

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas – UFPE

A aquicultura como alternativa de reabilitação ambiental para
áreas mineradas na Região Metropolitana do Recife – RMR e
Goiana/PE

Paulo de Tarso da Fonseca Albuquerque
Engenheiro de Pesca

Recife, 2008

Ministério da Educação
Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral
PPGEMinas - UFPE

A aquicultura como alternativa de reabilitação ambiental para áreas
mineradas na Região Metropolitana do Recife – RMR e Goiana/PE

por

Paulo de Tarso da Fonseca Albuquerque
Engenheiro de Pesca

Trabalho realizado no Laboratório de Controle Ambiental na Mineração do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas, UFPE.

Recife, 2008

A AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA DE REABILITAÇÃO
AMBIENTAL PARA AS ÁREAS MINERADAS NA REGIÃO
METROPOLITANA DO RECIFE – RMR E GOIANA/PE

Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral –
PPGEMinas, como parte dos requisitos para obtenção de Título de

MESTRE EM ENGENHARIA

Área de concentração: Minerais e Rochas Industriais
Linha de pesquisa: Gestão Ambiental na Mineração

por

Paulo de Tarso da Fonseca Albuquerque
Engenheiro de Pesca

2008

A345a

Albuquerque, Paulo de Tarso da Fonseca.

A aqüicultura como alternativa de reabilitação ambiental para áreas mineradas na Região Metropolitana do Recife – RMR e Goiana-PE / Paulo de Tarso da F. Albuquerque. - Recife: O Autor, 2008.
108 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, 2008.

Inclui Bibliografia e Anexos.

1. Engenharia Mineral. 2. Aqüicultura. 3. Mineração dos Agregados. I. Título.

UFPE

551

CDD (22. ed.)

BCTG/2008-170



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

PAULO DE TARSO DA FONSECA ALBUQUERQUE

“A AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL
PARA AS ÁREAS MINERADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE –
RMR E GOIANA/PE”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do
Dr. Carlos Magno Muniz e Silva, considera o candidato,

PAULO DE TARSO DA FONSECA ALBUQUERQUE, Aprovado.

Recife, 10 de Julho de 2008.

Dr. Carlos Magno Muniz e Silva (UFPE) – Orientador

Dr. Hernani Mota de Lima, (Primeiro- Examinador- Externo) (UFOP)

Dr. Ricardo Augusto Pessoa Braga, (Segundo Examinador) (UFPE)

Dr. Júlio César de Souza (Terceiro Examinador Interno);

Dedicado à minha filha Yasmin.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter me dado força e paciência necessárias...

A meus pais, Paulo Pessoa e Alexandra da Fonseca, pelo amor, pela educação, pelo companheirismo, pelos cuidados, e também pelas “pisas, gritos e traumas”, pois sem isso, acho que eu seria uma pessoa bem pior. A meus irmãos Paulo Filho e Paola pela cumplicidade e verdadeira amizade. À Yslane, pela compreensão, pelos bons momentos e pela nossa filha.

Ao meu orientador e amigo Prof. Carlos Magno Muniz e Silva, por quem tenho profunda admiração e respeito.

Sou grato aos professores Dr^a. Eugenia Cristina Gonçalves Pereira (ex Co-orientadora) e Dr. Nicácio Henrique da Silva, pela extrema boa vontade e receptividade quanto ao primeiro projeto de pesquisa. Também sou grato pela extrema compreensão destes profissionais com relação à substituição do tema anterior pelo atual.

Ao Sr. Clóvis Carvalho da CPRH, pela atenção e às solícitas colaboradoras do arquivo, pela presteza e disponibilização de dados.

À banca examinadora, pela contribuição intelectual.

À UFPE/PROPESQ/CAPES, pelo auxílio financeiro durante os meses de vigência do mestrado.

Aos colegas e professores do PPGEMinas, pela convivência acadêmica.

Ao Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco, funcionários e colaboradores.

Obrigado!

S U M Á R I O

Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Lista de terminologias	
Lista de abreviaturas	
Resumo	
Abstract	

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO	3
1.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS	4
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 A INDÚSTRIA MINERAL: DEFINIÇÕES, ETAPAS E PECULIARIDADES	6
2.2 A RECUPERAÇÃO & REABILITAÇÃO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO: OBJETOS, TÉCNICAS E ALTERNATIVAS ADOTADAS	10
2.3 AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS PÓS-MINERADAS	15
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: RMR E GOIANA/PE	30
3.1 LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO	30
3.2. A CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	31
3.3 A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO	37
3.4 O PASSIVO AMBIENTAL	45

3.5 A REABILITAÇÃO AMBIENTAL DAS ÁREAS PÓS-MINERADAS	53
--	----

4 PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE AQUICULTURA PARA A REABILITAÇÃO DAS ÁREAS PÓS-MINERADAS	63
--	-----------

4.1 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERNATIVAS DE AQUICULTURA	63
--	----

4.2 VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE	68
------------------------------------	----

4.3 PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA A ÁREA DE ESTUDO	75
---	----

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	92
---------------------------------	-----------

5.1 CONCLUSÕES	92
----------------	----

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	94
--------------------------------------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
-----------------------------------	-----------

ANEXO I – ZEEC – ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO COSTEIRO DO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO	107
--	------------

ANEXO II – ZEEC – ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO COSTEIRO DO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO	108
---	------------

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1.1 – Fases da mineração e conseqüente desativação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).	08
Fig. 2.2.1 – Taludes revegetados da cava da mina do Germano, Mariana – MG (SAMARCO, 2007).	13
Fig. 2.2.2 – Exemplos sustentáveis de uso seqüencial em áreas pós-mineradas.	14
Fig. 2.3.1 – Aumento da aquíicultura na produção mundial de pescados (FAO, 2006).	16
Fig. 2.3.2 – Exemplo das diferentes temperaturas de produção, com água superficial e com água subterrânea proveniente das minas em West Virgínia/EUA (MILLER et al, 2002).	17
Fig. 2.3.3 – Piscicultura em tanques de fibra, em West Virgínia/EUA (MILLER et al, 2002).	18
Fig. 2.3.4 – Instalações de cultivo de truta da Mettiki Coal Corporation (ASHBY e DEAN, 2007).	20
Fig. 2.3.5 – Croqui do Layout dos viveiros da Collie Aquafarm (STORER, 2005).	21
Fig. 2.3.6 – Vista aérea (imagem de satélite) da Pedreira Dimnor Parc, País de Gales (GOOGLE, 2008).	22
Fig. 2.3.7 – Vista panorâmica da pedreira Dimnor Parc, País de Gales (LAFARGE, 2007)	23
Fig. 2.3.8 – Antiga Pedreira Dinmor Parc. Ao fundo, fábrica da Bluewater Flatfish Farm. (GEOGRAPH, 2007).	23
Fig. 2.3.9 – Piscicultura marinha em cava inundada nas Ilhas Orkney/Inglaterra. (GEOGRAPH, 2007).	24
Fig. 2.3.10 – Piscicultura em tanques-redes ao largo da costa de Loch Fyne, parte norte da pedreira (GEOGRAPH, 2007).	25
Fig. 2.3.11(a) – Projeto da Piscicultura Marinha Zawia (FAO, 1987).	26
Fig. 2.3.11(b) – Layout do Projeto Zawia Aquíicultura sobre antiga pedreira (MUIR e BERG, 1987).	26
Fig. 2.3.12 – Vista aérea de fazendas de carcinicultura em áreas pós-mineradas do Litoral norte do Estado (GOOGLE, 2008).	29
Fig. 3.1.1 – Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco, destaque para a RMR e Goiana/PE	31
Fig. 3.3.1 – Áreas de mineração de agregados na RMR e Goiana (GOOGLE, 2008).	37

Fig. 3.3.2 – Lavra de areia em Leito de Rio.	39
Fig. 3.3.3 – Lavra de argila no município do Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes, RMR.	42
Fig. 3.3.4 – Vista aérea da lavra de argila em encostas, às margens do Km 79 da BR 101 –Sul, município de Jaboatão dos Guararapes (GOOGLE, 2008).	42
Fig. 3.3.5 – Frentes de lavra de granito/gnaiss para a produção de brita (a) e para a produção de pedra de cantaria (b)	44
Fig. 3.4.1 – Realidade do cenário Formal dos empreendimentos mineiros de areia, brita e argila na RMR e Goiana, perante os Órgãos Reguladores: DNPM e CPRH. (DNPM, 2007; CPRH, 2007).	53
Fig. 3.5.1 – Quadro geral dos Métodos de Recuperação Ambiental previstos em PRADs de empreendimentos mineiros da RMR	54
Fig. 3.5.2 – Síntese das metodologias de RAD propostas em PRADs de areeiros e mineradoras de argila da RMR licenciados entre 2003 e 2007.	56
Fig. 3.5.3 – Metodologias de RAD propostas em PRADs de Pedreiras da RMR	57
Fig. 3.5.4 – Metodologias de recuperação e reabilitação ambiental contidas em PRADs de agregados do município de Goiana.	60
Fig. 4.1.1 – Principais espécies de cultivadas na região nordeste (QUEIROZ et al, 2002)	64
Fig. 4.1.2 – Exemplo de viveiros escavados para piscicultura e carcinicultura.	65
Fig. 4.1.3 – Tipos de viveiros quanto ao nível do solo (OLIVEIRA, 1999).	66
Fig. 4.1.4 – Típico exemplo de Tanque-rede (FERBAX, 2007).	67
Fig. 4.1.5 – Sistema de Mesa. Caixa e lanterna em detalhes (BMLP, 2003).	68
Fig. 4.2.1 – Padrões de troca de água em tanques rede de diferentes formatos.	70
Fig. 4.2.2 – Diagrama representativo das etapas necessárias à reabilitação ambiental corpos d'água formados pela mineração de agregados.	73
Fig. 4.3.1 – Viveiros de carcinicultura da Fazenda Mulata.	78
Fig. 4.3.2 – Viveiros para a carcinicultura: reabilitação de um areeiro da Fazenda Mulata.	79
Fig. 4.3.3 – Distribuição de mercúrio (em vermelho) no norte da RMR (LINS e WANDERLEY, 1999).	81
Fig. 4.3.4 – Cavas de areia abandonadas ao longo do Rio Jaboatão.	82
Fig. 4.3.5 – Cavas de areeiro em Jaboatão dos Guararapes (08° 9'56.27"S; 34°57'7.54"W). A cava de maiores dimensões possui cerca de sete hectares de lâmina d'água.	83

- Fig. 4.3.6** – Cavas formadas pela lavra de argila, no município de Itapissuma, da RMR. **85**
- Fig. 4.3.7** – Intervenções propostas por SOUSA (1983). **86**
- Fig. 4.3.8** – Algumas cavas de pedreira podem ser utilizadas para a prática da piscicultura em tanques-redes. **87**
- Fig. 4.3.9** – Cava da Pedreira Lidermac, em Jaboatão dos Guararapes. Inviável para a construção de viveiros. **88**
- Fig. 4.3.10** – A cava da pedreira Guarany pode ser aproveitada para piscicultura em tanques-redes, devido sua lâmina d'água e proximidade com o rio Jaboatão. **89**

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1.1 – Descrição das principais etapas da mineração (DNPM, 1995; adaptado).	7
TABELA 2.2.1 – Conceitos de Recuperação, segundo diversos autores (BITAR, 1997).	11
TABELA 2.2.2 – Objetivos e medidas de recuperação para lavra a céu aberto. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001, adaptado).	12
TABELA 3.1.1 – Número de Municípios e área total, segundo Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco (IBGE, 2002).	30
TABELA 3.2.1 – Níveis de IDH e respectivos valores (FIDEM, 2003).	35
TABELA 3.3.1 - Principais ocorrências de areia na RMR (DNPM, 1995).	39
TABELA 3.3.2 – Ocorrência de argilas na RMR (DNPM, 1995).	41
TABELA 3.3.3 – Ocorrência de Afloramentos de Granito na RMR (DNPM, 1995).	43
TABELA 3.5.1 – Usos Posteriores mencionados em PRADs da RMR (CPRH, 2007).	60
TABELA 3.5.2 – Objetivos e controle a serem adotados aos impactos sociais (empregados e comunidade local) quanto a Desativação de um empreendimento mineiro (Oliveira Júnior, 2006).	62
TABELA 4.2.1 – Valores desejados de parâmetros físico-químicos da água para cultivo de peixes de água doce tropicais e do camarão marinho (<i>Litopenaeus vannamei</i>) em viveiros (Ono e Kubitz, 2002).	71
TABELA 4.2.2 – Variáveis físico-químicas da água para o cultivo do Camarão Gigante da Malásia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>). (SINGHOLKA, 1982; CORREIA, SAWANNTOUS e NEW, 2000; VALENTI e DANIELS, 2000; apud NEW, 2002).	71
TABELA 4.3.1 – Síntese do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Litoral Sul de Pernambuco (ZEEC Sul – CPRH), para as atividades de Aquicultura e Mineração.	76
TABELA 4.3.2 – Síntese do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Litoral Norte de Pernambuco (ZEEC Norte – CPRH), para as atividades de Aquicultura e Mineração.	77
TABELA 4.3.3 – Análise preliminar das alternativas de aquicultura passíveis de reabilitação para as áreas degradadas pela extração mineral na RMR (SILVA, 1995; adaptado).	91

LISTA DE TERMINOLOGIAS

Aqüicultura: cultivo ou criação de organismos aquáticos – algas, peixes, moluscos, crustáceos e outros – em água doce ou salgada;

Aqüífero: meio sedimentar poroso ou rocha fraturada, dotado de permeabilidade, capaz de liberar água naturalmente ou por captação artificial;

Biomassa: peso total de matéria viva (ex. peixes) num espaço delimitado (ex. viveiro);

Carcinicultura: cultivo comercial de crustáceos decápodes (ex. camarões);

Degradação ambiental: processo gradual de alteração negativa do ambiente resultante de ação antrópica que pode causar desequilíbrio e destruição, parcial ou total, dos ecossistemas;

Elementos-traço (metais pesados): elementos químicos encontrados em pequenas quantidades que, em maiores concentrações, apresentam efeitos adversos à saúde humana;

Estuário: porção final de um rio sujeita aos efeitos sensíveis das marés;

Eutrofização: enriquecimento excessivo da água com nutrientes, causando proliferação excessiva de microorganismos que deterioram a qualidade da água;

Lagostim: crustáceo decápode semelhante à lagosta, marinho ou de água-doce;

Limnologia: estudo de fenômenos bióticos e abióticos relativos aos corpos de água doce;

Manguezal: ecossistema costeiro tropical dominado por flora e fauna típicas adaptadas a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de salinidade;

Ordenamento pesqueiro: conjunto harmônico de medidas que visam expandir ou restringir uma atividade pesqueira, de modo a se obter sustentabilidade no uso do recurso explorado;

Ostreicultura: cultivo de ostras;

Passivo ambiental: condições impostas e impactos decorrentes de atividades e/ou processos industriais, minerários, agrícolas, urbanos, entre outros;

Piscicultura: cultivo de peixes em cativeiro;

Poliquetas: classe de vermes anelídeos, geralmente marinhos, utilizados na alimentação de espécies aqüícolas;

Raceway: sistema de cultivo intensivo. Consiste em tanques com alto fluxo de renovação d'água e operam com uma ou mais trocas totais de água por hora;

Truticultura: cultivo de trutas;

Viveiro: reservatório de água utilizado no cultivo de espécies aquáticas.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCC: Associação Brasileira de Criadores de Camarão

AIA: Avaliação de Impacto Ambiental

APP: Área de Proteção Permanente

CONDEPE/FIDEM: Agencia Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

CPRH: Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

DNPM: Departamento Nacional de Produção Mineral

DQO: Demanda Química de Oxigênio

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA: Foods and Drugs Administration

GAA: Global Alliance Aquaculture

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

IDH-M: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IET: Índice de Estado Trófico

NPDS: Sistema Nacional de Eliminação de Descargas Poluídas (EUA)

PCA: Plano de Controle Ambiental

PGIRS: Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos

PRAD: Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

RAD: Recuperação de Áreas Degradadas

RCA: Relatório de Controle Ambiental

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

RMR: Região Metropolitana do Recife

RESUMO

Atualmente, a Indústria Mineral, em virtude de políticas conservacionistas e das crescentes exigências sociais, busca enquadrar o setor nos modelos de sustentabilidade sócio-ambiental. Para tal, conta com complexos sistemas de gestão ambiental que possibilitam a criação de condições adequadas (recuperação) ao uso futuro (reabilitação) da área explorada (degradada). Entre as diversas alternativas de reabilitação ambiental para as cavas inundadas resultantes da lavra a céu aberto, a aquicultura vem destacando-se no Brasil e no mundo. Para as áreas de estudo (Região Metropolitana do Recife – RMR e o município de Goiana/PE) tal realidade pode ser comprovada mediante o levantamento acerca dos planejamentos de recuperação ambiental previstos em PRADs (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas) mineiros, onde a aquicultura é contemplada em 19% dos PRADs mineiros da RMR e 43% dos PRADs do município de Goiana/PE, entre os anos de 2003 e 2007. Assim, o presente trabalho (Dissertação) consiste de uma análise preliminar das alternativas viáveis de aquicultura voltadas para a reabilitação das áreas mineradas de agregados (areia, argila e brita) localizadas nas áreas de estudo, através da reutilização sustentável das cavas, vislumbrando a inserção social (geração de emprego & renda) das comunidades circunvizinhas e/ou ribeirinhas. Em síntese, as alternativas de aquicultura passíveis de reabilitação ambiental para as áreas de estudo são classificadas quanto aos níveis preliminares de exeqüibilidade, considerando os condicionantes naturais (abiótico, biótico e social) e tecnológicos disponíveis. Pela própria vocação geológica, os areeiros da RMR e Goiana/PE são favoráveis quanto à exeqüibilidade técnica e econômica para implantação de piscicultura e carcinicultura, marinha e de água-doce. O cultivo de peixes e camarões marinhos é economicamente viável apenas para areeiros costeiros. A ostreicultura é mais indicada para leitos de rios dragados em zonas estuarinas. Para as minas de argila, a piscicultura e carcinicultura com espécies de água-doce poderão ser viáveis, entretanto, para o cultivo de organismos marinhos não há viabilidade econômica. A ausência de pedreiras próximas à costa inviabiliza a utilização de cavas para piscicultura e carcinicultura marinha. A ostreicultura é desaconselhável para as mesmas. Em se tratando de piscicultura e carcinicultura de água-doce, cavas inundadas e inundáveis de pedreiras da RMR apresentam-se favoráveis à implantação de projetos aquícolas. Em virtude das questões supracitadas, pode-se concluir que a aquicultura desponta como forma sustentável de uso seqüencial e produtivo do solo para as áreas de estudo.

Palavras-chave: reabilitação ambiental, aquicultura, mineração de agregados.

ABSTRACT

Currently, the Mineral Industry seeks to support the sector in models of social and environmental sustainability, because of conservation policies and increasing social demands. To this end, with complex environmental management systems that enable the creation of appropriate conditions (recovery) for future use (rehabilitation) of the exploited area (degraded). Among the various alternatives for environmental remediation for flooded pits from the raring in the open, highlighting the aquaculture comes up in Brazil and the world. For the areas of study (Recife Metropolitan Region - RMR and Goiana/PE city) this reality can be proved by the survey about the planning of environmental recovery expected in RDAPs (Recovery of Degraded Area Plan) mining, where aquaculture is contemplated in 19% of the RMR RDAPs miners and 43% of the city of Goiana/PE RDAPs, between the years 2003 and 2007. Thus, this work (Dissertation) is a preliminary analysis of viable alternatives for aquaculture aimed at the rehabilitation of mined areas of aggregates (sand, clay and crushed stone) located in the study areas, through sustainable reuse of pits, seeing the insertion social (generation of employment & income) of the communities surrounding and/or riverine. In summary, the alternatives of aquaculture likely to environmental remediation for areas of study are classified according to the level of preliminary feasibility, considering the natural limitations (abiotic, biotic and social) and technology available. For the geological own vocation, the megrips of the RMR and Goiana/PE are favourable as the technical and economic feasibility for deployment of fish and shrimp farming, marine and fresh-water. The cultivation of marine fish and shrimps is economically viable only for coastal megrips. The oyster farming is more suitable for beds of rivers dredged in estuarine areas. Concerning the clay mines, fish and shrimp farming with fresh-water species may be viable, however, cultivation of marine organisms there is no economic viability. The absence of quarries near the coast makes the use of pits to marine fish and shrimp farming. The oyster farming is inadvisable for them. When it comes to freshwater fish farming and freshwater shrimp farming, flooded pits and flooded quarries of the MRR present themselves in favour of the deployment of aquaculture projects. Because of the issues mentioned above, one can conclude that the aquaculture arises as a sustainable use of sequential and productive soil in the areas of study.

Keywords: environmental rehabilitation, aquaculture, aggregates mining.

1. INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

A mineração como atividade industrial é indispensável à manutenção do nível de qualidade de vida e progresso da sociedade moderna. Atribuindo características “vivas” aos inanimados minerais, podemos dizer que os mesmos ajudaram a definir os rumos da história, garantido a supremacia dos povos que souberam melhor utilizá-los.

Os Bens Minerais, extraídos e tratados pela Indústria Mineral, são imprescindíveis para a grande maioria dos setores produtivos da economia mundial, possuindo incontáveis usos e aplicações. O desenvolvimento tecnológico para o setor, associado ao crescimento da demanda mundial por tais recursos como resposta às exigências da modernização sócio-econômica, a Indústria Mineral, além de extrair recursos naturais progressivamente, proporciona agressões aos limites de tolerância dos ecossistemas, reprimindo e eliminando espécies de natureza viva, reduzindo, portanto, a biodiversidade (ALTVATER, 1995). Outrossim, Ripley et al (1996) reafirmam que os efeitos ambientais da mineração estão associados ao conjunto de etapas inerentes ao processo produtivo, sendo boa parte destes efeitos, adversos. Brandt (1998) afirma que os impactos negativos da mineração são muitas vezes irreversíveis.

A magnitude dos impactos gerados pela Indústria Mineral mundial foi estimada por Wellmer e Becker-Plate (2001), que quantificaram a movimentação total de material sólido no planeta em cerca de 72 bilhões de metros cúbicos anuais, sendo que 35 bilhões de metros cúbicos são movimentados pelo ser humano. Destes, a mineração é a maior responsável, movimentando cerca de 17,8 bilhões de metros cúbicos por ano.

O processo de extração mineral promove profundas alterações no ambiente, sendo capaz de modificar o relevo, a paisagem, os aquíferos, os cursos d'água, a flora, e conseqüentemente, a fauna. A mineração pode ser considerada como um agente estressor, alterando o equilíbrio do ecossistema, que passa a se expressar de maneira anormal. A NBR 13030, específica para mineração, define área degradada como “área com diversos graus de alteração dos fatores bióticos e abióticos, causados pelas atividades de mineração”, (ABNT, 1993). Tal alteração afeta a complexidade, o funcionamento e a estabilidade de um ecossistema que pode ter passado milhares de anos para chegar a seu estado clímax (ODUM, 1988).

Os processos de retorno a uma condição de equilíbrio podem ser naturais ou através da intervenção humana, porém, vale ressaltar a impossibilidade do retorno às condições originais da área explorada. Neste caso, o que se deseja, é a recuperação e a reabilitação das áreas afetadas, tornando-as aptas para o uso seqüencial e sustentável após o encerramento da atividade mineral com o início de outra(s) atividade(s) econômica(s) ou até mesmo de subsistência.

O abandono da área deve ser evitado para inibir processos de regeneração natural insatisfatórios. O abandono pode ainda, incentivar o processo de ocupação desordenada, facilitando riscos de acidentes e o surgimento de favelas, podendo agravar impactos sob o ponto de vista paisagístico, social e econômico.

O planejamento do uso futuro de uma área pós-minerada deve ser estabelecido de acordo com as potencialidades e limitações naturais da região, englobando os interesses difusos da população local, do governo e da empresa. Diante destes fatos, é possível encontrar na literatura nacional e internacional, diversas formas de recuperação e alternativas de reabilitação para áreas pós-mineradas. Dentre estes, a **aqüicultura** vem recebendo importância cada vez maior.

A aqüicultura é uma atividade multidisciplinar, que constitui no “cultivo de organismos aquáticos, incluindo peixes, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas” (FAO, 1998). O cultivo implica em “intervenção humana no processo de criação para aumentar a produção, tal como regulação dos estoques, alimentação, proteção de predadores, entre outros. Cultivo também implica em **propriedade individual** ou **corporativa** dos estoques cultivados”. A aqüicultura deve ter um **proprietário**, diferentemente da pesca extrativa, cujas populações exploradas compõem o bem coletivo (RANA, 1997).

A possibilidade de aproveitamento de áreas pós-mineradas na RMR e Goiana/PE, para produção de alimentos derivados da aqüicultura, representa não apenas um desafio, mas uma oportunidade na melhoria do sistema de gestão ambiental local/regional, integrando a minização do passivo ambiental com a possibilidade de geração de emprego e renda. Além disso, a construção de viveiros em áreas previamente degradadas constitui uma *boa prática de gestão* (BMP – Best Management Practices), para aqüicultura, o que pode reduzir os impactos ambientais ocasionados pela mesma (VALENTI, 2002).

Desta forma, o reaproveitamento de áreas pós-mineradas visa enquadrar, não só a mineração, mas também a aqüicultura dentro dos ditames do *Desenvolvimento Sustentável*, principalmente, no tocante ao uso seqüencial do sítio outrora minerado.

1.2 JUSTIFICATIVAS E MOTIVAÇÃO

As crescentes exigências da sociedade, do ponto de vista ambiental, através de seus instrumentos institucionais apoiados pela Política Nacional de Meio Ambiente vigente, visam enquadrar o Setor Mineral no modelo de sustentabilidade.

Para tanto, a minimização do passivo ambiental da região de estudo (RMR e Goiana/PE) através de estudo de alternativas de reabilitação ambiental sustentáveis, sobretudo, através da aquicultura, aliado a possibilidade da geração de emprego & renda às populações de baixos níveis de Índice de Desenvolvimento Humano - IDH que circundam as áreas mineradas justificaram a proposição geral desta pesquisa. Visto que, de acordo com Otchere et al (2001), a aquicultura com fins comerciais ou recreacionais é tido como meio eficaz de prevenir e mitigar problemas sócio-econômicos de comunidades no entorno da mineração.

