequilíbrio ambiental. *Geociências*, UNESP. São Paulo, v.12, n. 2, p. 461-480. 1993.

TRABACH, M.; KOTSCHOUBEY, B. Estudo do comportamento do ouro nas lateritas ferruginosas e corpos gossânicos da região de Cachoeira, NE do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NA AMAZÔNIA, 3 1991, Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1991. p. 584-595.

TRABACH, M. Estudo do comportamento do ouro nas formações supergênicas da área Cachoeira, nordeste do Pará. 1993. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

TRUCKENBRODT, W.; CORRÊA, A. M. Estudo petrológico de arenitos arcoseanos da Formação Piriá, pré-Siluriano, região do Gurupi-PA. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NA AMAZÔNIA, 2., 1985. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1985. v. 2, p. 156-173.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento da qualidade da água: interações entre pesquisa, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas. *Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 33, n. 2, p. 57 - 68, 2001.

TWIGG, J. Mercury and small-scale mining. *Mining Environmental, Management*, v.5, n.3, p.8-19, 1997.

URSULINO, D. M. A. Caracterização da qualidade das águas subterrâneas - município de Rio Claro/SP. 1998. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

VARGAS, H. C.; RIBEIRO, H. (Orgs.) Novos instrumentos de gestão ambiental urbana. São Paulo: Edusp, 2001. 153.p.

VASCONCELOS, M. M. T. Diagnóstico da degradação do meio físico e proposição de medidas de recuperação em áreas de mineração abandonadas na Bacia de Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo. 2000. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

VASCONCELOS, M. B. A.; BODE, P.; PALETTI, G.; CATHARINO, M. G. M.; AMMERIAAN, A. K.; SAIKI, M.; FAVARO, D. I. T.; BYRNE, A. R.; BARUZZI, R.; RODRIGUES, D. A. Determination of mercury and selenium in hair samples of brazilian indian population living in the Amazonic region by neutron activation analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN ACTIVATION ANALYSIS, 10. , Bethesda, Maryland, 1999. Anais... Bethesda, Maryland, USA. p. 19-23, 2000.

VASCONCELLOS, M. M. T.; SANCHEZ, L. E. Diagnóstico da degradação do meio físico e proposição de medidas de recuperação em áreas de mineração abandonada na bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo. *Boletim Técnico da Escola Politecnica da USP. Departamento de Engenharia de Minas*, n.130, p.1-11, 2001.

VILLAS BÔAS, R. C. The mercury problem in the Amazon due to gold extraction. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 58, n. 2 , p.217-222, 1997

WAHAAB, R. A. Sustainable development and environmental impact assessment in Egypt: historical assessment. *The Environmentalist*, v. 23, p. 49-70, 2003.

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

AB'SABER, A. N. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. Estudos Avançados, São Paulo, v.16, n. 45, p. 7-30, 2002.

AL-ZABET, T. Evaluation of aquifer vulnerability to contamination potential using the DRASTIC method. Environmental Geology, v 43. p. 203-208.

APODACA, L. E.; DRIVER, N. E.; BILS, J. B. Ocurrence, transport and fate of trace elements, Blue river basin, Summit County, Colorado: an integrad approach. Environmental Geology, v. 39, n. 8. p. 901-913, 2000.

BAGANHA, C. A. Detecção e monitoramento da contaminação ambiental hidrogeologica na área de influência do aterro sanitário do Parque Santa Bárbara, município de Campinas. Rio Claro, 1996. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BARRETO, M. L. T. M. G. C. Garimpo de ouro no Brasil: desafio da legislação. 2000. 242 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERGER, A. C.; BETHRE, C. M.; KRUMHANS, J. L. A process model of natural attenuation in drainage from a historic mining district. Apllied Geochemistry, v. 15, p. 655-666, 2000.

BERGER, A.; SATKUNAS, J. Introduction to special issue of environmental geology journal on geoindicators. Environmental Geology, v. 42, n. 7, p. 709-710, 2002.

BIDONE, E. D. Monitoramento de águas e peixes na bacia do Tapajós. Belém: SEICOM, 1996. 27 p.

BRONDÍZIO, L. S. Gestão de recursos pesqueiros no âmbito do programa de desenvolvimento sustentável do Amapá. 2003. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência ambiental - PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo.

COELHO, M. C. N.; SIMONIAN, L.; FENZEL, N. (Orgs.) Estado e políticas públicas na Amazônia: gestão de recursos naturais. Belém: Cejup, 2000. 290 p. CORDANI, U. G. As ciências da Terra na sociedade contemporânea. Cadernos IG/UNICAMP, Campinas. v. 8, n.1/2, p. 23-35, 2000.

COSTA, F. A. Nem tudo no ouro reluz: considerações para uma economia política da garimpagem na fronteira amazônica. In: MATHIS, A.; REHAAG, R. (Orgs.) Consequências da garimpagem no âmbito social e ambiental na Amazônia. Belém: CEJUP, 1993. p. 10-20.