Segundo Otchere et al (2004) em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável, o uso inovativo de cavas inundadas e barragens de rejeitos para piscicultura comercial, recreacional ou ornamental, pode ser considerado em alguns locais como contribuição significativa à equidade social, vitalidade econômica e à integridade ambiental de comunidades mineiras (circunvizinhança), inclusive àquelas afetadas pelo fechamento das minas (HERRERA, 2004).

O uso de áreas pós-mineradas para aquicultura vem ganhando importância em todo o mundo, sendo capaz de promover negócios atrativos em potências econômicas como E.U.A (MILLER et al, 2002), Canadá, Inglaterra, entre outros; e portanto, poderá gerar perspectivas de um futuro melhor à população carente de países extremamente pobres, como Gana (AWITY et al, 2005), por exemplo.

Igualmente, se somam a esta proposta demais justificativas pontuais, a saber:

(i) desestimular a prática de abandono de áreas pós-mineradas na RMR, através da mudança de atitudes empresariais quanto à disponibilidade de estudo de alternativas de reabilitação rentáveis e sustentáveis;

(ii) consolidação dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, regulamentadas e executadas pelos órgãos estaduais, neste caso a CPRH, quanto à inserção do setor mineral à exequibilidade dos PRADs;

(iii) disponibilização de novas áreas (planejadas) para execução da prática da aquicultura, como forma de produção de alimentos e geração de emprego e renda;

(iv) novas alternativas de práticas pesqueiras face ao crescente número de áreas impróprias para o cultivo e ao aumento das áreas destinadas à proteção permanente (APP's), inclusive em regiões estuarinas;

(v) contribuir para o preenchimento das lacunas existentes na literatura nacional, na área de **gestão ambiental**, em especial na busca de novas alternativas para recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela ação humana e conseqüente uso sustentável;

(vi) contribuição da presente Dissertação; quanto à consolidação da Linha de Pesquisa **Gestão Ambiental na Mineração** no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas.

1.3 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

GERAL:

A presente dissertação tem como objetivo geral estudar áreas degradadas pela mineração de agregados na RMR e município de Goiana, passíveis de reabilitação ambiental através de alternativas sustentáveis de aquicultura, como forma de minimização do passivo ambiental do Setor e geração de emprego e renda local.

ESPECÍFICOS:

- (i) Levantar na literatura acadêmica nacional e internacional, diferentes formas de utilização de áreas pós-mineradas, principalmente, às que contemplam a **aquicultura** como alternativa sustentável;
- (ii) Identificar áreas passíveis de reabilitação ambiental pela mineração de agregados na RMR e município de Goiana (situado no Litoral Norte); este último devido sua vocação geológica e sua importância no fornecimento de areia para a RMR;
- (iii) Analisar alternativas de aquicultura exequíveis (técnico-econômico) para áreas degradadas pela mineração de agregados para construção civil na RMR e Goiana/PE; entre as quais serão priorizadas culturas comercialmente mais importantes, em diferentes sistemas de cultivo, tais como: carcinicultura marinha com a espécie *Litopenaeus vannamei* (camarão cinza); carcinicultura de água-doce com o *Macrobrachium rosenbergii* (camarão gigante da malásia); piscicultura com a espécie

Oreochromis niloticus (Tilápia do Nilo); ostreicultura com a *Crassostrea rhizophorae* (Ostra-do-mangue), entre outras;

- (iv) Proposição de alternativas de aquicultura como fonte de emprego e renda para população de baixa renda (circunvizinhas e/ou ribeirinhas), apoiadas na cadeia de produção alimento/emprego/renda, com viés extensionista e/ou cooperativista.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente Dissertação está organizada em 5 capítulos, a saber:

O Capítulo 1 corresponde à introdução acerca do assunto. Definição da Indústria Mineral, suas peculiaridades e principais etapas serão apresentadas no Capítulo 2. Definições e técnicas de recuperação e reabilitação ambiental de áreas degradadas pela mineração serão delineadas no mesmo capítulo, seguindo-se de informações acerca da aquicultura como alternativa de reabilitação de áreas pós-mineradas; exemplificada por casos concretos no Brasil e no mundo.

O Capítulo 3, por sua vez, descreve as características da área de estudo. O mesmo discorre sobre as atividades do setor mineral na RMR e Goiana/PE, apresentando suas particularidades. A realidade do processo de licenciamento ambiental para a área de estudo e a existência de estudo, o planejamento da recuperação ambiental, bem como a existência da aquicultura como alternativa de reabilitação do passivo ambiental, também são descritos neste item.

As possíveis alternativas de aquicultura para as áreas de estudo, assim como os requisitos necessários à sua exeqüibilidade, são mostrados no Capítulo 4.

Por fim, as Conclusões e sugestões presentes no Capítulo 5, sintetizam a contribuição da Dissertação, bem como recomendações para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A INDÚSTRIA MINERAL: DEFINIÇÕES, ETAPAS E PECULIARIDADES

Não seria prudente explanar sobre a atividade de mineração na RMR e Goiana/PE, sem antes apresentar uma breve explanação sobre a Indústria Mineral. Basicamente, os minerais são classificados industrialmente como **metálicos**, **não-metálicos** e **energéticos** (LUZ e LINS, 2004). Embora possuam origem orgânica e não apresentem natureza cristalina, admite-se que combustíveis fósseis sejam denominados minerais energéticos, devido à utilização de métodos de lavra mineral. A subdivisão dos minerais não-metálicos em outras classes constitui tendência crescente, proporcionando mais clareza em termos referenciais (CETEM, 2005). Em síntese, ainda segundo CETEM (2005), os minerais podem ser divididos em:

- i. Minerais metálicos: Podem ser Ferrosos (Ex. Ferro, Níquel); Não-Ferrosos (Ex. Cobre e Zinco); Preciosos (Ouro e Platina) e Raros (Ex. Escândio e Gálio);
- ii. Rochas e Minerais Industriais ou RMI's: Agregados (Areia, brita e argila); Agro-minerais (Ex. Fosfato e calcário); Minerais ambientais (Ex. Zeólitas e vermiculita); Pigmentos (Ex. Ocre e barita); Cerâmicos (Ex. Caulim e Sílica); Fundentes (Ex. Fluorita e calcário); Isolantes (Ex. Amianto e mica); Refratários (Magnesita e bauxita); Abrasivos (Diamante, granada); Carga (Talco e gipsita); Cimento (Calcário e argila); entre outros;
- iii. Gemas: Pedras preciosas (Ex. Diamante e esmeralda);
- iv. Minerais energéticos: Radioativos (Ex. Urânio e Tório) e Combustíveis Fósseis (Ex. Petróleo e Carvão);
- v. Águas: Podem ser minerais ou subterrâneas.

A mineração pode ser definida como a arte de descobrir, avaliar e extrair substâncias minerais úteis existentes no interior ou na superfície da terra, bem como outras substâncias de origem orgânica, e compreende as fases de pesquisa (prospecção e exploração), desenvolvimento, lavra e beneficiamento (DNPM, 1995). Segundo Hartman e Mutmanský (2002), a mineração é a atividade, ocupação e indústrias envolvidas com a extração de minerais. A NRM 01 (DNPM, 2001) define Indústria de Produção Mineral

aquela que abrange a pesquisa mineral, lavra, beneficiamento de minérios, distribuição e comercialização de bens minerais. As principais etapas da mineração são representadas e descritas na Tabela 2.1.1.

Tabela 2.1.1 - Descrição das principais etapas da mineração (DNPM, 1995; adaptado).

ETAPA/FASES	DESCRIÇÃO
Prospecção	Consiste na procura pelos Minerais a serem explorados.
Exploração	Estudo das propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas, tecnológicas, mercadológicas e viabilidade econômica do mineral descoberto na fase de prospecção.
Desenvolvimento	Planejamento, preparação e organização de toda a infra-estrutura necessária para a exploração dos recursos minerais. É a etapa que antecede a lavra.
Lavra	É a fase de exploração e aproveitamento industrial da jazida. Constitui a mineração propriamente dita. Divide-se em: desmonte / escavação, carregamento e transporte dos minerais para as unidades de beneficiamento.
Beneficiamento	Altera as condições físicas, químicas e físico-químicas dos minerais, de forma a atender às especificações requeridas pelo setor industrial e mercados. Compreende o tratamento, cominuição e concentração do minério.
Desativação	Encerramento de todas as atividades inerentes à mineração, de forma temporária ou permanente. Geralmente ocorre devido à exaustão da jazida, a fatores mercadológicos, econômicos, ambientais ou legais. Essa etapa deve estar prevista em um Plano de Desativação de Empreendimentos Mineiros – PDEM, ou Plano de Fechamento, devendo incluir a recuperação da área degradada como medida compensatória, tornando-a apta para o uso futuro sustentável e econômico.

Na Indústria Mineral Sustentável, a desativação do empreendimento mineiro deve ser tão importante quanto às etapas produtivas. Para Oliveira Júnior (2001), fechamento de mina é a desativação e consiste na paralisação da atividade em decorrência de fatores físicos, econômicos, tecnológicos ou ambientais, de caráter parcial ou total, permanente ou temporária, tendo como finalidade a redução ou eliminação do passivo ambiental mediante ações de recuperação desenvolvidas ao longo da vida da mina e após sua exaustão. Para tal, uma bem sucedida desativação deve ser atribuída em PDEM – Plano de Desativação de Empreendimentos Mineiros, que contempla uma série de vantagens, entre as quais, garantia financeira para possíveis riscos sócio-ambientais.

Lima et al (2006) atentam para as vantagens da adoção de um Plano de Fechamento e a necessidade de distinção em relação ao PRAD. Estes constataram que:

[...] Um plano de fechamento de mina deve atender às exigências legais, levando em consideração, ao mesmo tempo, as características ambiental, econômica e social específicas de uma mina e de seu entorno, das operações e de toda a infra-estrutura de apoio que integra o projeto de mineração. Portanto o conteúdo dos planos de fechamento sofre variações, para contemplar

características locais específicas de cada projeto. Entretanto é possível estabelecer um conteúdo básico que fundamente a estrutura de todos os planos de fechamento.

Segundo Barreto (2000), recuperação de áreas degradadas, fechamento das frentes de lavra e descomissionamento mineiro, aparecem como sinônimos na literatura, entretanto na verdade são distintas: a recuperação surge como medida de controle ambiental e ocorre concomitante as atividades produtivas; o fechamento constitui uma fase do ciclo de vida de uma mina, que tem início com a exaustão da jazida ou paralisação devido à inviabilidade técnico-econômica; o descomissionamento é a transição do fechamento até a entrega da área em condições que permitam um uso futuro, conforme mostrado na Fig.2.1.1.

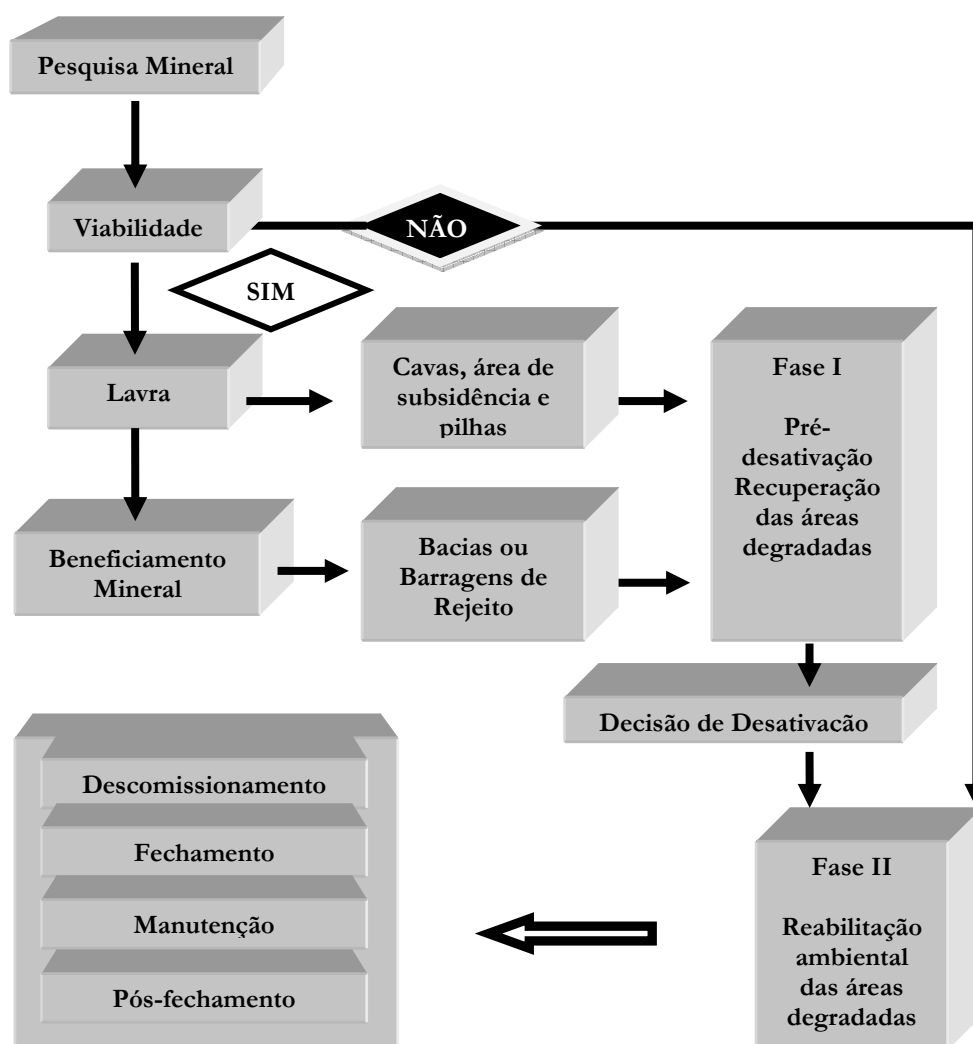


Fig. 2.1.1 - Fases da mineração e consequente desativação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

Manutenção é a fase que implica no monitoramento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, da estabilidade ambiental e biológica durante a recuperação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006). De acordo com McHaina (2000; apud OLIVEIRA JÚNIOR, 2006), os

resultados do monitoramento ponderam a eficácia dos trabalhos de recuperação. Caso o resultado dos monitoramentos indique condições ambientais favoráveis ou aceitáveis, dá-se início à fase de Pós-fechamento, que é caracterizada pelo **uso final e benéfico** do solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

De acordo com Campos et al (2007), a mineração, diferentemente de outras atividades econômicas, possui características que lhe são muito peculiares entre as quais, se destacam:

- i. **Rigidez Locacional:** É a imposição causada pela presença de determinado mineral, num dado local. Tal imposição retrata a riqueza mineral de alguns locais e a carência de minérios em outras localidades. Além disso, as unidades de produção e beneficiamento, geralmente, estão situadas próximas às jazidas, onde ocorrem as frentes de lavra.
- ii. **Alto Risco do Empreendimento:** De cada mil projetos de pesquisa, apenas um transforma-se em mina, segundo estudos realizados pela ONU em 1972. No Brasil esse número é bem mais expressivo, embora irreal, já que mais de 50% das minas brasileiras ou estão com suas lavras paralisadas ou com produção meramente simbólica;
- iii. **Tempo de Maturação de um Empreendimento Mineiro:** Da descoberta de um alvo promissor (ocorrência) até chegar-se à produção (mina), leva-se muito tempo, aproximadamente, de 8 a 10 anos em média;
- iv. **Incerteza:** Todos os passos, da descoberta da jazida ao seu aproveitamento são subjetivos, ou seja, a jazida só será realmente conhecida ao final da lavra. Até lá, todo seu destino é uma incógnita, pois está sujeita às mudanças mercadológicas, técnicas e científicas, políticas e sócio-ambientais.
- v. **Capital Expressivo:** Dado o lapso de tempo que vai da descoberta até a efetiva produção (8 a 10 anos em média), o investimento é elevado para transformar a ocorrência geológica do bem mineral em viabilidade econômica (mineração).
- vi. **Altas Taxas de Retorno:** Pelas razões anteriores, nenhum investidor se contenta com as taxas seguras do mercado. Tratando-se de atividade de alto risco, exigem-se taxas compensatórias à aventura da atividade;
- vii. **Exauribilidade da Jazida:** Além de exaustão física (esgotamento da reserva lavrável), a jazida pode ser considerada “exaurida” por razões políticas (construção de obras, expansão urbana, outras); questões de

- zoneamento; razões econômicas (surgimento de alternativas mais interessantes como a descoberta de jazida mais rentável, ou concorrência); razões sócio-ambientais;
- viii. **Singularidade das Jazidas/Minas:** Não há jazidas ou minas idênticas. Cada uma delas, em razão de comportamentos geológicos diferenciados, exige planos específicos de pesquisa, aproveitamento econômico, planos de lavra e de recuperação de área degradada, e reabilitação ambiental;
 - ix. **Monitoramento ambiental específico:** Dada a singularidade da jazida e da mina e a especificidade dos projetos técnicos, não se pode a priori definir a forma de seu monitoramento. Cada uma deve ter um projeto de monitoramento particular;
 - x. **Reversibilidade dos Impactos Ambientais:** A atividade mineral só pode ser autorizada com Licenciamento Ambiental, no qual os impactos são previstos e avaliados (AIA) quanto à reversibilidade, mitigados e compensados. Caso contrário, o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, não outorgará o título, bem como o Órgão Ambiental (Federal ou Estadual) não regulamentará a atividade.

A variação das formas e características das jazidas influencia diretamente na escolha do método de lavra e a tecnologia a ser empregada no beneficiamento mineral. Conseqüentemente, a variabilidade das características mineralógicas, físicas e químicas da jazida afeta toda cadeia produtiva, influenciada por aspectos mercadológicos, regidos pela lei da oferta e demanda. Atualmente, todos esses fatores são exaustivamente estudados pela Indústria Mineral moderna durante a fase de exploração que, mediante modernas técnicas de prospecção, reduzem a incerteza ao máximo quanto ao retorno dos investimentos iniciais e o lucro de um empreendimento mineiro.

2.2 A RECUPERAÇÃO & REABILITAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS: DEFINIÇÕES, OBJETOS, TÉCNICAS E ALTERNATIVAS ADOTADAS

Conceitos de recuperação ambiental geralmente estão ligados à idéia de “preparação” da área/solo para um uso futuro e produtivo, conforme apresentados na Tabela 2.2.1. De acordo com Barth (1989 apud Bitar, 1997), o processo de recuperação não possui prazo pré-determinado, na verdade deve começar com um planejamento antes do início das atividades mineiras, culminando algum tempo após o encerramento da atividade

extrativa. Em resumo, pode-se dizer que conceitos de recuperação e reabilitação ambiental estão intimamente relacionados, porém, são significativamente distintos.

Tabela 2.2.1 - Conceitos de Recuperação, segundo diversos autores (BITAR, 1997).

AUTOR	CONCEITO DE RECUPERAÇÃO
DOWN, STOCKS (1977)	Qualquer alternativa, exceto recriação da topografia original e restabelecimento das condições prévias do uso do solo.
CAIRNS Jr (1986)	Retorno parcial ou total da superfície às condições ambientais.
ABNT (1989)	Processo em que se criam as condições de adequação a um novo uso e de ambiente saudável.
ALMEIDA (1989)	Estabelecimento do uso do solo compatível com o ambiente circunvizinho e com as diretrizes de planejamento.
BARTH (1989)	Projeto planejado de uso do solo.
DIETRICH (1990)	Processo que deve considerar o ambiente natural e cultural da região circunvizinha e obter um uso do solo gerenciável e sustentável.
WILLIAMS et al. (1990)	Retorno do sítio a um uso de acordo com plano prévio e em conformidade com a vizinhança.
MASCHIO et al. (1992)	Processo em que se busca reversibilidade total ou parcial do ecossistema
ABNT (1993)	Procedimento de minimização de impactos ambientais de acordo com plano prévio.
AUSTRÁLIA (1995)	Processo de reparação dos impactos ambientais, com reconstrução de uma superfície estável do solo e revegetação ou instalação de outro uso do solo.
SANCHEZ (1995)	Aplicação de técnicas de manejo, tornando uma área apta a um uso do solo produtivo e sustentável, em equilíbrio dinâmico (físico, químico e biológico) com a circunvizinhança.

Os impactos ambientais ocasionados pela mineração dependem de muitos fatores, tais como: características do minério, técnicas extrativas e de beneficiamento; o que requer diferentes medidas para a recuperação e reabilitação ambiental (WILLIAMS et al., 1997).

As cavas e seu entorno, formadas pela lavra a céu aberto (*open pit*), por exemplo, constituem os principais objetos de recuperação e reabilitação ambiental, inclusive para mineração de agregados. Segundo Oliveira Júnior (2001), cavas formadas pela lavra a céu aberto podem causar diversos tipos de danos às pessoas e animais; descargas de água contaminada; mudanças no padrão do fluxo de água subterrânea e drenagem superficial.

Dependendo da magnitude do passivo ambiental, as dimensões das cavas podem influenciar o balanço hídrico da região explorada (REIS, 2006). Isso se deve ao aumento da área de espelhos d'água: quanto maiores, maior será a taxa de evaporação. A geometria e porte das cavas dependem do teor do minério, da resistência das rochas, da topografia e do nível do lençol freático e, segundo Oliveira Júnior (2001), todas estas características são relevantes e ditarão a configuração final da cava recuperada e, conseqüentemente, o seu uso futuro.

Atualmente, diversas são as técnicas de recuperação e alternativas de reabilitação ambiental de ambientes alterados/degradados não somente pela mineração, mas por outros segmentos também econômicos tais como agricultura e pecuária. Os principais objetivos e medidas de recuperação apresentados por Canadá e Sassoon (1995 e 2000; apud OLIVEIRA JÚNIOR) para a lavra a céu aberto, são mostrados na Tabela 2.2.2.

Tabela 2.2.2. Objetivos e medidas de recuperação para lavra a céu aberto. (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001; adaptado).

Características	Objetivos de Recuperação	Medidas Técnicas
<i>Estabilidade Física</i>		
Segurança	Restringir o acesso às áreas perigosas;	Instalar valetas no entorno da cava e cercas e postes de sinalização nas cavas, se necessário
	Prever acesso de emergência para a água;	Fornecer acesso à água;
	Prevenir rupturas inclinadas nos taludes;	Estabilizar com redução do ângulo do talude ou bermas de pé;
Ruptura de taludes; Estabilização das bancadas	Controlar a descarga de sedimentos, se necessário	Restringir o acesso a cava com valetas/bermas e, se necessário, usar cercas e postes de sinalização; Revegetar ou colocar enrocamento nos taludes.
<i>Estabilidade Química</i>		
Drenagem ácida e/ou lixiviação de metais	Regular a qualidade de água (coletar água e instalar drenagens)	Controlar as reações de inundação; Cobrir para controlar as reações e/ou migração; Coletar e tratar; Instalar drenagens.
<i>Uso futuro da área</i>		
Produtivo e impactos visuais	Recuperar a superfície igual à original ou outra alternativa de uso aceitável; Restabelecer as drenagens	Encher a cava com estéril onde for prático e benéfico; Aplinar os taludes; Encher de água; Revegetar os taludes; Recuperar para a pesca ou aquicultura, vida selvagem, entre outros.

A Portaria nº 237, de 18/10/2001, posteriormente regulada pela portaria Nº 12, de 22/01/2002 institui as Normas Reguladoras da Mineração – NRM. A denominada NRM 21, estabelece os seguintes itens que devem compor o projeto de reabilitação de áreas pesquisadas, mineradas e impactadas em território brasileiro:

- a) Identificação e análise dos impactos ambientais diretos ou indiretos sobre os meios físico, biótico e antrópico;
- b) Aspectos sobre as conformações paisagísticas e topográficas, observando-se:
 - I- estabilidade;
 - II- controle de erosão;

- III- drenagem;
- IV- adequação paisagística e topográfica e
- V- revegetação;
- c) Programa de acompanhamento e monitoramento;
- d) Planta atualizada na qual conste a situação topográfica atual das áreas a serem reabilitadas;
- e) Aptidão e uso futuro da área;
- f) Apresentar mapas, fotografias, planilhas e referências bibliográficas e
- g) Cronograma físico e financeiro do plano de reabilitação.

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, a ser detalhado mais adiante, é o principal instrumento de licenciamento regulamentador para a recuperação de áreas degradadas pela atividade de mineração. É elaborado de acordo com as diretrizes fixadas pela NBR 13030, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, e demais normas pertinentes e/ou termos de referência estabelecidos pelos órgãos ambientais seccionais.

Como exemplo técnico de recuperação ambiental, a mineração SAMARCO promove, desde 2001, os trabalhos de recuperação e reabilitação da Cava do Germano/MG, atualmente exaurida (SAMARCO, 2007). O objetivo dos trabalhos é preencher a cava com rejeito arenoso resultante do processo de beneficiamento do minério de ferro, formando uma pilha de 150m, com relevo similar ao original e cobertura vegetal semelhante à da região (Fig.2.2.1). A reabilitação envolve um projeto paisagístico com a introdução de espécies arbóreas nativas, atrativas para a fauna nativa da região. O projeto de recuperação previsto para durar cerca de vinte anos, foi orçado em milhões de dólares.

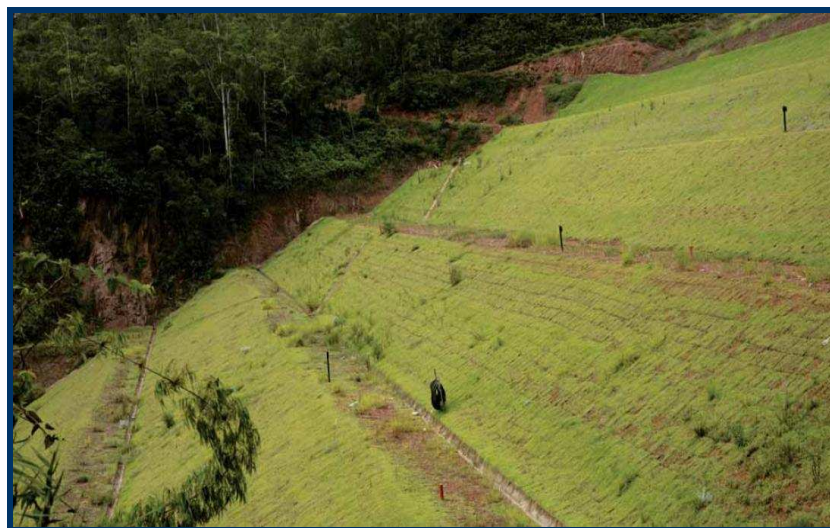


Figura 2.2.1. Taludes revegetados da cava da mina do Germano, Mariana – MG (SAMARCO, 2007).

Um exemplo técnico, porém inovativo na diversificação de usos de áreas pós-mineradas é o estádio municipal de Braga, em Portugal (Figura 2.2.2 b), concebido como alternativa de reabilitação ambiental de uma antiga pedreira urbana (SKYSCRAPERCITY, 2008). A recuperação e posterior reabilitação ambiental, em alguns casos, superam o estado original da paisagem antes da mineração, resultando principalmente no melhoramento da estética do local em relação ao estado original (AMBIENTEBRASIL, 2007). Ou seja, a mineração traz a formação de paisagens que podem ter um uso sequencial para recreação e lazer, como o caso do lago do Parque Municipal do Ibirapuera (SP), local de antigo areeiro (BITAR, 1997). O mesmo é mostrado na Fig.2.2.3.

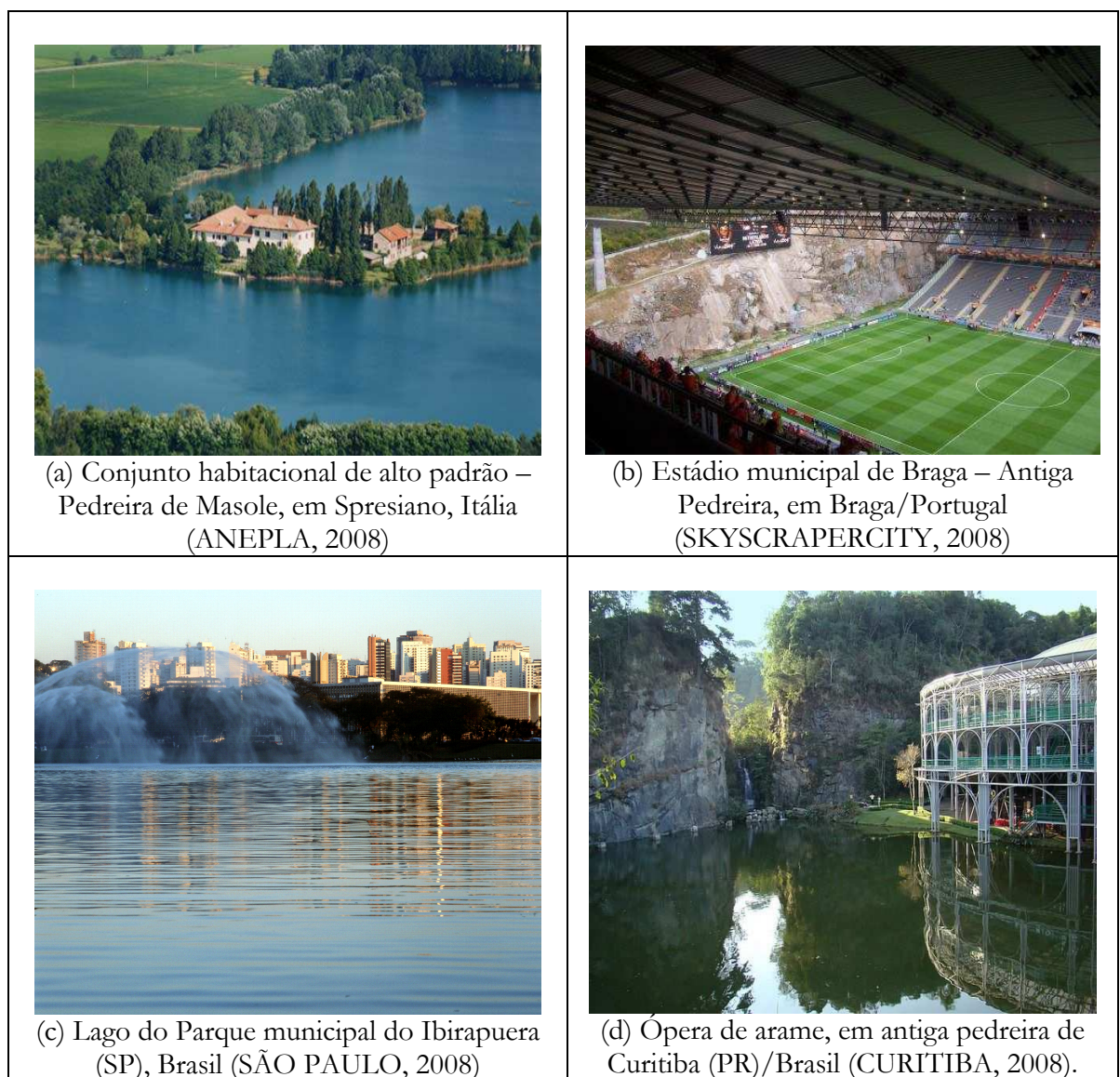


Fig.2.2.2. Exemplos sustentáveis de uso sequencial em áreas pós-mineradas.

O aproveitamento de áreas pós-mineradas tem sido estudado por inúmeros centros de pesquisa em todo o mundo. Pesquisas sobre recuperação e reabilitação ambiental geralmente são conduzidas de maneira multidisciplinar, o que representa um grande campo de atuação para uma gama de profissionais, tais como: engenheiros, ecólogos, biólogos, limnólogos, sociólogos, entre outros.

2.3 AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA DE REABILITAÇÃO DE ÁREAS PÓS-MINERADAS

A reabilitação ambiental de áreas degradadas pela mineração deve permitir que a área após explorada tenha novos usos conforme exigências legais. Tais exigências geralmente implicam em uso seqüencial e sustentável da área. A escolha da aquicultura como forma de reabilitação é justificável pela crescente importância da mesma na produção de proteínas de origem animal. Döös e Shaw (1999) atribuem o papel futuro da aquicultura na produção de alimentos:

[...] É possível que a aquicultura seja capaz de suprir algumas das demandas crescentes por proteínas e relacione-se à redução na demanda por cereais; contudo, nosso conhecimento da aquicultura futura é sempre mais incerto que o da agricultura tradicional em solo. Todavia, nenhuma tentativa foi feita para examinar este aspecto do problema.

Embora a assertiva de Döös e Shaw (1999) não tenha explorado a eficácia da aquicultura como alternativa à possível problemática alimentar do porvir, compensa por evidenciar a impossibilidade de uma previsão exata da produção futura de alimentos. Ainda segundo a literatura, a previsão da capacidade futura da produção mundial de alimentos constitui uma preocupação real por motivos óbvios: o crescimento acelerado da população mundial e o aumento da degradação ambiental. Como as projeções para o crescimento da população mundial são maiores do que para a produção, haverá aumento da demanda, com conseqüente tendência de elevação do preço do pescado em todo o planeta (DÖÖS e SHAW, 1999).

A FAO (2006) estima que a produção pesqueira mundial até 2020, para fins de consumo humano, cresça cerca de 40%, saindo das atuais 100 milhões de toneladas, aproximadamente, para cerca de 140 milhões. A maior parcela desse crescimento advirá da

aqüicultura, que deverá responder por quase a metade do pescado consumido pela humanidade (FAO, 2006). O aumento da aqüicultura na produção mundial de pescados, entre os anos de 1950 e 2000, é mostrado na Fig.2.3.1.

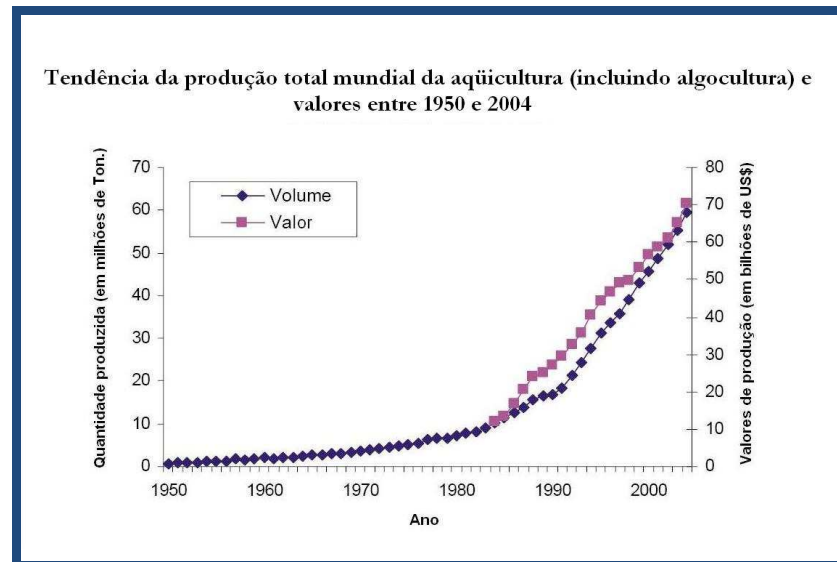


Fig.2.3.1 - Aumento da aqüicultura na produção mundial de pescados (FAO, 2006).

Neste contexto, pode-se dizer que o aproveitamento de áreas pós-mineradas pode contribuir bastante para a produção mundial de alimentos, tanto por meio da aqüicultura, como por outras formas de culturas.

Sob o ponto de vista da mineração, Otchere et al (2002) afirmam que a aqüicultura com fins comerciais ou recreacionais, é um meio eficaz de prevenir e mitigar problemas sócio-econômicos de comunidades ao entorno da mineração.

O uso não-convencional de áreas pós-mineradas para aqüicultura tem a ver com pelo menos dois objetivos que compõem os planos de sustentabilidade para aqüicultura européia: a concorrência pelo espaço e a garantia de que a aqüicultura seja uma atividade válida do ponto de vista ambiental (CCE, 2002). Segundo CCE (2000), o incentivo à aqüicultura em águas interiores e a adoção de sistemas de recirculação de água em circuito fechado, entre outras medidas, diminuiriam a pressão sobre a concorrência por espaço físico, “reduzindo o consumo de água e transferindo as unidades de aqüicultura para zonas de **menor interesse paisagístico**”. Para que a aqüicultura seja válida do ponto de vista ambiental, é necessário que seus impactos ambientais negativos sejam reduzidos ao máximo, e os positivos sejam estimulados (CCE, 2002).

O uso da aqüicultura como ferramenta de sustentabilidade ambiental para a mineração também tem sido estudado pela Universidade de Cambridge (HERRERA,

2006), que avalia a possibilidade de construção de um projeto piscícola na maior mina de ouro do planeta – Yanacocha – situada no Peru.

Algumas minas são aproveitadas de formas mais inusitadas possíveis. No estado norte-americano de West Virgínia/EUA, a água acumulada nas minas de carvão é intensamente utilizada para piscicultura. Segundo Jenkins et al (1995, apud MILLER et al, 2002), no estado de West Virgínia são retirados anualmente cerca de 232 milhões de galões (aprox. 900 milhões de litros) de água oriunda tanto de minas ativas, quanto abandonadas. Destes, aproximadamente $\frac{3}{4}$ são destinados à indústria da aquicultura. As águas superficiais de rios e lagos da região apresentam temperaturas extremas durante inverno e verão; em contrapartida, as águas minerais apresentam temperaturas constantes entre 13 e 15°C durante todo o ano, mostrado na figura 2.3.2, sendo apropriadas para a cultura de salmonídeos (MILLER et al, 2002; SEMMENS e MILLER, 2003).

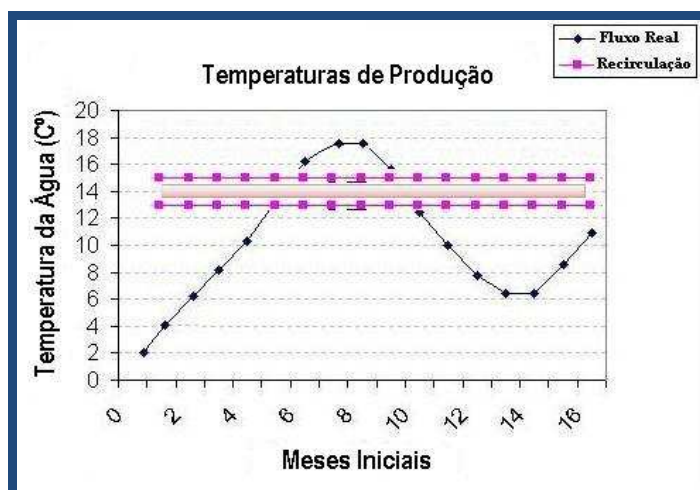


Fig.2.3.2. Exemplo das diferentes temperaturas de produção, com água superficial e com água subterrânea proveniente das minas em West Virgínia/EUA (MILLER et al, 2002).

Segundo Miller et al (2002) , em West Virgínia “a aquicultura representa o único caminho para o desenvolvimento econômico de áreas rurais próximas a minas fechadas” (ver Fig.2.3.3). Em seus estudos, Miller et al (2002) perceberam que as áreas com altas taxas de desemprego estão próximas das áreas mineiras com alto fluxo/vazão de água, ou seja, áreas ideais para implantação de aquicultura.

A qualidade da água oriunda de minas de carvão é muito influenciada pela química do depósito do carvão e geologia local. O que ocorre é que nas terras ao sul de W.V, os depósitos de carvão possuem baixos níveis de enxofre e ferro (Pirita-FeS₂) e as águas subterrâneas dessas minas podem ser utilizadas com o mínimo, ou nenhum tratamento.

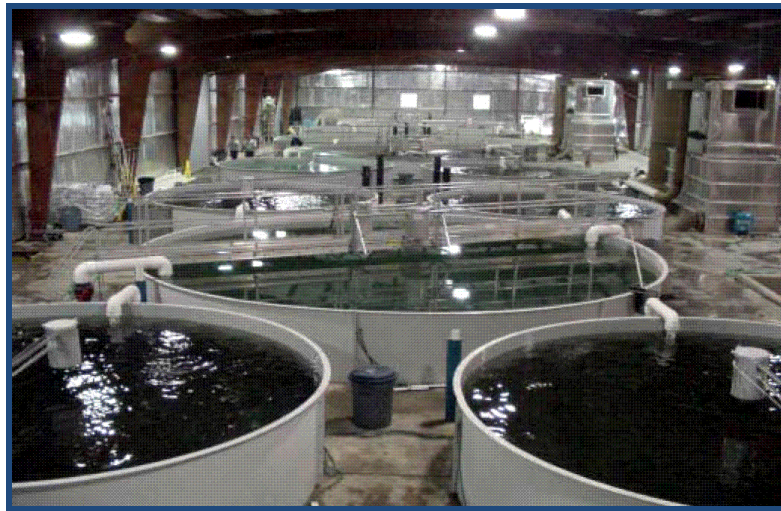


Fig.2.3.3. Piscicultura em tanques de fibra, em West Virginia/EUA (MILLER et al, 2002).

Uma simples aeração é capaz de remover o dióxido de carbono e oxidar o ferro, dois dos mais comuns parâmetros a serem analisados em tal situação. Níveis de CO_2 acima de 30 mg/l são capazes de reduzir o crescimento da truta arco íris (DANLEY e MAZIK, 2004; apud MILLER et al, 2002). Miller et al (2004) analisaram aspectos sobre os riscos do consumo de trutas para a saúde humana e concluíram que há viabilidade de que salmonídeos cresçam saudavelmente em águas advindas das minas, desde que haja tratamento adequado.

Na parte norte de W.V/EUA, os depósitos de carvão possuem maiores níveis de ferro e enxofre. Águas subterrâneas obtidas a partir destas minas são ácidas e requerem tratamento para se conformar com as leis federais do NPDES (MILLER et al, 2002). Estes tratamentos consistem na aeração da água da mina, antes e depois da aplicação de cal hidratada, podendo-se utilizar agentes flocculantes para precipitar o ferro e outros metais. Depois de passar por uma bacia de sedimentação (decantação) a água flui para uma ou mais lagoas de polimento antes de serem liberadas em algum riacho (MILLER et al, 2002).

Segundo D'souza e Miller (2004), a viabilidade técnica de piscicultura com água proveniente das minas de carvão de West Virgínia mostrou-se dentro dos limites aceitáveis dos padrões de segurança alimentar da FDA (FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION). Além das baixas taxas de mortalidade de cultivo, alguns peixes foram submetidos a testes ecotoxicológicos não indicando diferenças significativas àqueles cultivados em sistemas convencionais (DANLEY e MAZIK, 2004).

Não obstante a viabilidade técnica, a viabilidade econômica de tal modalidade de aquicultura em W.V não tinha sido explorada. Então, D'souza e Miller (2004) quantificaram os custos e benefícios, avaliando a viabilidade financeira. Considerando o potencial dos

impactos econômicos com o crescimento da aquicultura e a geração de emprego e renda, chegaram à conclusão de que a aquicultura realizada com água das minas de carvão é financeiramente viável sob o ponto de vista do aquicultor. Isso pode ser explicado, além de outros fatores, pelos baixos custos em relação à aquicultura convencional - regulamentos governamentais exigem que a água da mina seja tratada antes de ser retornada ao ambiente – o que proporciona acesso à água de boa qualidade, a um custo relativamente menor.

A exemplo de West Virgínia, em Kentucky, também nos EUA, a utilização de minas inundadas e abandonadas como fontes de água também é considerada viável (DURBOROW, 2000). A mesma é bombeada de tais minas e flui através de tanques circulares do tipo “fiberglass” - fibras de vidro, contendo trutas. Os tanques são constantemente alimentados, e a água é mantida limpa e a baixas temperaturas, com um elevado teor de oxigênio.

Embora a viabilidade financeira do ponto de vista mineiro seja igualmente importante, a mesma não tem sido estudada. O que se sabe é que se as práticas de aquicultura forem amplamente adotadas, resultarão em desenvolvimento econômico local para a comunidade e para o superficiário (D’SOUZA e MILLER, 2004). Outros bons exemplos de sucesso técnico-econômico no cultivo de truta e camarões em áreas pós-mineradas são os projetos da Mettiki Coal Corporation no oeste do estado de Maryland e da Warwick Mountain, projetos situados no sudoeste do estado da Pensilvânia, ambos nos EUA (BLANKENSHIP, 2004).

Na Mettiki Coal Corporation, conforme mostrado na fig.2.3.4, o tratamento da água inicia-se assim que a mesma é retirada. A água das galerias subterrâneas é bombeada (fig.2.3.4.a), em seguida é despejada em raceways móveis (fig.2.3.4.b), promovendo uma aeração preliminar. Em seguida a água é tratada passando por outros sistemas de aeração. A acidez é neutralizada através de reações químicas com calcário. A água recebe agentes floculantes, antes de ir para um ou mais tanques de sedimentação.



Fig. 2.3.4. Instalações de truticultura da Mettiki Coal Corporation (ASHBY e DEAN, 2007).

Na Austrália, a aqüicultura em áreas pós-mineradas é realizada em gaiolas ou tanques-redes sobre as cavas; em viveiros escavados ou em tanques construídos em alvenaria, ambos abastecidos com água das cavas (DOUPÉ e LYMBERY, 2005).

De acordo com Storer (2005), em Collie, Austrália, uma antiga mina de carvão é utilizada no suprimento de água para o cultivo integrado de uma espécie de lagostim (fig.2.3.5), chamada de “crayfish marron” (*Cherax tenuimanus*), com o peixe “Silver Perch” (*Bydianus bydianus*). A maioria das minas de carvão australianas são afetadas pela acidificação, em muitos casos, apresentam pH abaixo de 3 (EVANS et al, 2000).

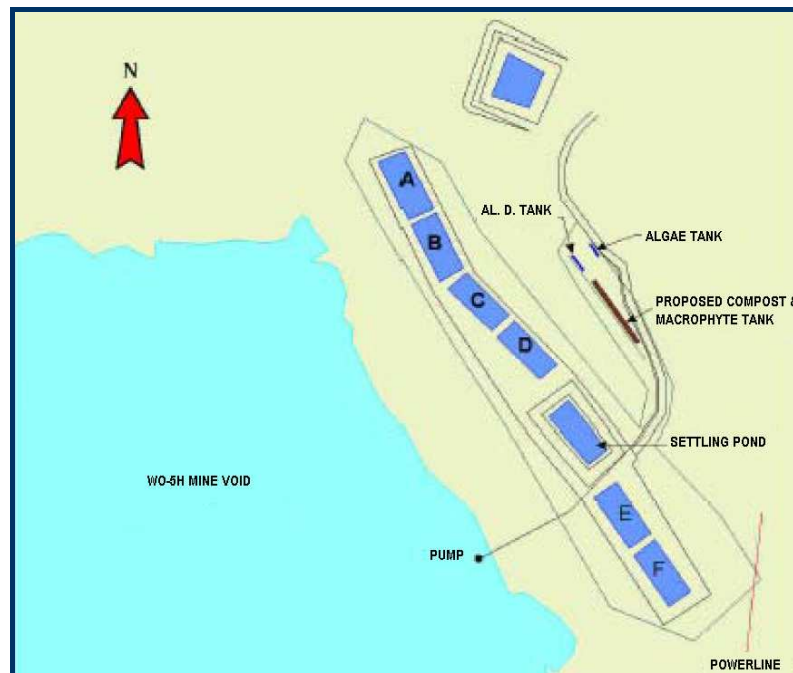


Fig. 2.3.5. Croqui do Layout dos viveiros da Collie Aquafarm (STORER, 2005).

Outro exemplo bastante peculiar ocorreu em Appley Bridge (Inglaterra). Neste, a área mineral foi utilizada de forma indireta. Duas antigas pedreiras de arenito, após fase de exaustão, foram destinadas como áreas de aterro sanitário. Em ambas as áreas, o elevado conteúdo orgânico e alto teor de umidade dos resíduos ocasionaram a produção de “gás de aterro” (biogás). O gás era utilizado como combustível para geradores elétricos e os rejeitos térmicos provenientes das máquinas foram utilizados como fonte de calor a uma piscicultura vizinha (CADDET, 2007).

Em países economicamente pobres, a aquicultura também tem contribuído para o desenvolvimento local. Em Gana, devido ao alto número de lagoas formadas por cavas inundadas e abandonadas pela mineração, o Ministério de Pesca de Gana em parceria com a FAO, avalia maneiras de converter tais áreas em parques produtores de peixes (FAO, 1982).

Como decorrência do processo de Fechamento de Mina, as comunidades que vivem em áreas de mineração devem se adaptar a novos meios de obtenção de fontes de renda. Nesse caso, a criação de peixes em tanques-redes tornou-se uma opção rentável e mitigadora dos impactos sócio-econômicos do descomissionamento mineral em Gana (FAO, 1982).

Decorrente das extensas buscas em sítios da internet e no levantamento da literatura impressa – *levantamento bibliográfico* pôde-se constatar que em alguns locais do mundo, em especial nos países do Reino Unido, pedreiras desativadas próximas à costa têm

sido aproveitadas para a prática de aquicultura, em especial, piscicultura marinha. Como bom exemplo, deve-se fazer referência à Pedreira Dinmor Parc, localizada ao largo da ilha de Anglesey, País de Gales (fig. 2.3.6). Tal pedreira foi explorada até o início da década de 1980 pela multinacional Lafarge, com atuação também no Brasil. As rochas e agregados produzidos eram transportados por via marítima, o que exigiu a construção de um grande cais e demais instalações de apoio (LAFARGE, 2007). Além da lavra, esse fator ocasionou inúmeras transformações paisagísticas.



Fig. 2.3.6. Vista aérea (imagem de satélite) da Pedreira Dimnor Parc, País de Gales (GOOGLE, 2008).

Durante anos após o encerramento da atividade, a Lafarge Aggregates deu início aos trabalhos de recuperação ambiental da pedreira, incluindo a remoção do cais e demais instalações. Para compensar a falta de solo, grande parte das áreas da pedreira e de seu entorno foram cobertas com rochas pulverizadas para promover o crescimento vegetal (LAFARGE, 2007). A figura 2.3.7 mostra a vista panorâmica do empreendimento mineiro:



Fig. 2.3.7. Vista panorâmica da pedreira Dimnor Parc, País de Gales (LAFARGE, 2007).

Além da criação de um parque natural, foi concebida a primeira piscicultura marinha em terra firme de que se tem notícia, realizada pela Bluewater Flatfish Farms Ltd (Fig. 2.3.8), filial do grupo grego Selonda (SELONDA, 2007) – multinacional da aquicultura. Todas as etapas de produção, desde a incubação ao beneficiamento, são efetuadas na área da antiga pedreira. Os peixes são criados isolados em grandes tanques com água do mar, eliminando qualquer risco de evasão e contaminação (CCE, 2006).



Fig. 2.3.8. Antiga Pedreira Dinmor Parc. Ao fundo, fábrica da Bluwater Flatfish Farm. (GEOGRAPH, 2007). Foto: Eric Jones, 2008.

Com o sucesso, a piscicultura ajudou a restaurar a aparência natural da área, estimulando a economia local (LAFARGE, 2007). Em 2002, primeiro ano de operação, a

fazenda possuía apenas sete funcionários, produzindo cerca de 200 toneladas de Turbot (*Psetta maxima*), um tipo de linguado. Atualmente a fazenda produz centenas de toneladas, aumentando a oferta de empregos (CCE, 2006).

Outro interessante projeto consiste no aproveitamento dos rejeitos orgânicos da piscicultura marinha em questão, como alimento para cultura de poliquetas a serem cultivadas em escala comercial (AERP, 2004).

Relativamente próxima à pedreira Dinmor Parc, outro exemplo de pedreira reabilitada para a piscicultura foi encontrado na Inglaterra, nas Ilhas Orkney (GEOGRAPH, 2007). As pedreiras dessa região foram implantadas pelos italianos, durante a Segunda Guerra Mundial, com a finalidade de obtenção de material para construção das denominadas Barreiras Churchill. A principal pedreira abriga hoje uma fazenda de peixes (Fig. 2.3.9).



Fig.2.3.9. Piscicultura marinha em cava inundada nas Ilhas Orkney/Inglaterra. (GEOGRAPH, 2007). Foto: Adam Ward.

Em Loch Fyne, situada na costa oeste de Argill and Bute – Escócia, pôde-se observar a existência de piscicultura praticada em estruturas flutuantes (GEOGRAPH, 2007), mostradas na Fig. 2.3.10.



Figura 2.3.10. Piscicultura em tanques-redes ao largo da costa de Loch Fyne, parte norte da pedreira (GEOGRAPH, 2007). Foto: Patrick Mackie.

Na Eslováquia, trutas são cultivadas em muitos tipos de reservatórios de água, incluindo cavas inundadas formadas pela extração de areia e cascalho, e pedreiras (FAO, 1996).

A aquíicultura em áreas previamente degradadas também tem sido uma fonte saudável de produção de proteína animal em muitas partes do continente africano, em especial, no Kenya (FAO, 1982). Em 1971 foi criada a fazenda Baobab construída sobre uma antiga pedreira desativada, cidade de Mombasa. A aquíicultura intensiva é realizada em “raceways” e tanques circulares de concreto para a produção de diversas linhagens de tilápias e camarões de água doce, incluindo pós-larvas (FAO, 1982). O sistema de produção da fazenda é considerado altamente intensivo.