COSTA, J. B. S. C.; PASTANA, J. M. N.; COSTA, E. J. S.; JOÃO, X. S. J. A faixa decalçamento Tentugal na folha SA 23-YB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1988. v. 5, p. 2257-2266.

DOREA, J. G. Fish are central in the diet of Amazonian riparians: should we worry about their mercury concentrations? Environmental Research, v. 92, p. 232-244, 2003.

FIGUEIREDO, B. R. Garimpo em mineração no Brasil. In: ROCHA, G. A. (Org.) Embusca do ouro: garimpos e garimpeiros no Brasil. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1984.p.11-33.

FORSBERG, M. C. S.; FORSBERG, B. R.; ZEIDEMANN, V. K. Mercury contamination in humans linked to river chemistry in Amazon basin. *Ambio*, v. 28, n. 6. p. 519-521, 1999.

GADELHA, R. M. A. F. Conquista e ocupação da Amazônia: a fronteira Norte do Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 63-80. 2002.

GONÇALVES, C. Aplicação do método de ativação neutrônica à determinação de mercúrio total e outros elementos de interesse em amostras de solo e sedimento da Serra do Navio, Amapá. 1997. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo, São Paulo.

HARRIS, G. R.; HENRY, B. D.; DEYETTE, J. S. Nitrate levels in shallow groundwater of upstate New York USA. *The Environmentalist*, v. 16, p. 307 - 312, 1996.

HILSON, G. Promoting sustainable development in Ghanaian small-scale gold mining operations. *The Environmentalist*, v. 22, p. 51-57, 2002.

HINTON, J. J.; VEIGA, M. M.; VEIGA, A. T. C. Clean artisanal gold mining: a utopian approach? *Journal of Cleaner Production*, v. 11, p. 99-115, 2003.

KARRO, E. Quality of bedrock groundwater in Western Finland, with special reference to nitrogen compounds. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, v. 71, part. 2, p. 243-251, 1999.

KLIMAS, A.; GREGORAUSKAS, M. Groundwater. Groundwater abstraction and contamination in Lithuania as geoindicators of environmental change. *Environmental Geology*, v. 42, n. 7, p. 767-772, 2002.

KLINGIRMAN, D. C.; LA ROVERE, E. L.; COSTA, M. A. Management Challenges on small-scale gold Mining activities in Brasil. *Environmental Research. Section A*. v. 87, p. 181-198, 2001.

LINDESTROM, L. Mercury in sediment and fish communities of lake Vanern, Swenden: recovery from contamination. *Ambio*, v. 30, n. 8, p. 538-544, 2001.

OLIVEIRA, A. B. A análise geoquímica e sócio-econômica como instrumentos de ação no planejamento urbano. 1997. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

OLIVEIRA, J. C. S. Planejamento municipal e ambiente urbano: Estado, Políticas públicas e Gestão ambiental. 1999. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo. São Paulo.

OLIVEIRA, N. P.; TOMAZ DE AQUINO, E. G. As bauxitas da foz do rio Piriá e seu relacionamento com as lateritas terciárias do Pará e do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, I., 1983. Belém. Anais... Pará: SBG/NO, 1983. v. 1, p. 263-274.

PAGE, K. D.; MURPHY, J. B. The geological sources of Hg contamination in Kejimikujik National Parkj, Nova Scotia, Canadá:a GIS approach. *Environmental Geology*, v. 43, p. 882-891, 2003.