Outro exemplo é o projeto Zawia Aquíicultura Marinha, concebido em uma seção da antiga pedreira Zawia, na República da Líbia (MUIR e BERG, 1987). A fazenda foi projetada para produzir o Seabass europeu (*Dicentrarchus labrax*), Seabream (*Sparus aurata*) e possivelmente tilápia (*Oreochromis mossambicus*), com o uso de modernos raceways sob condições intensivas (MUIR e BERG, 1987). A Fig. 2.3.11, mostra um esboço da situação e layout proposto:

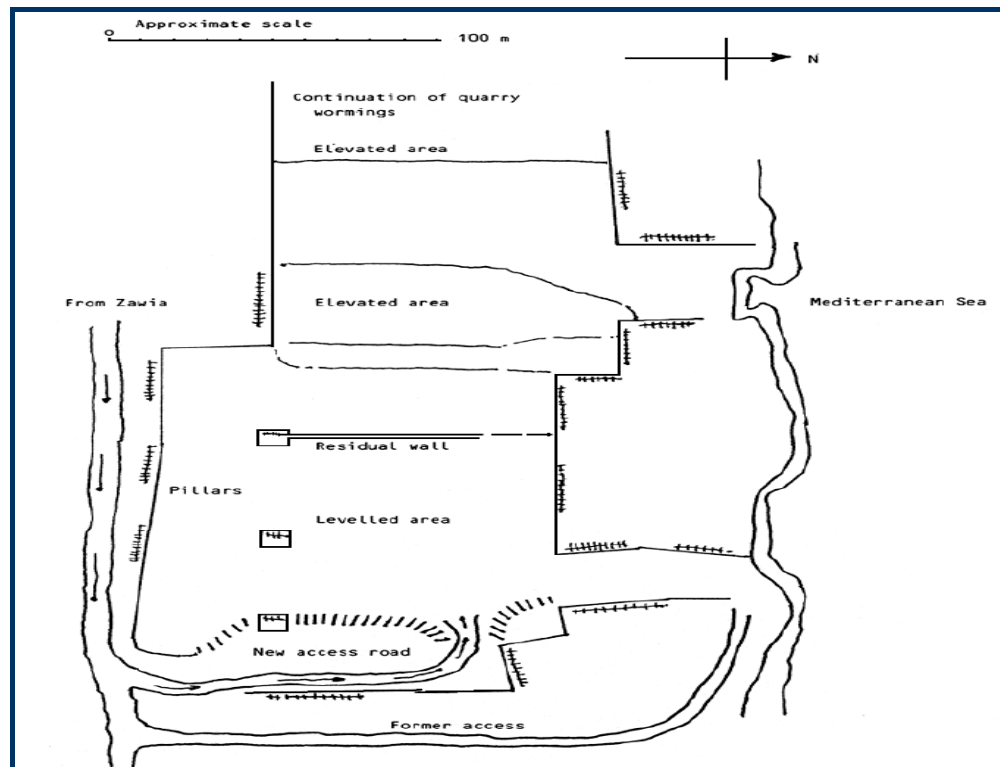


Figura 2.3.11(a). Projeto da Piscicultura Marinha Zawia (MUIR e BERG, 1987).

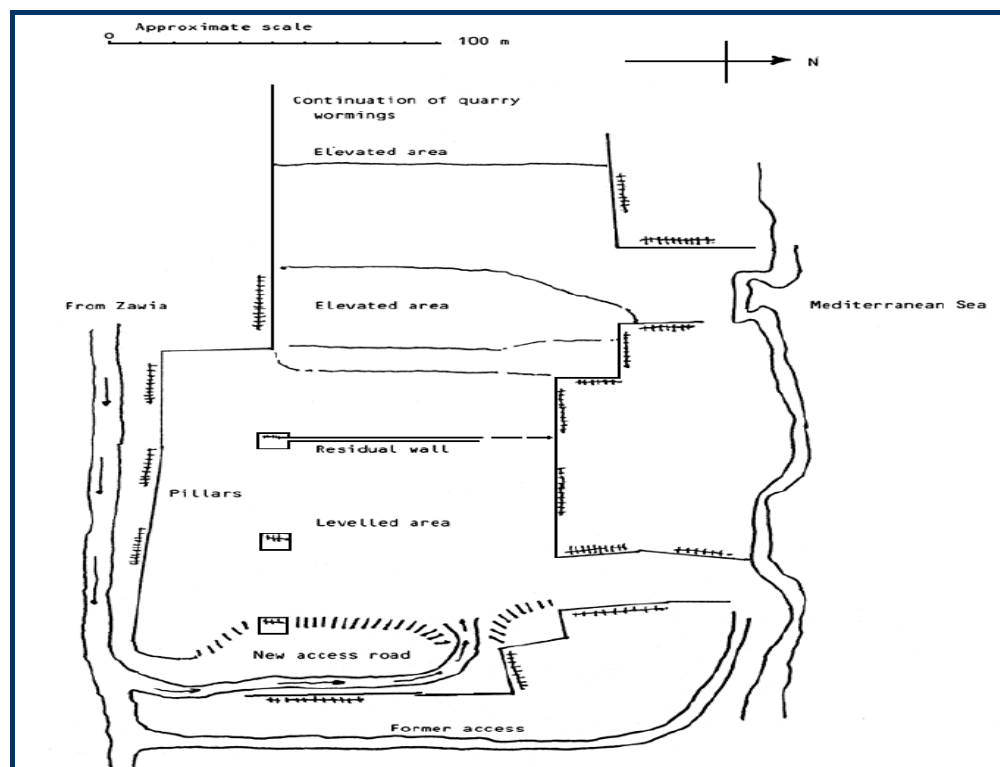


Figura 2.3.11(b). Layout do Projeto Zawia Aqüicultura sobre antiga pedreira (MUIR e BERG, 1987).

Os projetos Zawia e Baobab Farm diferem dos casos anteriormente citados devido ao não aproveitamento das cavas inundadas para piscicultura em tanques-redes. Tanto o

projeto Zaiwa como a fazenda Baobab contemplam a construção de viveiros de alvenaria e sistemas de “raceway”, gerando elevação dos custos de implantação em relação ao uso de tanques-redes. Todavia, esses sistemas podem ser altamente produtivos se construídos e utilizados de maneira adequada.

Pedreiras de calcário geralmente constituem a principal rota de migração de Lagostins, na província de British Columbia, Canadá (NORTHERN AQUACULTURE, 2002). Lagostas e demais crustáceos aquáticos absorvem o cálcio dissolvido na água para seu bom desenvolvimento e dureza da carapaça. A espécie *Pacifasticus leniusculus*, e outras três sub-espécies, encontraram nessas pedreiras um habitat ideal (NORTHERN AQUACULTURE, 2002).

Em British Columbia, a aquisição de pedreiras inundadas e abandonas constitui requisito para a produção comercial desta espécie, que é bastante valorizada no mercado europeu, em especial na Suécia (NORTHERN AQUACULTURE, 2002). O cultivo desse lagostim é realizado em tanques-redes de malhas bastante finas, sem qualquer tratamento d'água, cuja dureza é considerada ideal.

Na Flórida (EUA) a reabilitação de áreas pós-mineradas com aquíicultura torna-se uma prática cada vez mais comum, o que exige maior atenção por parte do governo e órgãos reguladores. Como cautela, há o surgimento de dispositivos legais, que disciplinam tais atividades. Apesar dos diversos exemplos bem sucedidos, Bronson (2005) alerta sobre a aparente facilidade de cultivo em lagos formados pela mineração na Flórida:

[...] A exploração mineira de rochas, areia e fosfato em todo o Estado, resultaram na construção de milhares de lagos "cavas" na Flórida. Estes buracos são muito comuns no sul da Flórida, onde grandes quantidades de materiais foram retiradas para utilização na construção rodoviária. A grande superfície e tremendo volume de água destes corpos d'água têm suscitado um enorme interesse de potenciais aquícultores. Se você é novo nesta área ou possui experiência limitada em aquíicultura, não se engane. Estes sistemas podem ser uma fonte barata de grandes quantidades de água, no entanto, também envolvem desafios significativos em termos de manejo e qualidade da água, bem como na saúde dos animais.

E complementa:

[...] Aqüicultores inexperientes freqüentemente **superestimam** a capacidade de produção destes sistemas e não reconhecem desvantagens significativas. Limitações na biomassa são incluídas para minimizar a eutrofização e variações na qualidade da água. É importante evitar a superalimentação, que é cara e pode levar a problemas de qualidade da água.

No Brasil, o emprego da aqüicultura na reabilitação ambiental de áreas degradadas pela mineração é mais comum no caso da extração de areia e argila, onde a preocupação com a geração de drenagem ácida é inexistente.

No Estado do Amapá (ASN, 2007) áreas de extração de argila, inclusive vermelha, têm sido aproveitadas para fins piscícolas, o que “promove a melhoria da qualidade ambiental e contribui para a geração de renda da sociedade”.

Em Pelotas – RS, experimento com a espécie Jundiá (*Rhamdia sp.*) foi realizado para avaliar o uso das cavas resultantes da extração de areia para piscicultura em tanques-redes (PIEDRAS et al, 2005). O Jundiá não apresentou desempenho satisfatório quanto à produtividade, no entanto Piedras et al (2007) recomendam a avaliação com o uso de outras espécies para cultivo.

Segundo Faria (2007), o cultivo de tilápias em tanques-redes tem ajudado na recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração de areia no Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. Cerca de 250 cavas marginais, distribuídas em cerca de 30 hectares estão sendo utilizadas para a piscicultura.

O projeto “Tilápias do Vale”, por exemplo, teve início em 2005 por iniciativa de três produtores do município de Tremembé - onde se concentra cerca de 90 cavas - que utilizaram tanques-rede em uma cava de cinco hectares de espelho d’água. Segundo os cálculos de pesquisadores envolvidos no projeto, uma cava de 10 hectares é capaz de produzir até nove toneladas de peixe por ano, proporcionando R\$ 360 mil brutos e lucro inicial de R\$ 50 mil, considerando os custos de implantação (FARIA, 2007).

Segundo Fiorini (2007), a criação de peixes no Vale já vem sendo estudada desde 2004 pela Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP. A mesma coordena pesquisas em nove cavas de areia, avaliando alternativas que vão desde esportes náuticos até estação de tratamento da água, sendo seu ponto forte o Projeto Social Vale a Pena Viver – Aqüicultura. Em tal projeto, a UNIVAP produz 52 toneladas de peixe por ano, em setenta tanques-redes, distribuídos em quatro cavas de areia.

Em Pernambuco, áreas pós-mineradas, principalmente no caso de areeiros, vêm sendo utilizadas para o cultivo de peixes e camarões. Tal prática está tornando-se cada vez mais comum no estado, sendo mais evidente em alguns municípios do litoral norte do Estado, tais como Goiana, Ilha de Itamaracá, Itapissuma e Igarassu (Fig.2.3.12), cujas áreas pós-mineradas têm sido reutilizadas para a prática de carcinicultura. A realidade acerca do planejamento da aquíicultura como forma de reabilitação ambiental das áreas de estudo, será mostrada nos capítulos a seguir.

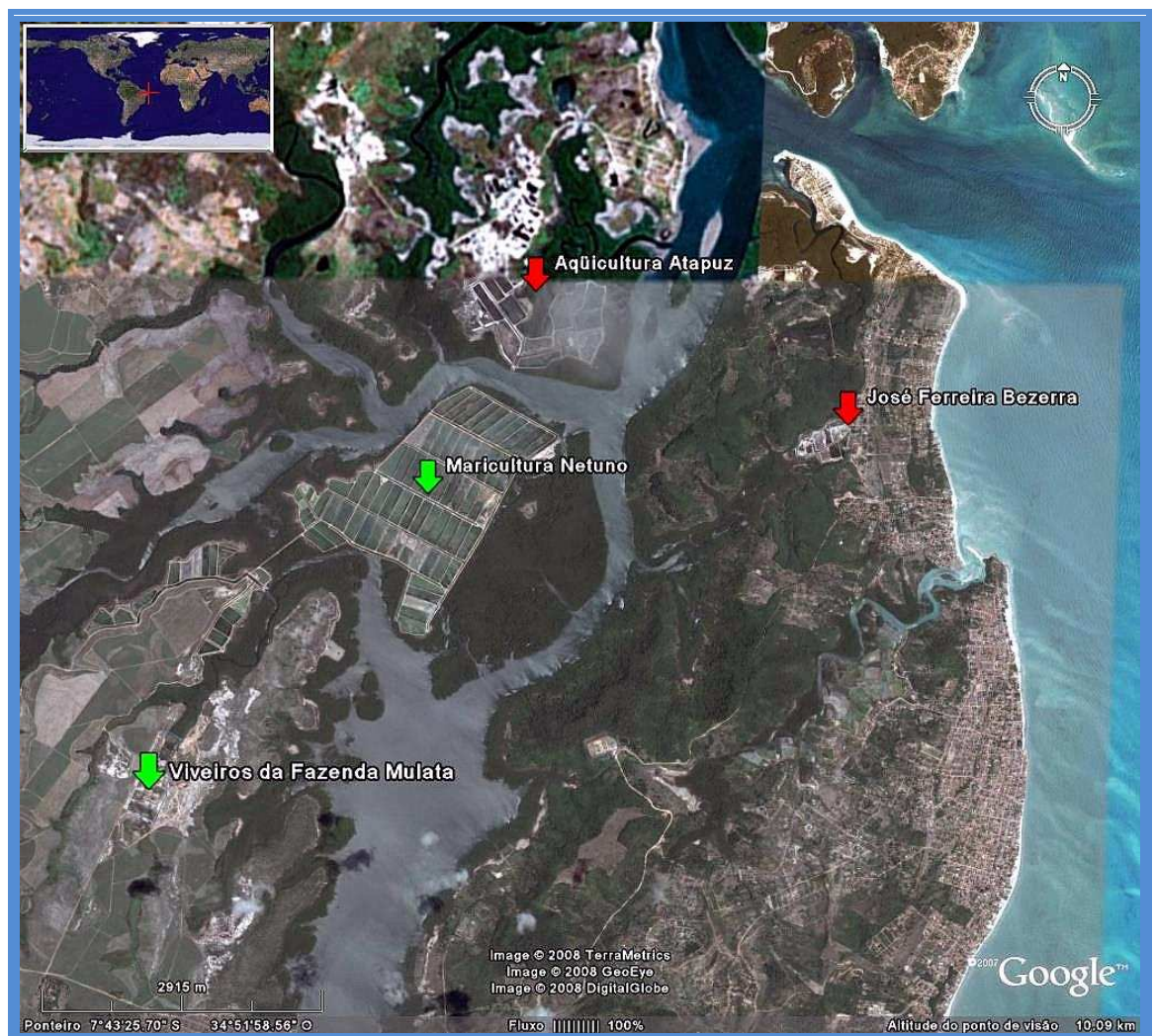


Figura 2.3.12. Vista aérea de fazendas de carcinicultura em áreas pós-mineradas do Litoral norte do Estado (GOOGLE, 2008).

3. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO: RMR E GOIANA/PE

3.1 LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO

A Região Metropolitana do Recife-RMR foi criada no ano de 1973, como parte do plano de desenvolvimento do governo federal para o Estado, sendo considerada a mais importante das cinco *Regiões de Desenvolvimento* – RD's (Tabela 3.1.1) do Estado de Pernambuco (FIDEM, 1999). Originalmente, tais regiões foram implantadas com a finalidade de aperfeiçoar a política, facilitando a administração de municípios ligados territorialmente por problemas e características comuns.

Tabela 3.1.1 - Número de Municípios e área total, segundo Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco (IBGE, 2002).

Regiões de Desenvolvimento (RD's)	Nº de municípios	Área Total	
		Absoluta (km²)	Relativa (%)
PERNAMBUCO	185	98.311,62	100
<i>Região Agreste</i>	71	24.395,92	24,82
<i>Zona da mata</i>	58	11.189,97	11,38
<i>Região Metropolitana do Recife – RMR</i>	14	2.768,45	2,83
<i>Sertão</i>	49	48.072,80	48,9
<i>Sertão São Francisco</i>	7	14.652,92	14,9

A RMR é composta por 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista; São Lourenço da Mata e Recife (município-sede).

O município de Goiana, por sua vez, mesmo sendo limítrofe a RMR, foi incluído neste estudo por responder por grande parte da produção de areia consumida na RMR (DNPM, 1995). Além disso, o município apresenta vocação natural para a prática de aquíicultura, em especial a carcinicultura, tendo em vista o crescente número de licenças ambientais expedidas nos últimos anos para tal atividade.

Os 14 municípios integrantes da RMR estão distribuídos numa área de 2.785,84 km², o que equivale a 2,83% do Estado de Pernambuco. A RMR limita-se geopoliticamente ao Norte com os municípios de Itaquitinga e Goiana; ao Leste com o Oceano Atlântico; ao Sul com o município de Sirinhaém e ao Oeste com Escada, Chã de Alegria, Vitória de Santo Antão, Paudalho e Tracunhaém.

Grande parte dos municípios da RMR está situada em áreas litorâneas, distribuídos pela costa leste, cuja extensão é de 117 km. A RMR é considerada uma região de desenvolvimento estratégico, não apenas pela sua localização geográfica privilegiada, mas também pela grande influência que a mesma exerce sobre o Nordeste brasileiro devido a sua importância histórica e econômica, abrigando os principais centros administrativos do Nordeste e sedes de organismos federais (FIDEM, 2007).

O município de Goiana ocupa uma área de 501.170 km²; estando situada no norte da Região de Desenvolvimento denominada Zona da Mata. Limita-se ao Sul com três municípios da RMR (Igarassu, Itamaracá e Itapissuma) e Itaquitinga. Ao Norte com o Estado da Paraíba. A Oeste com os municípios de Condado e Itambé, e a Leste – Oceano Atlântico. A RMR e o município de Goiana são representados na figura 3.1.1.

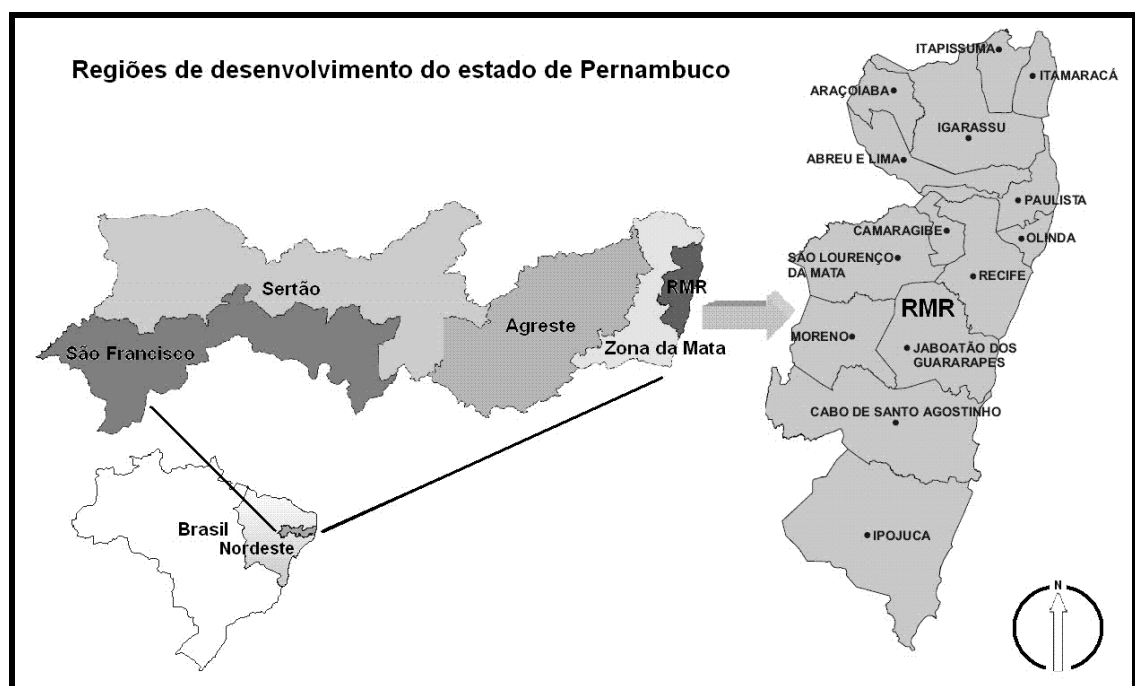


Fig. 3.1.1. Regiões de Desenvolvimento do Estado de Pernambuco, destaque para a RMR e Goiana/PE.

3.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

I – Meio Abiótico

De acordo com Fornasari Filho et al (1992; apud SILVA, 1995), meio físico é "*o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais*

terrestres (solos, rochas, água e ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outros), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana".

(i) Clima:

A localização da RMR na zona litoral-mata concorre para que seu clima seja quente e úmido, com pluviosidade entre 1000 a 2000 mm/ano concentrada no período de março a julho. A temperatura média é de 27° C e a amplitude térmica se situa em torno de 5°. Os meses mais quentes do ano são atenuados pelos ventos alísios de sudeste. De acordo com o sistema de classificação de Köppen, que considera a precipitação e temperatura, o clima predominante na RMR enquadra-se no tipo **As'**, ou seja, clima quente e úmido com chuvas de outono-inverno. O clima do Sul da RMR pode ser enquadrado em **AMs'** (SUDENE, 1978), quente e úmido com chuvas durante quase todo o ano e com uma estação seca menor entre os meses de outubro a dezembro. Aspectos climáticos e fisiográficos do município de Goiana assemelham-se bastante aos da RMR, tendo-se em vista a proximidade.

(ii) Geologia:

Topograficamente, a RMR apresenta três unidades distintas: a planície flúvio-marinha (PFV), os tabuleiros sedimentares e as elevações do complexo cristalino. Na planície flúvio-marinha se concentra grande parte da cidade do Recife, sendo as planícies costeiras de formação Quaternária, de baixa elevação ($\leq 10\text{m}$), resultantes de deposição de sedimentos marinhos e de aluviões continentais formados pelos cursos d'água. Estas planícies ocorrem em faixas estreitas, sendo ao longo da costa mais larga ao norte estreitando-se ao sul e em alguns pontos desaparecendo. Quanto aos tabuleiros, sedimentos de idade terciária de espessura variada, se apresentam como relevo plano e suave-ondulado com trechos ondulados a suavemente ondulados, em altitudes que variam de 80 a 150m. Por fim, os relevos dos patamares cristalinos, limitados ao sul do Recife, que apresentam aspectos de outeiros e morros de topos arredondados resultantes de superfícies aplainadas pela erosão com altitudes acima de 60m, destacando-se a Serra do Urucu com cerca de 424m localizada no município do Cabo de Santo Agostinho.

O município de Goiana está geologicamente inserido nas Formações Maria Farinha, Barreiras, Gramame e Beberibe. Também estão presentes os depósitos sedimentares da Planície Flúvio-Marinha, depósitos Flúvio lagunares e aluvionares.

(iii) Hidrografia:

Segundo Viessman et al (1975) Bacia Hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída. As Bacias Hidrográficas que compõem a RMR são a dos rios Jaguaribe, Botafogo, Igarassu, Timbó, Paratibe, Beberibe, Capibaribe, Tejupió, Jaboatão e o Pirapama. A maior parte do abastecimento de água é garantida pelo chamado sistema integrado, que é formado por diversos mananciais independentes.

II – Meio Biótico

Animais, vegetais e microorganismos constituem o meio biótico, cujas condições são criadas e modificadas pelos mesmos (GLIESSMAN, 2005). O Meio biótico difere do abiótico principalmente por não ser estático, e sim dinâmico.

(i) Vegetação:

A distribuição espacial da vegetação na RMR e Goiana/PE está condicionada pelos aspectos naturais de solo e relevo, bem como pelos sócio-econômicos (atividades agrícolas e ocupação urbana). Outrossim, pela inexpressiva variação climática. Dentre os tipos da flora nativa, ainda persistem áreas remanescente do litoral ao interior através de espécies de floresta halo-paludícola de manguezais encontradas nas regiões estuarinas. Posteriormente tem-se as restingas de cotas baixa e fora do alcance das marés, com espécies típicas e adaptadas aos solos essencialmente arenosos de baixa fertilidade com níveis freáticos pouco profundos. Todavia, este tipo de cobertura vegetal se encontra menos freqüente devido à substituição pelo plantio de coqueiros e pelos crescentes desmatamentos para expansão urbana. Em áreas mais elevadas (Formações do Grupo Barreira e do Complexo Cristalino) e encostas foi possível desenvolver grandes florestas, como as remanescentes do Horto de Dois Irmãos (Recife) e Serra do Cotovelo (Moreno e Cabo). Quanto a Mata Atlântica, esta se apresenta em raríssimas manchas entremeadas por imensos canaviais (FIDEM, 2007).

(ii) Fauna:

A costa da RMR propicia a formação de vastas áreas estuarinas e manguezais, cujo potencial animal é constituído basicamente da fauna típica desses ambientes, onde se pode destacar crustáceos, moluscos, peixes e aves. Associada à vegetação, ao solo e às características hídricas dos estuários, a fauna típica é bastante diversificada, representada

por várias espécies de crustáceos, moluscos e peixes (BRAGA, 1994), cuja captura desempenha importante papel na sobrevivência das populações locais. Além da pesca artesanal, outra forma de utilização desse ecossistema é a instalação de viveiros para a prática de aquicultura, principalmente nos municípios do litoral norte da RMR e Goiana.

III – Meio Socio-econômico

Meio Sócio-econômico constitui um dos principais fatores do meio antrópico e está associado a aspectos sociais e econômicos tais como renda, uso e ocupação do solo, educação, hábitos, entre outros.

(i) Economia:

A Região Metropolitana do Recife destaca-se por possuir excelente base logística: o Complexo Industrial Portuário de Suape; o Aeroporto Internacional dos Guararapes e as malhas rodoviária (BR's 101 e 232), ferroviária e metroviária (FIDEM, 2007).

A RMR é responsável pela formação e concentração de recursos humanos qualificados para produção de bens e serviços, sendo consolidada como o principal pólo terciário do Nordeste (FIDEM, 2007).

A RMR é responsável por mais da metade da renda do Estado e constitui um grande centro econômico, onde a indústria de bens e serviços é predominante. A Região também funciona como um centro distribuidor de diversos tipos de mercadorias. O comércio, principalmente na cidade de Recife, atrai consumidores de cidades circunvizinhas, inclusive de outros Estados, através de seus shopping-centers, feiras, mercados e lojas (FIDEM, 2007).

A maior concentração de indústrias de transformação do Estado Pernambucano encontra-se na RMR. A agroindústria constitui outro pilar da economia metropolitana, com destaque para o setor sucroalcooleiro, voltado para a produção do álcool e açúcar, que embora utilizem a mesma matéria-prima, caracterizam dois mercados bastante distintos. Junto ao monopólio da cana-de-açúcar, observa-se também o cultivo de frutas e hortaliças, porém de forma um pouco dispersa.

A extração e beneficiamento de minerais não-metálicos constituem o carro-chefe da economia do município de Goiana, seguida pela indústria de papel, celulose e alimentar (açúcar). O município é o 3º maior produtor agropecuário do Estado, 5º maior produtor de cana-de-açúcar, 4º de ovos e 3º de coco-da-baía (FIDEM, 2007).

(ii) População:

A RMR concentra 43,1 % da população de Pernambuco, com cerca de 3.658.318 habitantes (IBGE, 2007). Destes, 97% estão em área urbana e 3% na área rural. O conjunto dos quatro municípios mais populosos da região é composto por Recife, Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Paulista, que agrupa 2.897.684 habitantes, correspondendo a 79,20% da população da RMR e a 33,23% do Estado. A cidade do Recife destaca-se com uma população estimada em 1.533.580 habitantes (IBGE, 2007). Araçoiaba sendo o município menos populoso, conta com 16.520 habitantes (IBGE, 2007).

Cerca de 60% da população da RMR vive na linha de pobreza, com renda de um salário-mínimo por mês. A taxa de escolarização do ensino-médio de crianças com idade entre 15 a 17 anos é de 79,9%; superior à média brasileira que é de 78,5%.

Segundo Corrêa (2007), a distribuição de renda na RMR é a mais desigual da Região Nordeste. Como fruto dessa desigualdade social generalizada, a tensão social na forma de violência surge como um dos principais indicadores negativos da RMR. De acordo com Waiselfisz (2007), a RMR destaca-se como uma das regiões metropolitanas mais violentas do país.

O município de Goiana possui população de aproximadamente 72.000 pessoas (IBGE, 2000), o que corresponde a 1,96% da população do Estado. Destes, 61% vivem em zona urbana. De acordo com o IBGE (2000); 55,6% da população de Goiana vive na linha da pobreza, com renda média menor que um salário mínimo.

(iii) Índice de Desenvolvimento Humano-IDH

O IDH é um indicador sócio-econômico bastante utilizado em todo o mundo. O IDH varia entre o valor mínimo de zero e o máximo de um, porém, para fins de análise, comumente são incorporados os valores para médio-alto, médio-médio e médio-baixo (Tabela 3.2.1).

Tabela 3.2.1 Níveis de IDH e respectivos valores (FIDEM/PRIS, 2003).

Nível de IDH	Valor
Baixo	0-0,49
Médio	0,5-0,79
Alto	0,8-1
Médio-Alto	0,7-0,79
Médio-Médio	0,6-0,69
Médio-Baixo	0,5-0,59

De acordo com dados do IBGE (2000), a Região Metropolitana do Recife apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano de 0,783 (FIDEM, 2003); o que lhe confere um nível médio de desenvolvimento. Este índice é o mais elevado entre todas as 12 RD's do Estado de Pernambuco, ultrapassando, inclusive, ao índice estadual, que é de 0,705. Dentre os municípios que compõem a RMR, Araçoiaba apresenta o menor índice de IDH, semelhante ao de países como o Gabão, com 0,637. O maior IDH da RMR é da cidade do Paulista, com 0,799; seguida pela capital Recife com 0,797.

De acordo com Atlas (2005), oito dos catorze municípios cresceram abaixo que o Estado de Pernambuco; mesmo possuindo padrões de IDH-M superior ao do estado. Os dados mostram, por exemplo, que os municípios da Região Metropolitana do Recife apresentam numa área de 2.766 quilômetros quadrados, padrões de desenvolvimento humano similares aos do México (Recife) e da Letônia (Paulista) e, no outro extremo, equivalentes ao de Gabão (Araçoiaba) e Mongólia (Ipojuca).

Os valores do IDH-M dos municípios mais periféricos da RMR, com nível de integração médio com o pólo metropolitano, e que mantêm áreas rurais são mais baixos. Os mesmos indicadores são escalonados entre 0,637 e 0,719, que compreendem os municípios de Araçoiaba, Ipojuca, Moreno, Itapissuma, São Lourenço da Mata e Igarassu. Segundo Bitoun (2005), na Região Metropolitana do Recife a população rural apresenta baixos valores de IDH, o que configura a clássica distinção entre centro e periferia. O município de Goiana, por sua vez, possui nível médio de IDH-M de 0,692; apresentando maior deficiência no quesito IDH-M/Renda que é de 0,569 (IBGE, 2000).

3.3 A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

Na RMR e Goiana a mineração é representada basicamente pela produção de minerais não-metálicos, agregados de uso na construção civil: areia, argila e pedra britada. A distribuição das áreas de mineração se dá quase que simetricamente nos litorais norte e sul (Fig. 3.3.1), sendo o núcleo metropolitano pouco representativo.

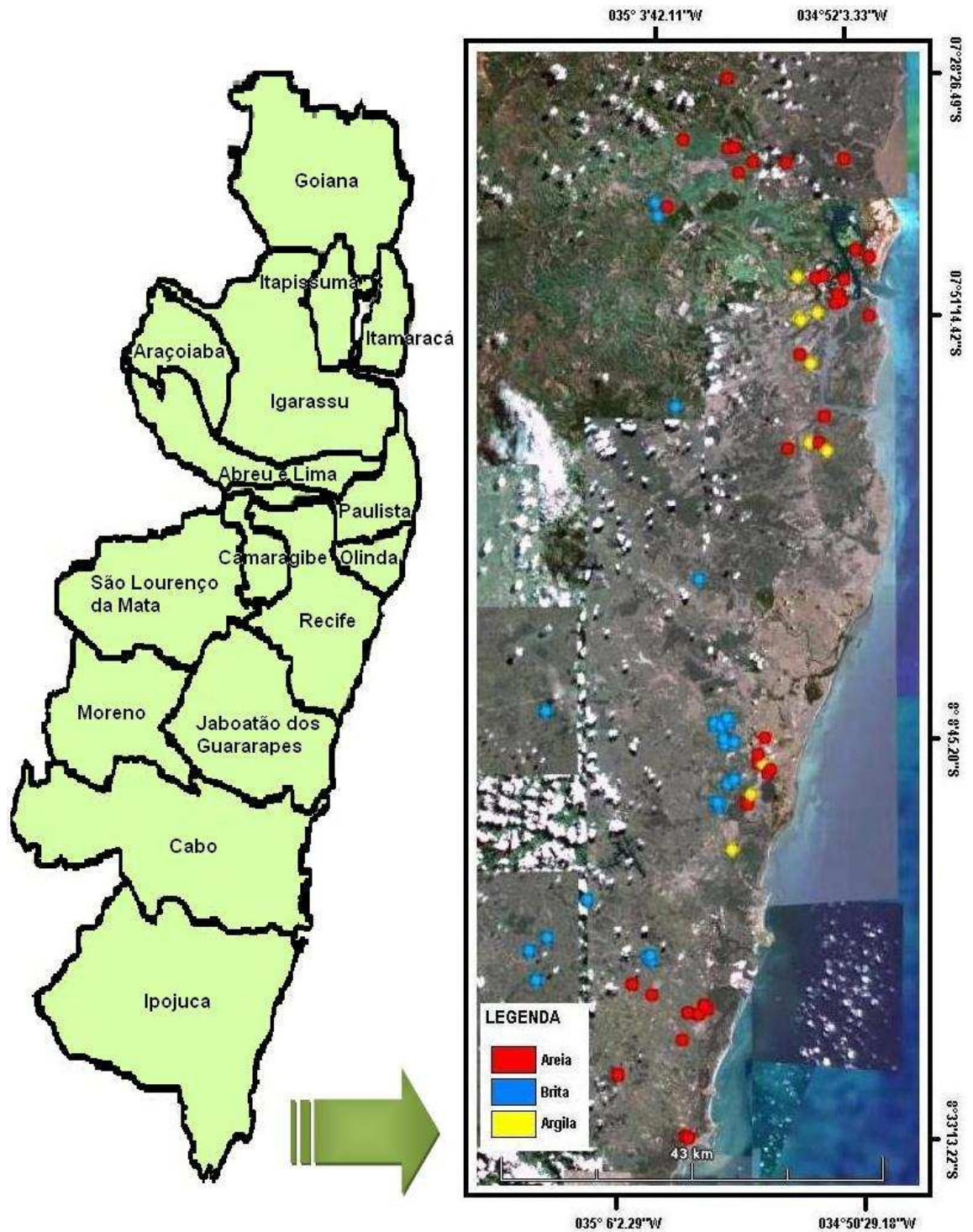


Fig. 3.3.1. Áreas de mineração de agregados na RMR e Goiana (GOOGLE, 2008).

Na RMR e Goiana, estas matérias-primas minerais são extraídas, na maior parte dos casos, em grandes quantidades e sem medidas de controle de impacto ambiental, não havendo, inclusive, a recuperação das áreas com a lavra paralisada. Segundo o DNPM (2005), as minas da RMR e Goiana, assim como de todo o Estado, são classificadas de pequeno (produção anual de ROM até 100.000t) a médio porte (produção anual de ROM até 1.000.000t).

As empresas cujas atividades têm registro junto ao DNPM compõem uma parcela pouco representativa do real quadro extrativo mineral, constatando-se que um número expressivo de lavras opera de forma clandestina, principalmente as extrações de areia e argila, estas para uso em aterros (DNPM, 1995). A seguir, são descritas as atividades de mineração praticadas na RMR e Goiana/PE, conforme o tipo de substância mineral, a saber:

(i) Mineração de *areia comum*:

As areias são sedimentos clásticos inconsolidados resultantes da desagregação de rochas pré-existentes, sendo constituídas principalmente de grãos de quartzo, podendo, ainda, conter impurezas tais como: óxido de ferro, feldspato, mica, ilmenita, zircão, etc. São encontradas em leitos de rio, terraços fluviais, beiras de praia e em outras formações com predominância de arenitos e quartzitos (DNPM, 1995).

As areias são utilizadas para os mais diversos fins. Tanto na RMR quanto no município de Goiana/PE são destinadas principalmente à construção civil. Nesse segmento, sua função é aumentar a resistência à compressão das argamassas. Possui também outras utilidades, que variam de acordo com suas propriedades técnicas, tais como granulometria e grau de pureza; servindo para a fabricação de vidros, abrasivos, fabricação de filtros, cerâmica, siderurgia, entre outras.

A gênese das jazidas de areias comuns da RMR e Goiana/PE se origina da lixiviação dos depósitos sedimentares, tanto do grupo barreiras, como de arenitos de outras formações. As areias da RMR e Goiana/PE são lavradas de depósitos dos tipos leito de rio, planície aluvial, terraço marinho e de camadas de arenito friável. Nos depósitos de leito de rio, terraços e planície fluvial, a lavra é feita por meio da dragagem do leito dos rios, desmonte hidráulico das margens ou raspagem e escavação dos terraços e planícies aluvionares, conforme exemplos mostrados na Fig. 3.3.2.



Fig. 3.3.2 - Lavra de areia em Leito de Rio.

Com relação às reservas deste insumo, o município de Jaboatão dos Guararapes detém a maior reserva lavrável de areia da RMR, estimada em 529.508 toneladas (DNPM, 2006). Já o município de Goiana apresenta 901.382 toneladas lavráveis de areia (DNPM, 2006). Estas informações não refletem a realidade do potencial dos areiais da RMR e Goiana, pois essas informações são baseadas em Relatórios de Pesquisa e Relatórios Anuais de Lavra das empresas (RALs). Na RMR a areia geralmente ocorre em áreas de topografia mais baixa, próximas aos mangues, e em leitos de rios, sob as formas de bolsões ou bancos (DNPM, 1995). As principais ocorrências cadastradas de areia na RMR estão distribuídas conforme a Tabela 3.3.1.

Tabela 3.3.1 - Principais ocorrências de areia na RMR (DNPM, 1995).

Municípios	Localização
Cabo de Santo Agostinho	Rio Pirapama, Engenho Boto, Pontezinha, Barra de Jangada, Cabo de Santo Agostinho e Engenho dos Algodais.
Itapissuma	Fazenda das Cobras, Fazenda Mulata e Mangabeira.
Ilha de Itamaracá	Sítio Visgueiro, situado na Praia do Sossego.
Igarassu	Rio Botafogo, Granjas Alexandria, Taquari e Guimares e Loteamento Santa Rita e Areia Branca.
Jaboatão dos Guararapes	Pau Seco e Jardim Prazeres
Moreno	Engenho Pereira e Rio Jaboatãozinho.
Olinda	Jardim Santa Rita.
Paulista	Mumbeca, Córrego Sulipa, Granja Falcão e Costa Azul.
Recife	2 no Rio Capibaribe (situadas na Várzea e em Parnamirim) e 3 de terraço fluvial, localizadas nos bairros da Várzea, Iputinga e Av. Recife

As ocorrências no município de Ilha de Itamaracá são consideradas insignificantes. Embora o Plano Diretor da Mineração para a RMR esteja desatualizado (o município de Araçoiaba ainda não pertencia à RMR), os dados nos fornecem uma idéia da situação da mineração de agregados da RMR.

Além das ocorrências citadas, devem ser mencionadas as ocorrências de areia dos rios que cruzam o município de Goiana, principalmente os rios Goiana, Tejucupapo e Tracunhaém, nas proximidades da BR-101. O município de Goiana destaca-se como o maior fornecedor de areia para a RMR. As maiores lavras de areia encontram-se ao longo da localidade de Atapuz.

A definição do tipo de exploração para depósitos de areia depende das características do jazimento, da escala de produção e das limitações do capital a ser inicialmente investido. Na RMR e Goiana/PE, a exploração se dá de duas maneiras, a saber:

a) *Lavra em cavas ou encostas* – a areia é lavrada por processos manuais, semi-mecanizados e mecanizados, sendo utilizados no primeiro caso, instrumentos rudimentares, tais como pá e picareta, e, no segundo, utilizando sistema misto ou totalmente com uso de máquinas de pequeno, médio e grande porte, a exemplo de tratores, retro escavadeiras e pás mecânicas.

b) *Lavra em leitos de rios* – a areia é lavrada utilizando dragas de sucção ou de arraste. Nesse processo, a areia passa por uma tela inclinada, para descarte do cascalho muito grosseiro e dos restos vegetais. Nestas áreas o meio ambiente é afetado com o rebaixamento excessivo dos leitos dos rios e/ou córregos, alterações na topografia das margens, instabilidade de taludes marginais, alterações dos ciclos de erosão-deposição do rio, destruição da fauna e flora bentônica e das margens dos rios, rebaixamento do lençol freático, alterações na turbidez das águas e formação de lagoas artificiais. Segundo a CPRM (2001), este processo, quando executado nas margens, acarreta em assoreamento devido o aumento de vazão sólida oriunda da deposição de sedimentos. Efeitos positivos são observados quando a dragagem é realizada em leitos previamente assoreados, aumentando a calha do rio.

O caráter informal predominante na extração de areia na RMR torna difícil a quantificação da oferta de matéria-prima. Um dos principais segmentos de consumo de areia é o da construção civil e seu ritmo de produção é dependente do desempenho desse setor, além disso, as jazidas não devem estar distantes dos locais de consumo.

(ii) Mineração de *argila*:

As argilas são substâncias minerais de granulometria muito fina, constituídas essencialmente de silicato de alumínio, podendo conter certas quantidades de óxido de ferro, cálcio, magnésio e outros, além de impurezas de origem orgânica ou inorgânica (DNPM, 1995). Devido a sua abundância e versatilidade de uso, as argilas são consideradas de grande importância para o mundo moderno, principalmente no setor da construção civil, onde encontram maior aplicação na manufatura de tijolos, telhas, manilhas, lajes, entre outros produtos. As argilas detêm um vasto campo de aplicação na fabricação de utilidades domésticas, cimento, cerâmica refratária, petróleo, etc. Os usos e aplicações dos diversos tipos de argilas estão intimamente ligados à sua estrutura, constituição química e propriedades físicas. De acordo com as especificações técnicas para determinados usos, devem ser considerados aspectos como granulometria, plasticidade, pureza, índice de refração, alvura, entre outros.

As argilas encontradas na RMR fazem parte do pacote de sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, que recobre as faixas costeiras dos litorais norte e sul. Esses sedimentos são datados do período geológico Tércio-Quaternário, e apresentam granulometria fina à média, espessura que vai de poucos centímetros a dezenas de metros e cores variadas. Segundo o DNPM (1995), as principais ocorrências de argila na RMR cadastradas estão distribuídas nos municípios do Cabo de Santo Agostinho (ver Fig. 3.3.3), Igarassu, Ilha de Itamaracá, Jaboatão dos Guararapes (ver Fig. 3.3.4), Moreno, Olinda, Paulista e Recife.

Tabela 3.3.2 - Ocorrência de argilas na RMR (DNPM, 1995).

Municípios	Localização
Cabo de Santo Agostinho	Megaípe de Baixo, Engenhos, Jacobina e Guerra, Matas de Bom Jardim, Charneca (BR-101 e PE-28), Engenho Velho, Pirapama e Porto do Açúcar.
Camaragibe	Timbi, Buraco Fundo, Areinha e Alberto Maia.
Igarassu	Congassari, Praia da Conceição, Engenho Botafogo, Granja Santa Clara e Engenho Araripe.
Itamaracá	Forno da Cal, Sítio Peixoto e São Paulo
Jaboatão dos Guararapes	São Bartolomeu, Comporta de Baixo, Usina Muribeca, Granja São Luiz e Guararapes.
Moreno	BR-232 e Jacobina
Olinda	Ladeira do Giz, Ladeira de Santa Rosa, Jardim Fragoso e Jardim Brasil.
Paulista	Caeté e Praia da Conceição
Recife	UR-5, Ibura, Macaxeira, Caxangá, Engenho Uchôa, Várzea, Guabiraba e Barro.

A exemplo da areia e das britas, também agregados da construção civil, as reservas de argila, principalmente àquelas relacionadas às jazidas que abastecem as cerâmicas e olarias da RMR, estão subestimadas. Esse fato está relacionado principalmente ao caráter informal, dominante nas pequenas empresas.



Fig. 3.3.3 – Lavra de argila no município do Cabo de Santo Agostinho e Jaboatão dos Guararapes, RMR.



Fig. 3.3.4. Vista aérea das áreas de lavra de argila em encostas, às margens do Km 79 da BR 101 – Sul, município de Jaboatão dos Guararapes (GOOGLE, 2008).

(iii) A mineração de brita:

Os granitos e gnaisses possuem grande aceitação no setor da construção civil. Isto se deve à diversidade de ocorrências destas rochas, às variedades de cores e padronagens que apresentam, resultando em material de grande efeito decorativo. São também utilizados como brita nas suas mais diversas granulometrias, blocos para alicerces, na confecção de calçamento e meio fio de ruas e avenidas, objetos de arte e em revestimento de pisos e paredes (geralmente quando polidos).

O granito é uma rocha ígnea, intrusiva, cristalina, de textura granular, contendo como minerais essenciais quartzo e feldspato. Os principais modos de ocorrência dos granitos são sob a forma de batólitos, filões, lacólitos etc (DNPM, 1995).

O gnaiss, de origem metamórfica, apresenta, via de regra, a mesma composição mineralógica do granito. No entanto, os minerais são dispostos bem-orientados. Pode ser chamado de para-gnaiss ou orto-gnaiss, segundo provenha do metamorfismo em depósitos sedimentares ou de origem ígnea (DNPM, 1995).

Os granitos e gnaisses da RMR, fazem parte do embasamento cristalino, que aflora em alguns locais da região litorânea e ao longo da linha de falha de direção E-W que passa por Pesqueira, Caruaru e Gravatá. O marcante intemperismo físico-químico, associado à forte ação erosiva, deram origem à formação de matacões e exuberantes afloramentos rochosos (DNPM, 1995), cujas principais ocorrências na RMR são listadas na Tabela 3.3.3.

Tabela 3.3.3 - Ocorrência de afloramentos de granito na RMR (DNPM, 1995).

Municípios	Localização
Cabo de Santo Agostinho	Ponte dos Carvalhos no Engenho Caiongo - ocorrência de granito-gnaiss pouco fraturado, de textura média a grosseira
Jaboatão dos Guararapes	Engenho Guarany, Muribeca, Santana e Comportas
Moreno	Engenho do Pinto – Textura de fina a média e os cristais apresentam-se bem desenvolvidos

Tal como ocorre com a areia e argila, torna-se difícil uma avaliação a respeito das reservas legais ou mesmo do potencial das pedreiras localizadas na RMR. Em geral, o caráter de informalidade desse segmento é menor do que nos casos de areia e argila.

De qualquer forma, no município de Jaboatão dos Guararapes estão concentradas as principais pedreiras que abastecem o segmento da construção civil de toda a RMR, e também detém as maiores reservas lavráveis deste mineral, com 19.976.926 toneladas (DNPM, 2006). Em seguida, o município de Ipojuca que apresenta reserva de 1.989.980 de toneladas, sendo o segundo maior produtor de britas na RMR.

Como a relação preço/frete da brita inviabiliza o consumo desse insumo vindo de longas distâncias, aliado ao problema de expansão urbana na RMR e exigências ambientais, constata-se a necessidade de ser dimensionado o potencial desse insumo na RMR, até mesmo com vistas ao zoneamento a ser proposto.

As pedreiras da RMR são explotadas a céu aberto, em bancadas ou “paredões” (bancadas acima de 20 metros) que podem atingir até 25 metros de altura (Fig. 3.3.5a). As operações auxiliares são, via de regra, mecanizadas e o desmonte se dá com uso de explosivos. Após o desmonte, o minério é carregado por pás-mecânicas e transportado por caminhões, até as instalações de britagem. A atividade de produção de pedra de cantaria (paralelepípedos, meio-fio, mureta, rachão, laje etc.) adota um sistema mais simples, consistindo no desmonte de blocos do maço rochoso (aflorantes), utilizando explosivos de categoria inferior, pólvora negra e o conseqüente desdobramento, com uso de instrumentos manuais (Fig. 3.3.5b).



Fig. 3.3.5 – Frentes de lavra de granito/gnaiss para a produção de brita (a) e para a produção de pedra de cantaria (b).

A construção civil em suas diversas facetas, constitui o principal mercado consumidor de pedra britada da RMR, seguida do consumo de Granito/Gnaiss como rochas para fins ornamentais.

3.4 O PASSIVO AMBIENTAL

De modo geral, a RMR e Goiana/PE apresentam elevada degradação ambiental geralmente associada ao uso do solo, decorrente do processo de expansão urbana (CPRH, 2003). As populações ribeirinhas de baixa renda, tanto da RMR como de Goiana, enfrentam basicamente os mesmos problemas, estando sujeitas às enchentes devido à poluição/obstrução dos rios e canais e má qualidade dos serviços de saneamento (FIDEM, 2007).

A erosão que ocorre tanto em áreas urbanas quanto nas rurais é provocada pelo processo de expansão urbana que modifica o padrão de cobertura do solo. O desmatamento desenfreado também contribui com a aceleração dos processos erosivos. Na RMR, as áreas de maior potencial erosivo, coincidem com os processos de ocupação e assentamentos inadequados pela população economicamente desfavorecida (FIDEM, 2007).

Outros fatores que têm contribuído para a degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos têm sido: perfuração indiscriminada de poços, lançamento de efluentes domésticos na drenagem, barramento de rios, uso de agrotóxicos próximo à rede de drenagem, lançamento de lixo na rede de drenagem, ferti-irrigação próxima às drenagens, ocupação inadequada das áreas baixas das margens, alteração antrópica da foz, destruição dos manguezais, aterro de áreas alagadas e **extração informal de areia** (CPRM, 2001).

De acordo com a FIDEM (2007), estima-se que cerca de 50% da população economicamente desfavorecida da RMR habita em assentamentos espontâneos, sem vestígios de planejamento e organização. A especulação imobiliária e a saturação do espaço urbano contribuem para a ocupação de áreas consideradas de risco, inclusive insalubres, tais como áreas alagadas, manguezais, morros e encostas, faixas de domínio de redes de infra-estrutura, margens de canais, áreas abandonadas, entre outras.

Em Goiana, a devastação crescente da cobertura florestal contribui para a intensificação de processos erosivos em morros e encostas (CPRH, 2003). A expansão urbana sobre os mangues e áreas alagadas/alagáveis, também constitui grave problema ambiental.

No tocante à mineração, as empresas legalizadas junto aos órgãos competentes, até mesmo pela fragilidade da fiscalização, não contemplam, com raras exceções, os trabalhos de lavra e nem o entorno das áreas mineradas com medidas de controle ambiental, de segurança e saúde ocupacional (DNPM, 1995). A gestão ambiental de forma sustentável é

na sua quase totalidade inexistente, principalmente com relação à informalidade que permeia o setor. No caso de empreendimentos tidos legais, é possível perceber a enorme discrepância entre a gestão a ser praticada, apresentada de maneira quase “poética” no processo de licenciamento e a realidade após o mesmo. Maiores detalhes acerca da gestão ambiental proposta e praticada pelos diversos empreendimentos, serão apresentados no item 3.5.

A Lei Federal de nº 6766/79, conhecida como “Lei de Parcelamento de Solo Urbano”, propôs a orientação e o controle do uso e ocupação do solo nas cidades. Os Estados e Municípios estabeleceram normas complementares relativas ao parcelamento do solo para adequar o previsto na Lei citada às peculiaridades regionais e locais. Além de consagrar a intervenção da Administração Pública no processo de parcelamento do solo urbano, inseriu a proteção dos recursos ambientais entre os requisitos urbanísticos, princípio hoje consolidado constitucionalmente em vários dispositivos da Carta Magna de 1988.

A Constituição de 1988, por sua vez, estabelece critérios para a extração de recursos naturais, tendo em vista a magnitude do passivo ambiental gerado pelas diversas atividades econômicas, entre as quais, a **mineração**. Diversos são os artigos que compõem as diretrizes da mineração no território nacional e as disciplinam juridicamente (art. 20; art. 21, inciso XXV; art.22, inciso XII; art.23, inciso XI; art. 174, §3º e 4º; art. 176, §1º e 4º; art. 231; art.225, §2º). O artigo 20, inciso IX, define que “os recursos minerais, inclusive os do subsolo”, são bens da União.