- PAIXÃO, A. E. C. da. Trabalhadores rurais e garimpeiros no vale do rio Tapajós. Belém: SEICOM, 1994. 100 p.
- PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. Estudos Avançados, São Paulo, v. 15, n. 43, p.303-326, 2001.
- PIRES, A. B. Formação de núcleos urbanos no garimpo do Rato, município de Itaituba. Belém: SEICOM, 1996. 35 p.
- PULIDO-BOSCH, A.; BENSI, S.; MOLINA, L.; VALLEJOS, A.; CALAFORRA, J. M.; PULIDO-UBOEUF, P. Nitrates as indicators of aquifers interconnection: application to the Campo de Dalías (SE Spain). Environmental Geology, v. 39, n.7, p. 791-799, 2000.
- QUEIROZ NETO, J. P. Agricultura sustentável: porque e para quem? Estudos Avançados USP. Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais, São Paulo, n. 20. p. 161-174, 1994.
- REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. Estudos Avançados, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.
- REBOUÇAS, A. C. Água potável para o século XXI. Estudos Avançados USP. Coleção Documentos, Série Ciências Ambientais, São Paulo, n. 20. p. 104-114, 1994.
- RHOADS, B.; CAHILL, R. Geomorphological assessment of sediment contamination in the urban stream system. Applied Geochemistry, v. 14, p. 459-483, 1999.
- SANTOS, B. A. Recursos minerais da Amazônia. Estudos Avançados, São Paulo, v. 16, n. 45, p.123-154, 2002.
- SANTOS, M. A.; ROCHA, C. Gestão ambiental na promoção de comunidades saudáveis. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 1999. São Paulo. Anais... São Paulo: FGV-FEA/USP, 1999. p. 633-640.
- SANTOS, M. J. Projeto alternativo de desenvolvimento rural sustentável. Estudos Avançados, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 225-238, 2001.
- SEMHI, K.; SUCHET, P. A.; CLAUER, N.; PROBST, J. L. Impact of nitrogen fertilizers on the natural weathering erosion process and fluvial transport in the Garonne basin. Applied Geochemistry, v. 15, p. 865 - 878, 2000.
- SHARMA, V. K.; RHODY, K.; CARGILL, J. C.; TACKER, M. E.; VASQUEZ, F. G. Metal and grain size distributions in soil of the middle Rio Grande basin, Texas, USA. Environmental Geology, v. 39, n. 6, p. 698 - 704, 2000.
- SILVA, A. Garimpo do Araras/RO depois do eldorado. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- SILVA, C. S. G. Educação ambiental e garimpagem de ouro em Cachoeira-PA. 1995. 36 f. Monografia (Especialização Interdisciplinar em Problemas da Amazônia) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém.
- SILVA, M. A. R. Royalties da mineração: instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável de regiões mineradoras na Amazônia Oriental? Cadernos Instituto de Geociências, Universidade de Campinas. v. 8, n.1/2, p. 3 - 21, 2000.

TANCREDI, A. C.; SOUZA, A.; COUTO, F.; PAES, S. Avaliação dos parâmetros físico-químico de qualidade da água na região de Cachoeira e adjacências. Relatório Técnico. Pará: MIR/SUDAM/ CHSRA, 1994. 15p.

TARRAS-WAHLBERG, N. H.; FLACHIER, A.; FREDRIKSSON, G.; LANE, S.; LUNDBERG, B. O.; SANGFORS, O. Environmental Impact of Small-scale and artisanal gold mining in Southern Ecuador. *Ambio*, v. 29, n. 8, p. 484-491, 2000.

TAVARES, G. A.; FERREIRA, J. B.; MAGALHÃES, C. E. C.; SILVA, N. C.; TADDEL, M. H. T. Mercury in the Moji-Guaçu river basin, SP-Brazil: the link between marginal lagoons and river contribution, assessed by 210Pb dating profiles. *Ambio*, v. 32, n. 1, p. 47-51, 2003.

THUY, H. T. T.; TOBSCHALL, H. J.; NA, P. V. Distribution of heavy metals in urban soils - a case study of Danang - Hoian área (Vietnam). *Environmental Geology*, v. 39, n. 6, p. 603-610, 2000.

TOLEDO, L. A. A. A geoquímica na avaliação dos riscos de contaminação dos recursos hídricos do município de Bebedouro, SP. 1995. 134 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

TORTAJADA, C.; CASTELÁN, E. Water Management for a megacity: Mexico City metropolitan area. *Ambio*, v. 32, n. 2, p. 124-129, 2003.

TROPPEMAIR, H. Geossistemas: enfoque de integração. *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau, v. 2, n. 2-3, p. 34-40, 2000.

VEIGA, M. M.; SCOBLE, M.; McALLISTER, M, L. Mining with communities. *Natural Resources Forum*, v. 25, p. 191-202, 2000.

VELASQUEZ, G. A. S.; FENZEL, N.; GUILLEN, P.; NASCIMENTO, F. Contaminação por Hg e CN⁻, gerada pela garimpagem de ouro sobre os rios Sucio, Mico e Sinecapa, Nicarágua, América Central. *Geochimica Brasiliensis* v.11, n.2, p. 121 - 13, 1997.

VENEZIANI, P; ANJOS, C. E. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia. São José dos campos: INPE, 1982, 45 p. (INPE-227-md/d14).

VIEIRA, J. L. F. Determinação de mercúrio total em amostras ambientais por espectrofotometria de absorção atômica com gerador de vapor a frio. 1994. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WALTHER, D.; PREBHA, S.; SELVAPHATY, P.; BECK, D. Heavy metal from the river Adayar, India: infiltration into the adjacent groundwater aquifer. *Ambio*, v. 32, n. 2, p. 153-157, 2003.

WENG, H.; CHEN, X. Impact of polluted canal water on adjacent soil and groundwater systems. *Environmental Geology*, v. 38, n. 8. p. 945- 950, 2000.

WITKOWSKI, A. J; RUBIN, K; KOWALCZYK, A; RÓZKKWSKI, A; WRÓBEL, J. Groundwater vulnerability map of the Chrzanów karst-fissured Triassic aquifer (Poland). *Environmental Geology*. V. 44. p. 59-67, 2003.