Milaré (1991) afirma que a atual constituição é um “marco histórico de inegável valor, dado que as Constituições que precederam a de 1988 jamais se preocuparam da proteção do meio ambiente de forma específica e global. Nelas sequer uma vez foi empregada a expressão meio ambiente, a revelar total despreocupação com o próprio espaço em que vivemos”. Bressan Jr (1992) acrescenta que a Constituição Federal de 1988 “elevou o meio ambiente à condição jurídica de bem de uso comum do povo” a qual atribuiu à coletividade e ao próprio poder público “o dever de zelar pela sua proteção e preservação”.

De acordo com Moraes (2005), o direito coletivo a um meio ambiente saudável, equilibrado e íntegro, é protegido constitucionalmente por um conjunto de regras, distribuídas em quatro grupos:

- *Regra de garantia*: onde qualquer cidadão pode propor ação popular, visando à cessão de atos lesivos ao meio ambiente (CF, art.5º, LXXIII);
- *Regras de competência*: é de **competência administrativa** comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios protegerem o meio ambiente,

combater a poluição em todas as suas formas; preservar as florestas, a fauna e a flora (CF, art.23; incisos VI e VII). Existe também uma **competência legislativa** entre a União, os Estados e o Distrito Federal para proteção ambiental (ver CF, art.24º, inciso VI);

- *Regras Gerais*: a Constituição estabelece diversas regras relacionadas à preservação do meio ambiente (CF, artigos. 170, VI; 173, §5º; 174, §3º; 186, II; 200, VIII; 216, V; 231, §1º);
- *Regras específicas*: encontram-se no capítulo da Constituição destinado ao meio ambiente.

O artigo 225 da Constituição Federal proclama que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para presentes e futuras gerações". No §1.º, inciso IV, este artigo incumbe ao poder público "exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade". Tendo no §2º a obrigatoriedade de recuperar o meio ambiente degradado, nos casos de **exploração de recursos minerais**, sanções administrativas e penais para as condutas lesivas ao meio ambiente, entre outras expressas no artigo 225.

Em atendimento ao dispositivo constitucional supracitado, foi instituído o Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989, que exige de todos os empreendimentos de extração mineral em operação no país a apresentação de um **PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas**, em um prazo máximo de 180 dias. Este decreto estabeleceu também que, para novos empreendimentos do gênero, o PRAD deve ser apresentado durante o processo de licenciamento ambiental. O artigo 3º estabelece: "A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma **forma de utilização**, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente".

Tendo a mitigação de impactos negativos ao meio ambiente por meta, a lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 - posteriormente regulamentada pelo Decreto 99.274/90, instituiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão deliberativo e consultivo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. A referida Lei estabelece o **licenciamento ambiental** como instrumento legal de controle, almejando a minimização do passivo ambiental gerado, sobretudo, pela indústria mineral. Visando um melhor entendimento, o mencionado diploma legal, fornece algumas definições no artigo 3º, tais como:

Meio Ambiente - o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física e biológica, que permite, abrigam e regem a vida em todas as suas formas;

Degradação da Qualidade Ambiental - a alteração adversa das características do meio ambiente;

Poluição - a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Poluidor - pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

Recursos Ambientais - a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera, a fauna e a flora.

Como consolidação da mencionada Lei 6.398 de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA); em 23 de janeiro de 1986 é deliberada a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que estabelece diretrizes quanto à Avaliação de Impactos Ambientais-AIA.

A Lei Federal de nº 10.165, de 27 de setembro de 2000, por sua vez, considera a extração e o tratamento de minerais como atividades altamente poluidoras e utilizadores dos recursos ambientais em todas as suas fases, desde a pesquisa e lavra, até os processos de beneficiamento, portanto, medidas mitigadoras e compensatórias se fazem extremamente necessárias.

A lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como “**Lei de Crimes Ambientais**”, apresenta as condições necessárias para que determinados danos ambientais sejam classificados como crime. A mesma lei, por consequência, estabelece penalidades, as quais podem ser de natureza indenizatória, ou de reclusão dos responsáveis. Nota-se que a referida lei repreende a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram na concepção do dano, mediante ação, omissão ou negligência. Com relação à responsabilidade penal ambiental, vale ressaltar que a consolidação do direito ambiental brasileiro é inexistente e o que se tem na verdade é uma gama de leis de diferentes épocas.

Machado (2001) ressalta o poder de polícia da Política Nacional do Meio Ambiente: “Poder de polícia ambiental é a atividade da administração pública que limita ou disciplina

direito, interesse ou liberdade, regula a prática de ato ou abstenção de fato em razão de interesse público concernente à saúde da população, à conservação dos ecossistemas, à disciplina da produção e do mercado, ao exercício de atividades econômicas ou de outras atividades dependentes de concessão, autorização, permissão ou licença do poder público de cujas atividades possam decorrer poluição ou agressão à natureza”.

A Lei Federal 7.347 de 24 de julho de 1985, alterada pelas leis de nº 9.494 de 10/09/1997 e nº 11.448 de 15/01/2007; “Disciplina a Ação Civil Pública de Responsabilidade Por Danos Causados ao Meio Ambiente e dá outras providências”, explicitando mais uma vez o princípio do poluidor pagador, introduzido no ordenamento jurídico nacional pela Lei 6.938, de 31/08/1981 da PNMA através do art. 4, VII, sendo complementado pelo art. 14, §1º.

O licenciamento ambiental previsto na Lei Federal de nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 constitui em obrigação prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente. Essa obrigação é compartilhada por órgãos executores do SISNAMA.

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA constitui o principal órgão executor do SISNAMA. Órgãos Seccionais auxiliam o IBAMA no deferimento das licenças ambientais, a nível estadual e municipal. Estes últimos podem ser Órgãos Ambientais Estaduais ou Entidades Estaduais Ambientais. A competência legal para a emissão de licenciamentos por parte do IBAMA ou dos Órgãos Ambientais Estaduais depende principalmente do porte e abrangência do empreendimento.

O Parecer nº 312 de 2004, discorre sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a abrangência e magnitude do impacto. No Estado de Pernambuco o órgão ambiental responsável pelo controle ambiental é a Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos – CPRH.

A Resolução Nº 237, de 19/12/1997 apresenta uma listagem das Atividades sujeitas ao Licenciamento Ambiental, entre as quais estão enquadradas a **mineração** e **aqüicultura**, ambos os objetos de estudo da presente Dissertação:

- (i) **Extração e tratamento de minerais:** Pesquisa mineral com guia de utilização; Lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com ou sem beneficiamento; Lavra subterrânea com ou sem beneficiamento; Lavra garimpeira; Perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural.

- (ii) **Indústria de produtos minerais não-metálicos:** Beneficiamento de minerais não-metálicos, não associados à extração; Fabricação e elaboração de produtos minerais não-metálicos tais como produção de material cerâmico.
- (iii) **Atividades agropecuárias:** Projeto agrícola; **Criação de animais;** Projetos de assentamentos e de colonização.
- (iv) **Uso de recursos naturais:** Silvicultura; Exploração econômica da madeira ou lenha e subprodutos florestais; Atividade de manejo de fauna exótica e criadouro de fauna silvestre; **Utilização do patrimônio genético natural; Manejo de recursos aquáticos vivos; Introdução de espécies exóticas e/ou geneticamente modificadas; Uso da diversidade biológica pela biotecnologia.**

Entenda-se por Licença Ambiental “o documento, com **prazo de validade definido**, em que o órgão ambiental estabelece regras, condições, restrições e medidas de controle ambiental a serem seguidas por uma empresa” (SEBRAE, 2004). Entre as principais características avaliadas no processo podemos ressaltar: o potencial de geração de líquidos poluentes (despejos e efluentes), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos e o potencial de riscos de explosões e de incêndios. Ao receber a Licença Ambiental, o empreendedor assume os compromissos para a manutenção da qualidade ambiental do local em que se instala.

O processo de Licenciamento Ambiental basicamente compreende **três tipos de licenças**. Cada uma é exigida em uma etapa específica do licenciamento: Licença Prévia – LP; Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO.

De acordo com a **Lei Estadual de Nº 12.916, de 8 de novembro de 2005**, que dispõe sobre licenciamento ambiental e infrações administrativas ambientais, as licenças ambientais são:

- i. ***Licença Prévia (LP)*** - Concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprova sua concepção e localização, atestando sua viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação, observadas as diretrizes do planejamento e zoneamento ambiental e demais legislações pertinentes. O prazo de validade da Licença Prévia não poderá ser superior a **02 (dois)** anos e deverá levar em consideração o cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade.

- ii. ***Licença de Instalação (LI)*** - Autoriza o início da implantação do empreendimento ou atividade, de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, das quais constituem motivo determinante. O prazo de validade da Licença de Instalação não poderá ser superior a **04 (quatro)** anos e deverá levar em consideração o cronograma de instalação do empreendimento ou atividade.
- iii. ***Licença de Operação (LO)*** - Autoriza o início da atividade, do empreendimento ou da pesquisa científica, após a verificação do efetivo cumprimento das medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação, conforme o disposto nas licenças anteriores. O prazo de validade da Licença de Operação deverá considerar os planos de controle ambiental e será determinado entre 01 (um) ano e 10 (dez) anos, de acordo com o porte e o potencial poluidor da atividade, sem prejuízo de eventual declaração de descontinuidade do empreendimento ou atividade, por motivo superveniente de ordem ambiental, admitida sua renovação por igual ou diferente período, respeitado o limite estabelecido, assegurando-se aos empreendimentos de baixo potencial poluidor um prazo de validade de, no mínimo, 02 (dois) anos.
- iv. ***Autorização*** - Autoriza, precária e discricionariamente, a execução de atividades que possam acarretar alterações ao meio ambiente, por curto e certo espaço de tempo, que não impliquem impactos significativos, sem prejuízo da exigência de estudos ambientais que se fizerem necessários. Atividades tais como transporte de substâncias perigosas, serviços de terraplanagem, drenagens, construção de muros de arrimo, entre outras, podem ser enquadrados neste tipo de permissão.
- v. ***Licença Simplificada (LS)*** - Concedida pela localização, instalação e operação de empreendimentos ou atividades de micro ou pequeno porte que possuam baixo potencial poluidor/degradante com especificações e prazos conforme regulamentação.

No tocante ao Regime de Aproveitamento e Exploração de Recursos Minerais, o Código de Mineração, instituído pelo decreto Lei N° 227, de 28 de Fevereiro de 1967, define os regimes de exploração das substâncias minerais, estabelecendo critérios para a obtenção dos títulos minerários mediante procedimentos administrativos adequados e distintos. De acordo com o Art. 2º os regimes de aproveitamento das substâncias minerais,

para efeito deste Código, são: Regime de autorização de pesquisa; regime de concessão de lavra; regime de licenciamento; regime de monopolização; regime de permissão de lavra garimpeira; regime de registro de extração; regime de monopólio e regimes especiais (CPRH, 2006).

O regime de **autorização** refere-se à fase da pesquisa mineral para todas as substâncias minerais, com exceto daquelas regidas pelo regime de monopolização (petróleo, entre outras). O regime de **concessão** é pertinente à fase de lavra ou do aproveitamento industrial da jazida para todas as substâncias minerais consideradas explotáveis, com exceção daquelas regidas pelo regime de monopolização. O principal objetivo da utilização desses regimes é a obtenção da **portaria de lavra** emitida pelo Ministério das Minas e Energia, permitindo o aproveitamento do recurso mineral. O alvará de pesquisa, emitido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM constitui título intermediário e autoriza ao interessado a pesquisar determinada substância mineral, de modo a definir sua quantidade, qualidade e distribuição espacial.

As áreas máximas a serem exploradas em tais regimes, para substâncias de emprego imediato na construção civil correspondem a 50 hectares. O regime de licenciamento, por sua vez, regula o aproveitamento das substâncias minerais *in natura*, de emprego imediato na construção civil, argila vermelha e calcário para corretivo de solos, independentemente de prévios trabalhos de pesquisa e facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização. O regime de extração é restrito aos minerais agregados ou de uso imediato para a construção civil, explotados por órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para uso exclusivo em obras públicas por eles executadas diretamente.

Mesmo tendo a portaria de lavra do DNPM como requisito para a obtenção da licença de operação, há certa discrepância entre o número de licenças expedidas entre o DNPM 4º Distrito e a CPRH, conforme mostrado na Fig.3.4.1.

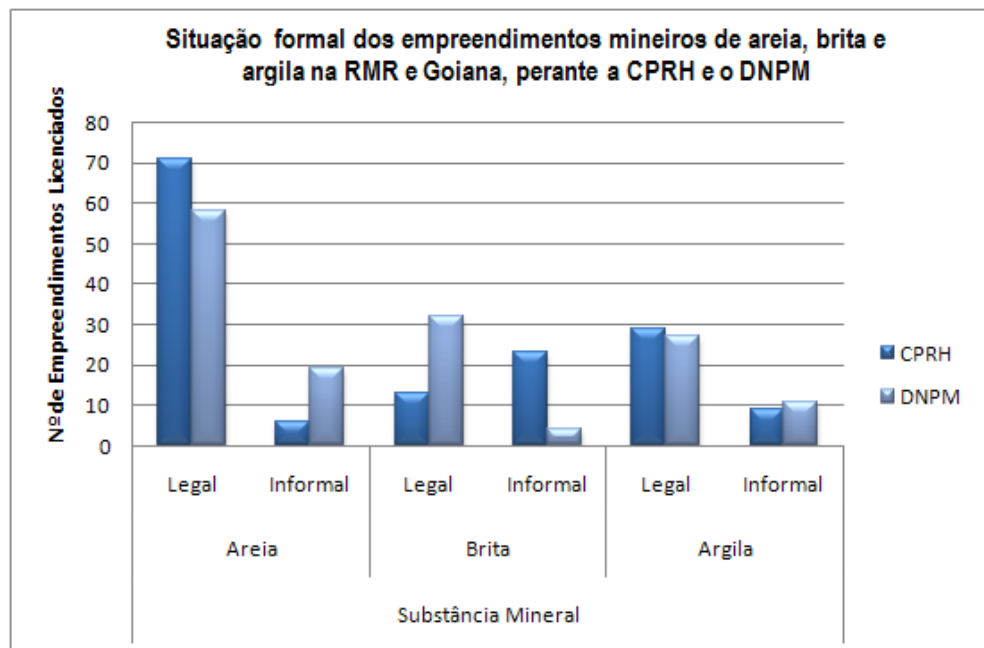


Fig. 3.4.1. Realidade do cenário Formal dos empreendimentos mineiros de areia, brita e argila na RMR e Goiana, perante os Órgãos Reguladores: DNPM e CPRH. (DNPM, 2007; CPRH, 2007).

Comparando-se as licenças expedidas pela CPRH (LO) e os regimes expedidos pelo DNPM para empreendimentos mineiros de areia, brita e argila, entre 2000 e 2007, nota-se uma discrepância entre os dados. A divergência entre CPRH e DNPM pode ser justificada pela maior efetividade na fiscalização por parte da CPRH, entretanto, esta dispõe de mais recursos. Tal alcance da CPRH pode ser garantido pela atuação da Companhia Independente de Policiamento do Meio Ambiente – CIPOMA. Sobrinho (2007) afirma ainda que: “*alguns empresários que estão atuando na retirada de areia têm licenciamento, tanto pela CPRH quanto pelo DNPM, mas não todos*”. Segundo o mesmo, o número reduzido de técnicos do DNPM constitui fator limitante para uma fiscalização mais efetiva, principalmente da extração de areia.

3.5 A REABILITAÇÃO AMBIENTAL DAS ÁREAS PÓS-MINERADAS NA RMR E GOIANA/PE

A recuperação de áreas degradadas – RAD consiste num conjunto de medidas e ações necessárias para que determinada área degradada volte a estar apta para algum uso produtivo. O principal objetivo da recuperação é criar condições que sejam adequadas ao uso futuro da área garantindo sua sustentabilidade ambiental.

Uma análise de conteúdo dos PRADs aprovados pelo órgão ambiental do estado de Pernambuco, a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH foi realizada a fim de se obter informações referentes ao **planejamento da recuperação** das áreas degradadas pela mineração de agregados nos municípios da RMR e Goiana, por empresas licenciadas entre os anos de 2003 e 2007. Da RMR, foram analisados 91 PRADs, destes 43 de areia, 33 de argila e 14 de granito/gnaiss para brita. Com relação à Goiana, foram analisados 24 PRADs, em sua maioria de areeiros, sendo apenas um de pedreira. No referido levantamento, pôde-se observar que os PRADs estavam incluídos ou simplesmente mencionados, sobretudo, em PCAs e RCAs - Planos de Controle Ambiental e Relatórios de Controle Ambiental, respectivamente, não havendo nenhum PRAD sido encontrado de forma individualizada.

A Recuperação Ambiental disposta em PRADs elaborados por empreendimentos engloba diversas metodologias de recuperação (ver Fig. 3.5.1) dentre as quais, técnicas de revegetação, juntamente com a reconformação topográfica, são práticas comumente adotadas.

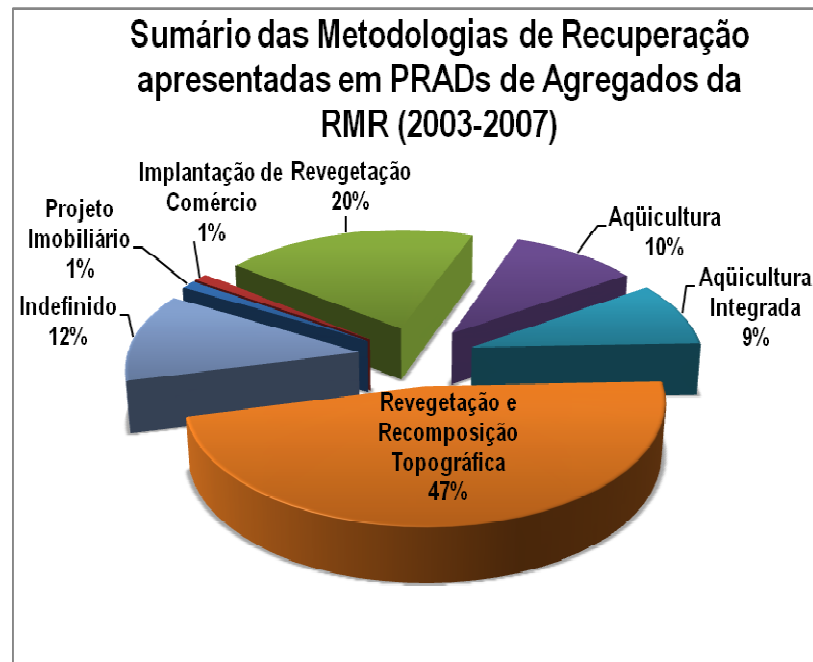


Fig. 3.5.1 - Quadro geral dos Métodos de Recuperação Ambiental previstos em PRADs de empreendimentos mineiros da RMR

A integração de técnicas de **revegetação** com técnicas de **reconformação topográfica** é caracterizada por afirmações do tipo: “Será feito o plantio com vegetação típica da região e Manutenção dos requisitos indispensáveis à estabilidade do solo”. A **revegetação** inclui a construção de barreiras vegetais destinadas à suavização do impacto

visual da paisagem e contenção de material particulado. Espécies de grande porte são as mais indicadas para o cumprimento dessa medida. O eucalipto (*Eucalyptus sp*) é uma espécie bastante utilizada devido a seu rápido crescimento e poucas exigências quanto às condições de solo e clima. Salvo raras exceções, há uma ausência generalizada acerca do detalhamento das técnicas de revegetação e escolha das espécies vegetais a serem plantadas. Para tal, o que se têm, são justificativas insatisfatórias como: “Replantar a vegetação nas áreas reabilitadas, ou destiná-las ao uso agrícola, conforme o desejo do proprietário do terreno”.

A reconformação, recomposição ou remodelamento topográfico praticados pela maioria dos empreendimentos constitui a principal medida geotécnica adotada e consiste na atenuação dos impactos visuais causados pela lavra, primando pela estabilização geotécnica dos terrenos lavrados, através de contenção da erosão e assoreamento, entre outras.

Outras metodologias de recuperação apresentadas em PRADs pressupõem interpretações confusas, e muitas vezes errôneas, sobre o conceito de recuperação ambiental, mostrado anteriormente no capítulo 2. Um exemplo disso é que atividades de aquíicultura, implantação de comércio, entre outras, na verdade seriam alternativas de reabilitação e não de recuperação.

Algumas empresas, mesmo possuindo jazidas em diferentes municípios, ou de diferentes insumos minerais, apresentaram PRADs incrivelmente semelhantes, com os mesmos impactos ambientais e as mesmas medidas de controle ambiental. Tendo em vista que cada jazida e minério possuem características peculiares, a aplicação de tais medidas mitigadoras pode acarretar em “soluções técnicas” inadequadas para a recuperação das diferentes áreas em questão.

O quantitativo quanto à escolha da aquíicultura como alternativa de recuperação chamou a atenção pela significância dos dados: 10% dos PRADs mineiros da RMR avaliados contemplaram atividades de aquíicultura e 9% contemplaram a integração da aquíicultura com outras atividades, principalmente agricultura. A opção por aquíicultura pode ser explicada por alguns fatores, a saber:

- i. Aumento da importância da aquíicultura no contexto mundial como fonte de obtenção de proteína animal;
- ii. Condições climáticas favoráveis ao cultivo de espécies tropicais;
- iii. Condições edáficas e disponibilidade de Recursos Hídricos;
- iv. Existência de um forte mercado consumidor;
- v. Facilidade no escoamento de produção e rentabilidade do produto;

- vi. No contexto econômico surge como alternativa de geração de emprego e renda tanto para superficiários quanto para as comunidades circunvizinhas e/ou ribeirinhas;
- vii. Em alguns casos, pode ser a única alternativa de desenvolvimento econômico local.

Quando contabilizadas as metodologias adotadas por PRADs mineiros da RMR em relação ao tipo de mineral agregado explorado, mostrados na Fig.3.5.2, é possível perceber que os areeiros têm a aquicultura, como alternativa de reabilitação em maior parte: Piscicultura com 11% do total de PRADs, Aquicultura 5% (sem escolha do método ou espécie a ser cultivada) e Carcinicultura 2%. A piscicultura integrada à revegetação, seja para pastagem ou agricultura, representa 10%.

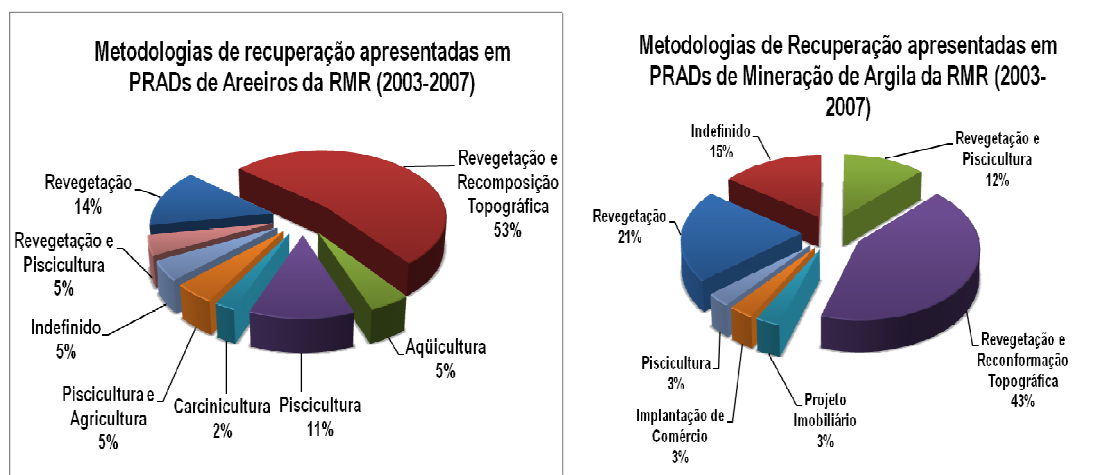


Fig. 3.5.2 - Síntese das metodologias de RAD propostas em PRADs de areeiros e mineradoras de argila da RMR licenciados entre 2003 e 2007.

Com base nos conteúdos dos PRADs da RMR averiguados, a piscicultura em tanques-redes constitui o principal sistema de cultivo escolhido para areeiros, tendo Tilápia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) e Tilápia Vermelha (*Oreochromis sp.* – Híbrido), como espécies de peixes preferidas. A adaptação de cavas em viveiros para piscicultura ou carcinicultura constitui segunda opção, porém, em ambos os casos não foram apresentados detalhamentos ou esboços acerca da concepção dos projetos. Outrossim, afirmativas do tipo “as cavas serão utilizadas como lagos artificiais ou tanques para criação de peixes ou camarões” surgem como justificativas. Na RMR, os areeiros cujos trabalhos de recuperação incluem a carcinicultura marinha como alternativa de reabilitação, estão situados nos municípios de Itapissuma (Agropecuária Mulata Grande) e Ilha de Itamaracá (José Ferreira Bezerra). Em ambos os casos, pôde-se observar a existência da real preocupação e interesse

por parte dos empreendedores de recuperar suas áreas lavradas para um uso seqüencial economicamente sustentável.

No caso das argilas lavradas na RMR, medidas geotécnicas associadas a técnicas de revegetação assumem papel de excelência, com 43% do total. Em determinados casos, “Implantação de Comércio” e “Projeto Imobiliário”, surgem como formas de recuperação. No quesito Aqüicultura, a piscicultura integrada a técnicas de revegetação com espécies agrícolas constituem interessantes propostas de recuperação, incentivando, inclusive, a prática de reuso da água dos viveiros para ferti-irrigação.

Dentre os PRADs investigados e classificados por substância mineral, as pedreiras da RMR apresentam propostas de metodologias distribuídas entre técnicas de revegetação; remodelamento topográfico integrado a revegetação e metodologias indefinidas (ver Fig. 3.5.3); de forma bem equacionada. Vale ressaltar a ausência da aqüicultura como método alternativo de reabilitação para pedreiras.



Fig. 3.5.3 - Metodologias de RAD propostas em PRADs de Pedreiras da RMR.

Os casos de indefinição quanto à proposição de metodologias de recuperação, podem ser explicados pela falta de interesse por parte dos empreendedores, ausência de corpo técnico multidisciplinar, ignorância técnico-política das partes envolvidas ou até mesmo pela imprecisão na citação face às diversas alternativas.

Segundo Martins (1995), o planejamento na recuperação ambiental no caso da mineração de agregados **deve englobar os planos de desenvolvimento** da região ou município onde a atividade mineral se localiza, porém, quanto ao uso futuro da área, grande parte dos PRADs da RMR e Goiana/PE apresentam propostas de forma genérica, imprecisa ou até mesmo indefinida de reabilitação, caracterizando assim um papel perfunctório dos PRADs para a simples obtenção do licenciamento ambiental. O PRAD,

apesar de ser considerado um instrumento de gestão ambiental, ainda não está totalmente consolidado no que diz respeito à Fase de Exaustão da Mina (Fechamento, Desativação). Entretanto, segundo as etapas de um empreendimento mineiro, contempla a fase pós-operacional (HARTMAN e MUTMANSKY, 2002).

A ausência de um correto planejamento na recuperação, que deve levar em conta as potencialidades locais, vocações naturais da região e necessidades das comunidades locais, acarreta em soluções inadequadas quanto ao uso seqüencial da área de concessão do empreendimento no processo de reabilitação. A quase totalidade dos PRADs avaliados, tanto da RMR como de Goiana/PE, apresentaram inúmeras falhas, desde simples erros de grafia, a falhas gravíssimas na elaboração dos projetos. Algumas falhas detectadas apresentam semelhanças àquelas encontradas por Lima et al (2006), todavia, outras falhas foram encontradas. As principais incluem:

- i. Nenhum PRAD apresentou garantias de disponibilidade dos recursos financeiros necessários à implantação de todas as ações necessárias. Inclusive a falta de recursos devido à diminuição das vendas do insumo mineral também serviu de justificativa para o não cumprimento dos PRADs.
- ii. Houve limitação da abordagem multidisciplinar por parte das empresas de consultoria responsáveis pela elaboração dos PRADs. Vale ressaltar que dentre os PRADs avaliados que apresentavam alternativas de aquicultura, apenas 1 (um) responsável técnico possuía competência profissional para implantação da mesma, sendo o mesmo Engenheiro de Pesca. Entre os responsáveis dos corpos técnicos, havia Geógrafos, Engenheiros de Minas, Engenheiros Civis, entre outros.
- iii. Muitos empreendimentos enfatizam a capacidade de autodepuração e auto-sustentação do meio ambiente: “Apesar de ser um empreendimento mineiro, suas características relativamente simples e de baixa produção, divergem da mineração convencional, sabidamente agressiva e potencialmente danosa”, ou:

[...] A área impactada constituirá local para o desenvolvimento de peixes, a exemplo do que tem sido observado em outras áreas de dragagem em leito de rio. Dentro de cerca de 3 anos em função da pluviosidade da região, a cava será reposta com material carreado de montante, **repondo naturalmente a areia removida. Pelas características da área minerada, não haverá necessidade de recomposição topográfica**, uma vez que serão conservados os taludes naturais das margens, enquanto o lago a ser criado pelas

escavações constitui **em si mesmo**, uma forma das condições naturais do rio, melhorando a aptidão do mesmo para a piscicultura.

- iv. Ausência de mínimos detalhamentos quanto aos projetos e despreocupação por parte dos elaboradores dos PRADs com o não cumprimento dos trabalhos de recuperação. Tal despreocupação pode ser demonstrada pela falta de esclarecimentos nos projetos: “O PRAD definitivo só ocorrerá após a exaustão da jazida”; “A empresa implantará este projeto de cultivo de tilápias, **após a exaustão do material mineral**”. As águas oriundas dos tanques serão reutilizadas na irrigação dos coqueiros, integrando a piscicultura com a agricultura irrigada”. “Não há previsão de recuperação tendo em vista o tempo necessário para a exaustão da jazida, que é de muitos anos”.

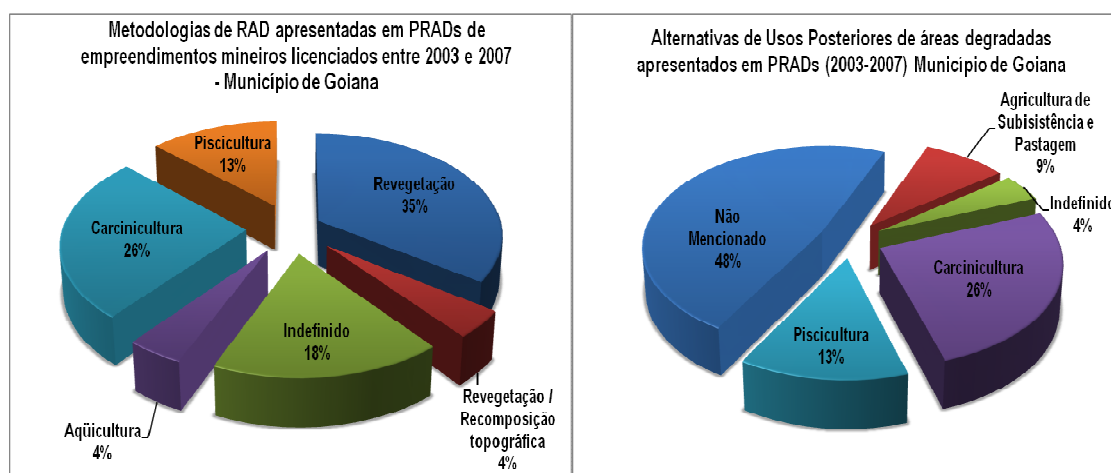
[...] Na área de estudo serão implantados tanques para engorda de peixes (piscicultura) com fins comerciais e de lazer. Serão implantados 15 tanques com variação de tamanho e capacidade de densidade de monitoramento e licenciamento pela CPRH. - Pergunta-se: quantas cavas serão formadas com a extração? - Na aquicultura deve-se procurar realizar o planejamento correto antes da implantação. [...] A empresa implantará este projeto de criação de tilápias após a exaustão do material mineral, onde foi feita a avaliação das reservas de areia, conseguindo um valor quantitativo e significativo. - Pergunta-se, quanto representa esse valor para a exaustão do material? [...] Dentre as vantagens obtidas com este projeto, uma das principais será a reutilização das águas dos tanques para a irrigação da área do reflorestamento, integrando assim a piscicultura com agricultura. -Pergunta-se, qual a origem da água utilizada nos tanques?

A diversidade no uso futuro do solo e o quantitativo das medidas de reabilitação propostos em PRADs minerários da RMR são apresentados na Tabela 3.5.1.

Tabela 3.5.1 - Usos Posteriores mencionados em PRADs da RMR (CPRH, 2007).

Uso Posterior	Quantidade
Areia	
Não Mencionado	25
Piscicultura	7
Indefinido	4
Aqüicultura (sem definição da tipologia)	2
Piscicultura e Agricultura	2
Carcinicultura	1
Implantação de Indústria	1
Projeto Imobiliário	1
Argila	
Não Mencionado	26
Piscicultura	4
Comércio	1
Agricultura de Subsistência e Construção Industrial	1
Construção de Loteamento	2
Brita	
Não Mencionado	11
Pastagem	1
Agricultura de Subsistência	1
Agricultura de Subsistência e Pastagem	1
Total	91

A exemplo da RMR, o município de Goiana/PE apresenta uma ambiência favorável para o uso posterior do solo seja na agricultura, ou na aqüicultura. Estas condições influenciam no destino final da área, permitindo uma consonância com os habitantes da localidade. Fato apresentado pelos dados da Fig. 3.5.4.

**Fig. 3.5.4** - Metodologias de recuperação e reabilitação ambiental contidas em PRADs de agregados do município de Goiana/PE.

De acordo com a Fig.3.5.4, a carcinicultura destaca-se como metodologia preferida de reabilitação ambiental no município de Goiana/PE. Esse fato é evidenciado pela expansão da aquíicultura no litoral norte de Pernambuco (CPRH, 2003). Diferentemente da RMR, a recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração em subzona do município de Goiana, é contemplada no Decreto Estadual de nº 21.972 de 29/12/1999, segundo o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro proposto para o litoral norte:

Art. 16. A Subzona de Incentivo à Recuperação e Diversificação de Usos localiza-se na porção sul-oriental do município de Goiana. Abrange as áreas exploradas ou degradadas por mineração de **areia e calcário**, bem como o povoado de Atapuz.

§ 1º As metas ambientais para essa subzona são:

- I. Áreas para mineração zoneadas, **cadastradas** e com atividades **licenciadas**;
- II. **Áreas degradadas por mineração, recuperadas e reflorestadas, ou utilizadas para aquíicultura, de acordo com zoneamento proposto**;
- III. Cobertura vegetal recuperada, conservada e monitorada;
- IV. Projetos de ecoturismo implantados e desenvolvidos de forma sustentável;
- V. Povoado de Atapuz com esgotamento sanitário implantado;
- VI. Aquífero conservado;
- VII. PGIRS implementado;
- VIII. Vias de acesso recuperadas e conservadas e;
- IX. proprietários com efetiva participação no processo de gestão ambiental.

O 4º parágrafo explicita ainda mais a aquíicultura como forma de reabilitação do passivo ambiental legado pela atividade:

§ 4º Serão incentivadas nessa subzona:

- I. **Recuperação das áreas degradadas por mineração**;
- II. Reflorestamento, preferencialmente, com espécies nativas;
- III. **Aproveitamento das áreas degradadas por mineração para aquíicultura, mediante estudos específicos**;
- IV. Cultivo de espécies frutíferas próprias de **solos arenosos**;
- V. Implantação de projetos de ecoturismo;
- VI. Levantamento e cadastramento das áreas exploradas com mineração;
- VII. **Fortalecimento da Colônia de Pescadores de Atapuz**;
- VIII. Instalação de unidades de beneficiamento do pescado;
- IX. Recuperação e manutenção das vias de acesso; e
- X. Elaboração e implementação do PGIRS.

A totalidade dos PRADs da RMR e Goiana/PE não consideram os problemas sócio-econômicos que podem ocorrer com os empregados e a comunidade situada no entorno da mina, principais agentes envolvidos. Sanssoon (2000; apud OLIVEIRA JÚNIOR, 2006) destaca alguns objetivos e medidas de controle a serem previstos para a

comunidade local e empregados (mostrados na tabela 3.5.2), no processo de desativação mineiro.

Tabela 3.5.2. Objetivos e controle a serem adotados aos impactos sociais (empregados e comunidade local) quanto a Desativação de um empreendimento mineiro (Oliveira Júnior, 2006).

Envolvidos	Objetivos	Controle
Empregados	Recolocação em outro emprego;	• Dar apoio para a procura de um novo emprego;
	Recolocação dos empregados.	• Dar apoio financeiro; • Fazer recomendações.
Comunidade local	Estabilidade econômica; Bem-estar social; Melhora do nível educacional da comunidade.	• Fazer planos de desenvolvimento regional; • Desenvolver localmente empresas auto-sustentáveis; • Estabelecer recursos ou depositar créditos para os serviços essenciais; • Relocar os migrantes.

A opção pela aquíicultura como forma de reabilitação pode minimizar o passivo antrópico, amenizando os conflitos locais pertinentes à mineração e à aquíicultura. Os principais conflitos do uso do solo relacionados à mineração na RMR e Goiana (CPRH, 2001 e 2003) estão relacionados ao turismo, devido às alterações paisagísticas. Para os conflitos locais e ambientais que envolvem a produção de agregados nas regiões metropolitanas, ações mitigadoras pontuais devem ser complementadas por medidas de **zoneamento de uso e ocupação do solo** (CALAES, 2007), as quais devem contemplar também a proposição da aquíicultura em áreas degradadas.

4. PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE AQUICULTURA PARA A REABILITAÇÃO DAS ÁREAS PÓS-MINERADAS

4.1 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS ALTERNATIVAS DE AQUICULTURA

- INTRODUÇÃO:

A aquicultura subdivide-se em diversas vertentes, cada qual com suas peculiaridades. No Brasil, os principais grupos de organismos aquáticos produzidos são os peixes de água doce, seguido pelos camarões marinhos, ostras e mexilhões, camarões de água doce e rãs (QUEIROZ et al, 2002).

As alternativas de aquicultura apresentadas para a reabilitação das áreas mineradas pela extração de agregados na RMR e Goiana, correspondem àquelas espécies tradicionalmente cultivadas na região Nordeste. Dentre as espécies de peixes mais cultivadas, temos a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e a tilápia-vermelha (Queiroz et al, 2002). Em relação à carcinicultura, a predominância é do camarão marinho, com a espécie *Litopenaeus vannamei*, seguido pelo camarão gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), conforme mostrados na Fig.4.1.1. Para a região Nordeste, Queiroz et al (2002) apresenta uma relação das espécies prioritárias para compor projetos de pesquisa em aquicultura do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA.

- (i) Peixes de água doce: Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Tilápia (Várias espécies), Surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*);
- (ii) Peixes Marinhos: Arapaia (*Seriola lalandi*), Carapeba (*Moharra rhombia*), Garoupa (*Epinephelus sp.*), Robalo (*Centropomus undecimalis*);
- (iii) Carcinicultura de água-doce: Camarão Gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*);
- (iv) Carcinicultura Marinha: Camarão cinza (*Litopenaeus vannamei*);
- (v) Ostricultura: Ostra-do-mangue (*Crassostrea rhizophorae*).

O cultivo de beijupirá (*Rachycentrum canadum*), também constitui uma grande promessa para a piscicultura marinha pernambucana (AQUALÍDER, 2008).

Na RMR a aquicultura é realizada em maior escala no litoral norte, juntamente com Goiana/PE e ocorre em duas modalidades: artesanal e em larga escala (CPRH, 2003). O

município de Goiana/PE detém 70% das áreas ocupadas pela aquicultura no litoral norte do Estado (CPRH, 2003), seguido pelos municípios da RMR norte, Itapissuma (23,2%) e Itamaracá (6,8%). O cultivo artesanal de peixes, ostras e camarão, é realizado em geral, por pescadores locais. Os peixes cultivados para engorda (saúna, tainha, camurim, curimã, bicudo e carapeba), geralmente são apanhados no próprio estuário e a produtividade é baixa (CPRH, 2003). A carcinicultura marinha em larga escala, é representada por gigantescas fazendas construídas no mangue, que produzem a espécie *Litopenaeus vannamei* (CPRH, 2003).

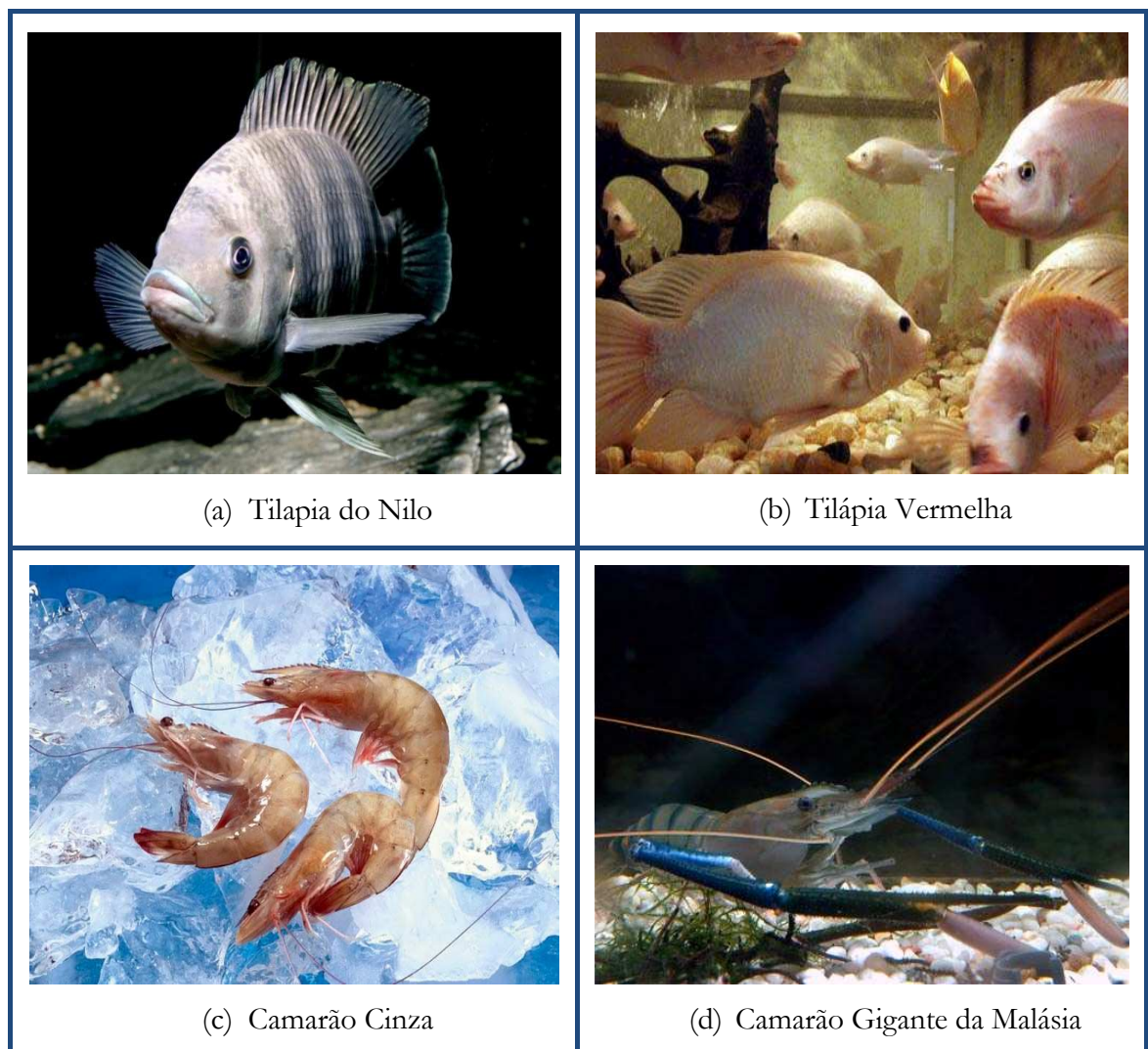


Fig.4.1.1. Principais espécies cultivadas na região nordeste (QUEIROZ et al, 2002).

- INFRA-ESTRUTURA E ALTERNATIVAS AQUÍCOLAS

Os cultivos de organismos aquáticos, a depender do manejo aplicado, são classificados em sistemas, os quais podem ser extensivos, semi-intensivos ou intensivos, a saber:

- a) *Extensivo* - não possui aporte externo de nutrientes. O ganho de biomassa depende totalmente da produtividade natural do corpo d'água e do conseqüente suprimento endógeno de organismos vivos naturalmente disponíveis;
- b) *Semi-intensivo* – conta com aporte de fertilizantes e/ou nutrientes externos. A espécie cultivada depende do consumo de organismos vivos, presentes no viveiro, e de suplementos alimentares;
- c) *Intensivo* - com aporte de uma dieta completa, de alta qualidade nutricional, onde o crescimento do animal cultivado é inteiramente dependente dessa fonte de alimentação.

Visando alcançar os objetivos propostos de maneira sintética, detalhamentos acerca dos diversos sistemas de cultivo e manejo dos mesmos, serão aqui negligenciados.

Em se tratando de sistemas de cultivo, inúmeras são as variedades, que devem ser compatíveis com as espécies cultivadas, com o suprimento de água e demais recursos naturais disponíveis. A piscicultura extensiva, quase sempre inexpressiva do ponto de vista produtivo, muitas vezes é legada apenas à subsistência. A mesma pode ser praticada em cavas abandonadas, em lagos, açudes, viveiros escavados, entre outras formas.

Viveiros escavados, conforme mostrados na Fig. 4.1.2, podem ser utilizados tanto para piscicultura quanto para a carcinicultura e possui diversas finalidades, formas e dimensões.

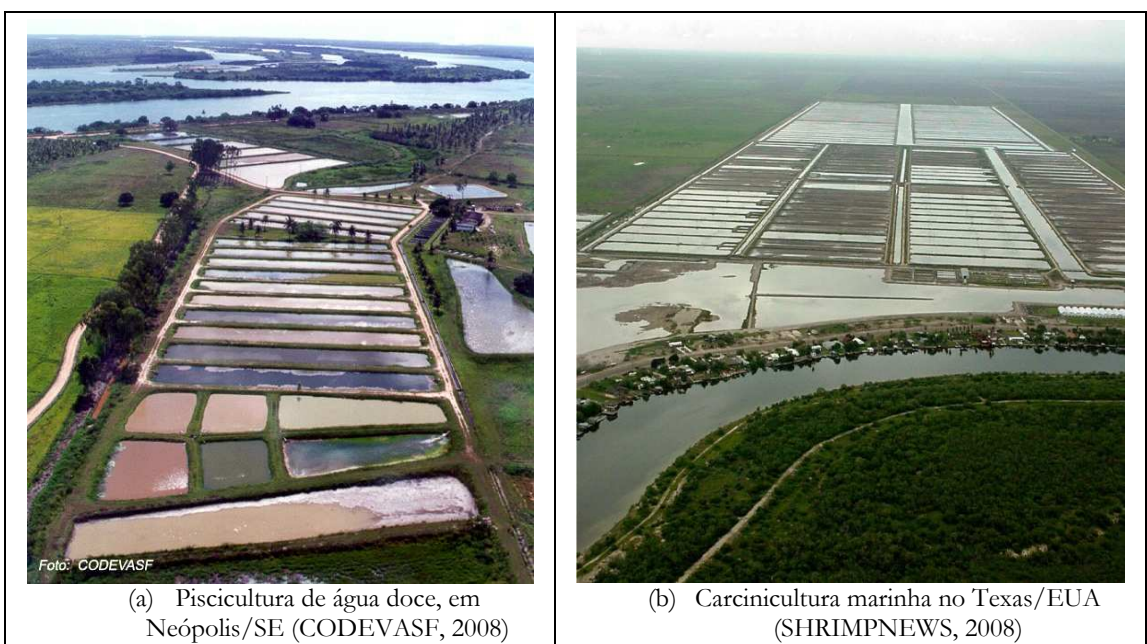


Fig.4.1.2. Exemplo de viveiros escavados para piscicultura e carcinicultura.

Segundo Oliveira (1999), viveiros são “bacias ou reservatórios de captação e retenção de água doce ou salgada, circundadas ou não (depressões naturais), por diques ou represas de terra e/ou alvenarias, destinados a produção de peixes, plantas e outros animais aquáticos”. Em geral, viveiros são constituídos por bacias hidráulicas, envolvidas por diques ou represas, sistemas de abastecimento, sistema de esvaziamento, canal de drenagem geral, caixa de despesca para uso externo e sistema de filtração (OLIVEIRA, 1999). Oliveira (1999) classifica os diversos tipos de viveiros em:

- (i) **Quanto à qualidade da água** – De água doce (interiores) e de água salgada (estuarinos);
- (ii) **Quanto ao nível do solo** – Superficiais; Escavados ou Semi escavados (Fig. 4.1.3).
- (iii) **Quanto ao tipo de material dos diques** – Argiloso; de Alvenaria; de Madeira; de Revestimento plástico.
- (iv) **Quanto à topografia do terreno** – Em derivação e em patamares.
- (v) **Quanto à função** – de Engorda; de Alevinagem; de Acasalamento; de Reprodução; de Estocagem; entre outros.
- (vi) **Quanto à forma** – Quadrada; Retangular; Trapezoidal; Circular e Irregular.

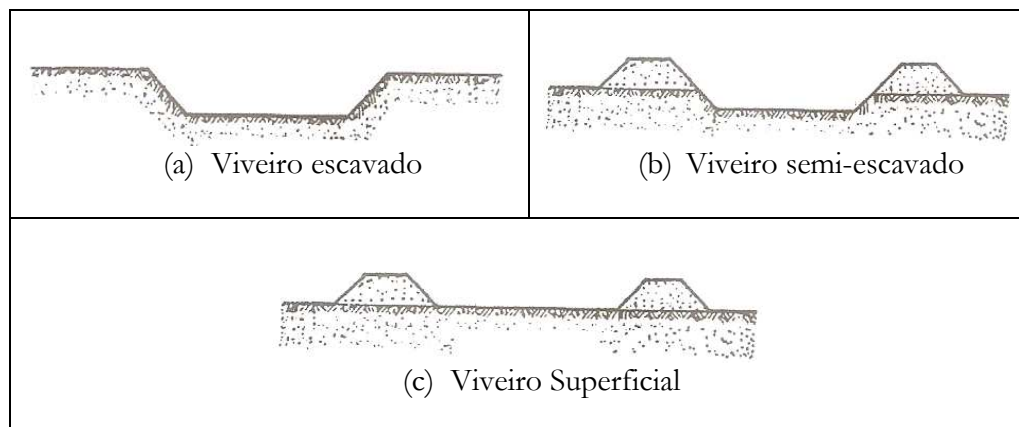


Fig.4.1.3. Tipos de viveiros quanto ao nível do solo (OLIVEIRA, 1999).

Um aspecto a ser considerado e de extrema relevância é a profundidade dos viveiros. A mesma, tanto para a piscicultura, quanto para a carcinicultura não deve ser inferior a um metro, sendo ideal de um metro e meio a dois. Quanto menor a profundidade, maior será o poder de penetração da radiação solar, o que eleva bastante a temperatura dos viveiros, causando aumento do nível de estresse dos organismos. Além disso, a penetração da radiação no fundo do viveiro favorece o crescimento de macrófitas aquáticas, as quais podem ser nocivas. Uma maior profundidade, de no máximo dois metros, favorece a estabilidade térmica nos viveiros.

Tanques-redes ou gaiolas, exemplo mostrado na Fig. 4.1.4, são estruturas de tela ou rede que retêm os organismos cultivados, impossibilitando-os de manter contato com o

meio externo. O tanque-rede, também conhecido como “*cage net*” ou “*pound net*”, é construído utilizando-se de redes de poliamida multifilamento (nylon) sem nós, que são macias e muito resistentes, flexíveis e de fácil manejo (CONOLLY, 2000). O fluxo contínuo da água passa por estes aparatos, fornecendo oxigênio aos peixes e removendo os metabolitos ao mesmo tempo. Tanques-redes são considerados sistemas intensivos e são bastante utilizados para a piscicultura. Embora não seja comum, camarões, lagostas e moluscos também podem ser cultivados nesse tipo de sistema, neste caso, faz-se necessário o uso de malhas adequadas ao tamanho destes.

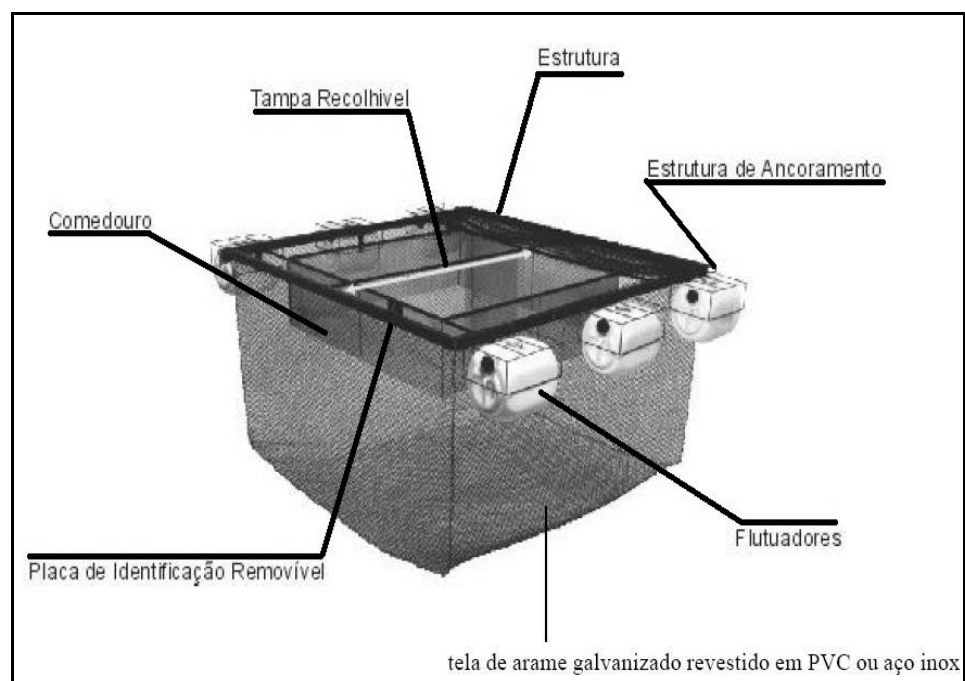


Fig. 4.1.4. Típico exemplo de Tanque-rede (FERBAX, 2007).

Quanto à ostreicultura, cultivo de ostras, praticada no litoral norte e sul de Pernambuco, é representada pelo cultivo da Ostra-do-mangue (*Crassostrea Rhizophorae*), em Mesas (CPRH, 2003). O sistema de cultivo Suspenso Fixo, ou em Mesas, corresponde ao conjunto de estacas ou postes cravados no leito da água e ligados entre si por madeira, para manter lanternas ou caixas (Figura 4.1.5) com ostras suspensas no volume d'água (BMLP, 2003). A profundidade de até 3 metros é indicada para este sistema, sendo a mesma influenciada pelas marés.

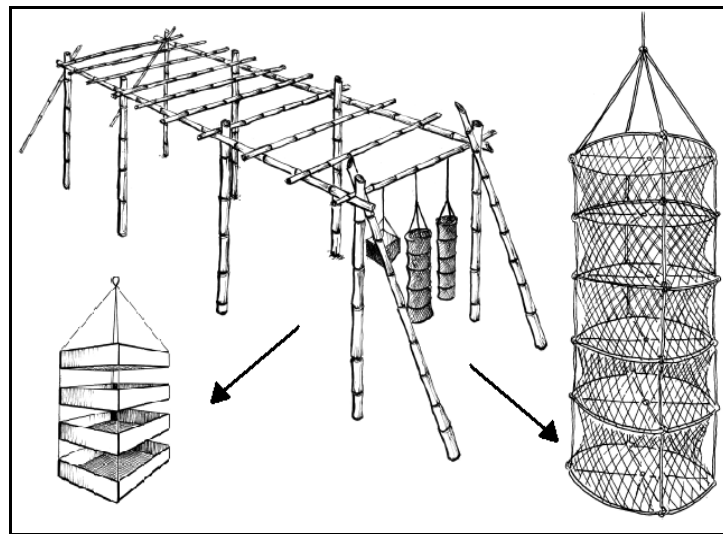


Fig.4.1.5. Sistema de Mesa. Caixa e lanterna em detalhes (BMLP, 2003).

Ostras do mangue são sésseis (fixas ao substrato) e filtradoras, alimentando-se dos nutrientes dissolvidos na água e fitoplâncton, por isso são encontradas e cultivadas em zonas estuarinas, onde há maior oferta de alimentos (BMLP, 2003). As mesmas, assim como os demais bivalves, possuem alto poder de bioacumulação de substâncias e elementos-traços encontrados em águas poluídas. Sua sensibilidade para detectar alterações em ambientes aquáticos lhes garante notoriedade como bons bioindicadores (MORA et al., 1999; LIMA et al, 2005).

4.2 VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE

Com o advento da engenharia moderna, o cultivo de organismos aquáticos é possível nas condições mais adversas. Entretanto, a aquicultura propriamente dita deve ser sinônima de produção e conseqüente retorno financeiro. A exeqüibilidade de projetos aquícolas está intimamente ligada à escolha do local e sistema de cultivo a ser utilizado. No caso do aproveitamento de áreas previamente degradadas, deve haver uma conciliação entre os métodos de recuperação ambiental empregados e os requisitos necessários à implantação do projeto. Segundo Avault (1996), a seleção de uma área para aquicultura depende:

1. Da espécie a ser cultivada;
2. De aspectos legais e sócio-culturais;
3. Requerimentos de infra-estrutura;
4. Requerimentos Biofísicos;
5. Sistema de cultivo adotado.

Na verdade, todos os fatores supracitados estão interligados e são interdependentes. A falta de qualquer destes fatores, pode implicar em um projeto mal sucedido. Aspectos legais e sócio-culturais estão relacionados, por exemplo, ao uso de águas públicas, conflitos locais, roubo, entre outros fatores (AVAULT, 1996). Os principais conflitos locais da aquíicultura nos litorais norte e sul são:

- Litoral Norte - Tanto a aquíicultura artesanal, quanto os grandes projetos de carcinicultura marinha localizados em Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e Goiana, apresentam conflitos com o mangue, degradando-o através da supressão de sua vegetação para instalação/ampliação de viveiros ou para implantação de vias de acesso. O lançamento de efluentes e resíduos em seus corpos de água compromete, em médio prazo, a função desses ecossistemas (CPRH, 2003);
- Litoral Sul - Lançamento de resíduos da larvicultura no manguezal e corte de mangue para instalação de viveiros de camarão, principalmente na Praia do Cupe, em Ipojuca e Rio Formoso (CPRH, 2001).

O local escolhido deve apresentar infra-estrutura básica, tais como estradas em boas condições, disponibilidade de energia elétrica, proximidade de aeroportos e terminais pesqueiros, proximidade aos mercados consumidores, dentre outras comodidades. Terrenos planos, ou com declividade de até 2% possibilitam melhor aproveitamento da área e a redução dos custos dos viveiros (ONO e KUBITZA, 2002).

Dentre os requisitos mencionados para o planejamento e implantação da aquíicultura, os requerimentos biofísicos ocupam lugar de destaque. Fatores climáticos e biológicos são extremamente importantes. Cada espécie possui seu próprio limite de tolerância (fator biológico intrínseco) aos diversos condicionantes impostos pelo meio, tais como clima, temperatura, salinidade, poluição, entre outros.

Associados a fatores climáticos, os níveis de sais necessários para a cultura de determinada espécie podem variar bastante em relação aos ambientes. A alta pluviosidade de uma dada região pode diluir a salinidade abaixo dos níveis desejados para a espécie, enquanto que em zonas mais evaporíticas, é comum encontrar açudes com salinidade absurdamente elevada, inclusive, maior que a salinidade marinha.

Comumente, quantidade e qualidade de água e solo adequados são os principais determinantes para o bom êxito do projeto. A quantidade de água necessária para o abastecimento depende do tamanho das áreas dos viveiros, taxas de evaporação local e permeabilidade do solo, do sistema e manejo adotados, entre outros fatores (ONO e KUBITZA, 2002). As fazendas localizadas em solos arenosos requerem um maior volume

de água para reparar as perdas por infiltração (FIGUEIREDO et al, 2006). “Águas de rios, córregos, represas, açudes, minas, poços e até mesmo a água captada das chuvas são utilizadas no abastecimento das pisciculturas” (ONO e KUBITZA, 2002).

A quantidade (vazão) de água deve ser compatível com as exigências do projeto, sendo capaz de compensar as perdas por evaporação e infiltração. Nas regiões tropicais, a evaporação pode chegar a 250 m³/dia/ha, sendo influenciada pela temperatura, umidade do ar, velocidade do vento, insolação, entre outros (OLIVEIRA, 1999). O volume necessário (V_n) para o abastecimento de viveiros pode ser estimado como a soma do volume d'água contido nos viveiros (V_b), mais o volume de perdas (V_p), ou seja, $V_n = V_b + V_p$.

O cultivo intensivo em tanques-redes só é viável em grandes áreas represadas e abrigadas, com uma profundidade acima de 4 m, onde exista uma boa circulação d'água (CONOLLY, 2000). É extremamente importante que haja uma distância suficiente entre o fundo do tanque e o fundo do lago/cava. A grande densidade de peixes por metro cúbico, relacionada ao consumo de ração e excrementos, resulta na liberação de detritos e amônia na água, causando poluição (CONOLLY, 2000). Para garantir maior eficiência na renovação d'água, o uso de formas retangulares e quadradas facilita a passagem da mesma de forma homogênea, enquanto a forma circular dissipa parte da corrente, conforme ilustrado na Fig.4.2.1.

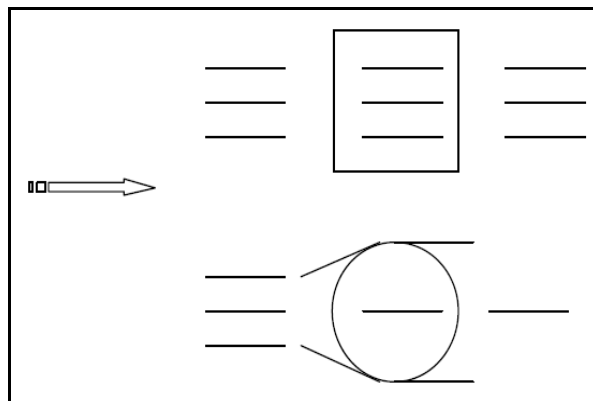


Fig.4.2.1. Padrões de troca de água em tanques rede de diferentes formatos.

Sob a ótica biológica, a qualidade de água determina o nível de produção dos sistemas aquícolas. Os diversos parâmetros físico-químicos e biológicos da água a ser utilizada no cultivo, conforme apresentados nas tabelas.4.2.1 e 4.2.2, devem atender às necessidades de desenvolvimento da espécie, influenciando assim, a seleção da mesma.

Tabela 4.2.1. Valores desejados de parâmetros físico-químicos da água para cultivo de peixes de água doce tropicais e do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) em viveiros (ONO E KUBITZA, 2002).

PARÂMETRO	PEIXES	CAMARÃO MARINHO
Temperatura	26 a 30°C	25 a 30°C
pH	6,5 a 8,0	7,5 a 8,5
Oxigênio dissolvido	>5 mg/l	>5 mg/l
Gás carbônico (CO ₂)	<10 mg/L	<5 mg/L
Alcalinidade Total CaCO ₃	>30 mg/L	>100 mg/L
Dureza Total CaCO ₃	>30 mg/L	>100 mg/L
Amônia tóxica (NH ₃)	<0,2 mg/L	<0,1 mg/L
Nitrito (NO ₂)	<0,3mg/L	<1,3 mg/L (Juvenis) < 4mg/L (Adultos)
Gás sulfídrico (H ₂ S)	<0,002mg/L	<0,005mg/L
Salinidade	Depende da espécie, em geral <12 ppt para peixes de água doce	15 a 25 ppt é ideal, embora possa ser cultivado em salinidades menores

Tabela 4.2.2. Variáveis físico-químicas da água para o cultivo do Camarão Gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). (SINGHOLKA, 1982; CORREIA, SAWANNTOUS e NEW, 2000; VALENTI e DANIELS, 2000; apud NEW, 2002).

VARIÁVEIS	ÁGUA-DOCE (ppm)	ÁGUA MARINHA (ppm)	ÁGUA SALOBRA (ppm)
Dureza Total	<120	-	-
Cálcio (Ca)	12 a 24	5950 – 10500	2.353 – 2.715
Sódio (Na)	28 a 100	400 – 525	175 – 195
Potássio (K)	2 a 42	1250 – 1345	3500 – 4000
Magnésio (Mg)	10 a 27	3 – 14	175 – 220
Sílica (SiO ₂)	41 a 53	0.05 – 0.15	460 – 540
Ferro (Fe)	<0.02	<0.03	5 – 30
Cobre (Cu)	<0.02	<0.4	<0.03
Manganês (Mn)	<0.02	0.03 – 4.6	<0.06
Cromo (Cr)	< 0.01	<0.005	<0.03
Chumbo (Pb)	<0.02	<0.03	<0.01
Cloro (Cl)	40 – 225	19000 – 19600	<0.03
Clrino (Cl ₂)	-	-	6600 – 7900
Sulfato (SO ₄)	3 – 8	-	-
Fosfato (PO ₄)	<0.2	-	-
Ácido Sulfídrico (H ₂ S)			-
Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)	217	-	-
Oxigênio Dissolvido (O ₂)	>5	>5	>5
Dióxido de Carbono Livre (CO ₂)	-	-	-
Amônia (NH ₃)	-	-	<0.1
Nitrito (NO ₂)	-	-	<0.1
Nitrato (NO ₃)	-	-	<20
pH	6.5 – 8.5	7.0 – 8.5	7.0 – 8.5
Temperatura	-	-	28 – 31°C

A poluição constitui um dos maiores entraves à qualidade da água para o cultivo, principalmente em se tratando de áreas pós-mineradas. Por exemplo, é sabido que elevadas concentrações de metais como o ferro (Fe) e alumínio (Al) produzidos pelo rejeito do beneficiamento de argilas caulínicas, quando liberados em corpos d'água, podem causar alterações fisiológicas em peixes (SILVA, 2001). Oliveira (1999) afirma que águas turvas com argilas e outras partículas em suspensão, não facilitam a penetração de luz, causam problemas aos peixes, larvas, pós-larvas e alevinos, com aderência de argila às suas guelras, impedindo trocas gasosas. Portanto, a transparência da água também constitui parâmetro importante.

Quando comparada à lavra de minerais sulfetados/piritosos, a **lavra de agregados** representa menor preocupação ambiental, em relação à geração de drenagem ácida. A influência da mineração de agregados sobre a qualidade da água em geral, está associada a processos erosivos e assoreamento, acarretando elevada turbidez na água de rios e lagos.

Entretanto, Marques et al (2006) detectaram valores de pH extremamente baixos (3,11 – 4,95) em cavas de areia em Soropédica - RJ. Valores anômalos de sulfato de alumínio associados aos baixos valores de pH inviabilizam a introdução da piscicultura nestas cavas, e podem estar associados à pluviosidade local (MARQUES et al, 2006). O alumínio dissolvido na água destas cavas entra em contato com as brânquias dos peixes, as quais apresentam valores de pH maiores que a água, precipitam na forma de $Al_2(OH)_3$, bloqueando a assimilação de oxigênio pelas mesmas e ocasionando nefrocalcitose e morte.

Para a reabilitação das cavas provenientes das áreas mineradas dos municípios da RMR e Goiana/PE, conforme esquematizado na Fig.4.2.2, é necessário que se estabeleça uma série de medidas, as quais devem seguir determinada ordem.

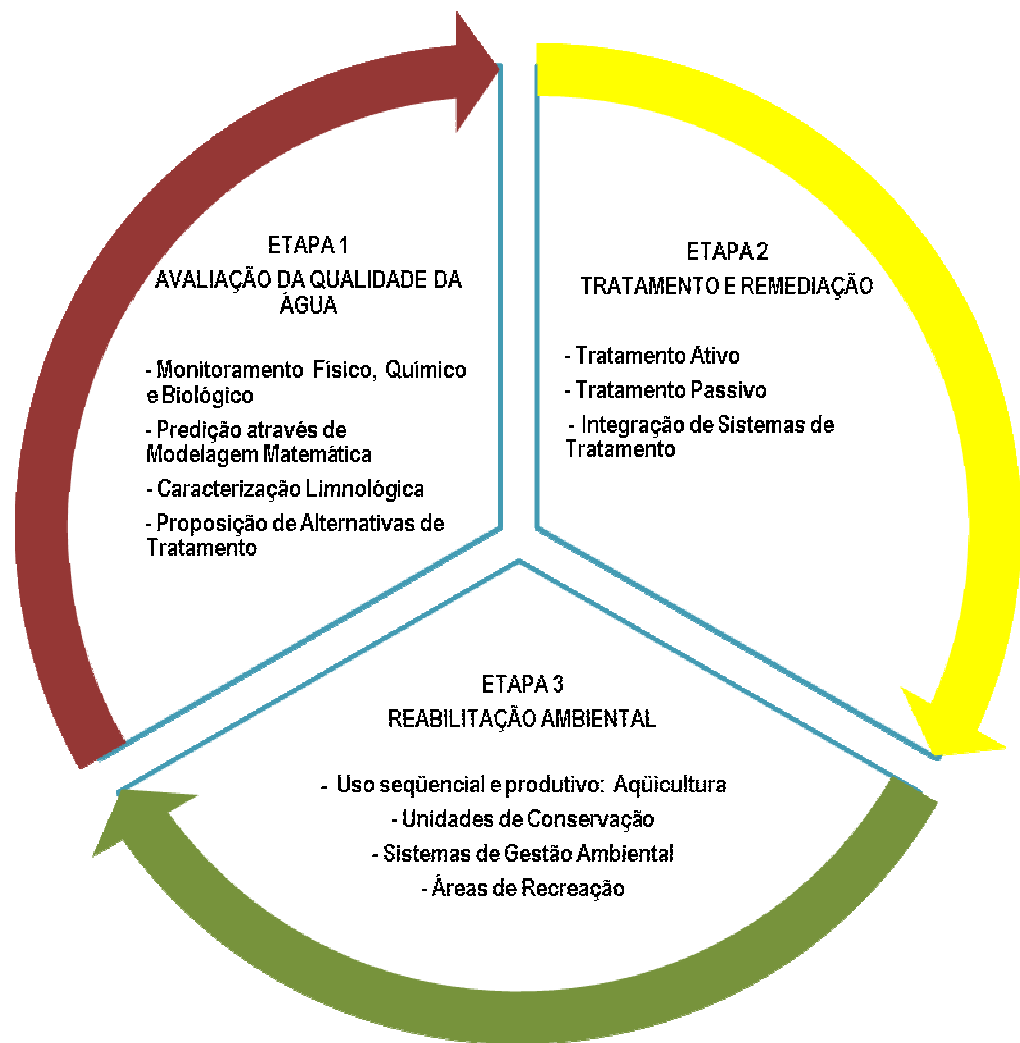


Fig.4.2.2. Diagrama representativo das etapas necessárias à reabilitação ambiental de corpos d'água formados pela mineração de agregados.

Numa primeira instância, a avaliação da qualidade da água das cavas pode ser realizada por meio de monitoramento direto das variáveis físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros físico-químicos comumente avaliados são: oxigênio dissolvido (mg/l), temperatura da água T (°C), condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH e transparência de Secchi, total de sólidos dissolvidos (mg/l), dureza (mg/l de CaCO_3), entre outros. Sulfatos e elementos-traços são recomendados por Miller e Semmens (2004). Técnicas de modelagem numérica para avaliar o grau de eutrofização e dispersão de poluentes em corpos hídricos também podem ser utilizadas (SCHNOOR, 1996).

Os organismos mais comumente utilizados no monitoramento biológico da qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica (GOULART e CALLISTO, 2003). Peixes são bastante

utilizados para o monitoramento da qualidade ambiental aquática, principalmente nos casos de contaminação por metais pesados (OOST, 2003).

Os resultados obtidos durante o monitoramento indicarão as características da cava, que passa a se comportar como um novo lago. A compreensão da dinâmica das cavas é de fundamental importância para a escolha do(s) método(s) de tratamento, caso seja(m) necessário(s). Os mesmos podem ser ativos, por meio de calagem para correção de pH e outros métodos e reagentes químicos; ou passivos, como o uso de “wetlands”, por exemplo (TRINDADE, 2004; SCHWARTZ e BOYD, 1995). A integração de sistemas também é possível.

Por fim, a última etapa, corresponde à implantação de um projeto de reabilitação ambiental mais adequado às características ambientais bióticas e abióticas das cavas. No tocante ao consumo d'água, vale salientar a importância da não concorrência da aquicultura com outros usos mais estratégicos sob o ponto de vista de gestão ambiental de recursos hídricos.

Solos ideais para construção de viveiros são bastante controversos e sua escolha depende bastante da experiência profissional do proponente do projeto. “Do ponto de vista da engenharia, a seleção dos locais para a construção de viveiros deve ser baseada na compatibilidade dos solos como fundação e como material para a construção dos diques” (ONO e KUBITZA, 2002). O solo é constituído por fragmentos de rocha e/ou partículas de formas e dimensões extremamente variáveis, desde pedras e cascalho, até materiais tão finos que apresentem características coloidais (COSTA, 2004). Para os de diâmetro inferior a 2mm utilizam-se as designações areia, silte e argila, consoante o seu diâmetro é, respectivamente, de 2 a 0,02mm; de 0,02 a 0,002mm; ou menor que 0,002mm. As proporções relativas destes elementos são muito variáveis, permitindo definir a sua textura (COSTA, 2004).

De acordo com o Código de Boas Práticas na Criação de Camarão da Aliança Global de Aquicultura (GAA, 2007), os solos ideais para a carcinicultura são os que possuem uma mistura em partes iguais de areia, silte e argila e que possuem não mais que 10% de matéria orgânica. Oliveira (1999) seguindo a classificação de solos de Molle e Cadier (1992) cita os principais tipos de solo e suas relações com a aquicultura:

- (i) **Solo Bruno não cálcico** - Sua espessura varia de 50 a 100cm. A camada superficial é de coloração marrom escura, textura argilosa a média. A camada mais profunda apresenta coloração mais avermelhada e textura argilosa. São solos de boa

fertilidade e excelente material para a construção de viveiros. Costumam ser pedregosos na superfície.

- (ii) **Solos litólicos** - São solos com profundidade inferior a 50cm, com textura bastante variável. Em geral, são de boa qualidade para a construção de açudes e viveiros quando são pedregosos ou arenosos demais.
- (iii) **Podzólicos** - São solos geralmente profundos, com mais de 150cm, mas podem ser rasos. A camada superficial é de textura arenosa ou média, escurecida pelo teor de matéria orgânica. Sua camada mais profunda é de textura média a argilosa de coloração amarela, vermelha ou acizentada. A variação de textura entre a camada superficial e a mais profunda geralmente é muito marcante. São de baixa fertilidade e escoamento superficial médio. São de boa qualidade para a construção de viveiros quando não são arenosos demais.
- (iv) **Planossolo Solódico** - Apresentam pouca profundidade. Geralmente possuem textura arenosa ou média na camada superficial e argilosa na mais profunda. Não são recomendados para a construção de viveiros, devido à salinização da água.
- (v) **Solonetz Solodizado** - São solos pouco espessos cuja profundidade não ultrapassa os 100cm. A camada superficial geralmente é de textura arenosa a média, mudando abruptamente para uma camada argilosa e quase impermeável ao fundo. Pode ser aproveitado para a piscicultura, porém a análise química do solo é indispensável, devido aos sais presentes.
- (vi) **Vertissolo** - Conhecidos como massapé, possuem textura excessivamente argilosa. Deve ser descartado para a construção de viveiros e barragens, em razão das fendas e rachaduras que poderão ocorrer durante seu secamento.
- (vii) **Latossolo** - Apresenta avançado estágio de intemperização, pois é destituído (virtualmente) de minerais primários e secundários; normalmente são muito profundos. Podem ser permeáveis demais para a construção de viveiros.

Os solos ricos em matéria orgânica são desaconselháveis para a construção de viveiros, devido à baixa estabilidade e pouca capacidade de compactação (ONO e KUBITZA, 2002).

4.3 PROPOSIÇÕES DAS ALTERNATIVAS PARA AS ÁREAS DE ESTUDO

A inserção da aquíicultura no contexto pós-minerário das áreas de estudo, pode melhorar consideravelmente a vida da comunidade de entorno, gerando emprego e renda.

Dependendo da localização e características da jazida, do zoneamento ambiental, bem como a forma que o projeto aquícola é conduzido, pode tornar-se um atrativo, facilitando o processo de reocupação ordenada do solo. As diferentes alternativas de culturas aquícolas propostas para a área de estudo, respeitam o Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro - ZEEC dos litorais Sul e Norte (Anexos I e II), instituídos pelos Decretos Estaduais de nº 24.017, de 07/02/2002 e nº 21.972 de 29/12/1999, respectivamente. Para efeito de simplificação, são apresentadas nas Tabs.4.3.1 e 4.3.2 uma síntese do ZEEC quanto às atividades de Mineração e de aquíicultura.

Tabela 4.3.1. Síntese do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Litoral Sul de Pernambuco (ZEEC Sul – CPRH), para as atividades de Aquíicultura e Mineração.

ÁREA (zona e/ou subzona)	AQUICULTURA				MINERAÇÃO	
	Meta	Proíbe-se	Tolera-se	Incentiva-se	Proíbe-se	Tolera-se
Subzona dos Recifes de Arenito, Algas e Corais	-	-	-	-	Extração de cascalho e areia	-
Subzona da Plataforma Continental	-	-	-	-	Extração de cascalho e areia	-
Zona de Turismo, Veraneio e Lazer	-	-	-	-	Extração de areia e material rochoso	-
Subzona Industrial Portuária de Suape	-	-	-	-	-	Extração mineral
Subzona de Proteção Ecológica de Suape	-	-	-	-	Extração mineral	-
Subzona Agrícola Diversificada da APA de Guadalupe*	-	-	-	Piscicultura	-	-
Subzona Complexo Ambiental Litorâneo do Cabo de Santo Agostinho	-	-	-	Ostrecultura no estuário	Extração mineral	-
Subzona Estuarina dos Rios Formoso, Sirinhaém, Maracaípe e Ipojuca-Merepe *	Maricultura	Viveiros (em mangues)	Viveiros (em retromangue)	Maricultura	-	-
Subzona do Complexo Ambiental Ilhetas-Mamucabas*	-	-	-	Maricultura	Extração mineral	-
Subzona do Complexo Ambiental Una e Meireles*	-	-	-	Maricultura, aquíicultura (em retromangue)	Extração mineral	-
Subzona de Preservação da Vida Silvestre da APA de Guadalupe (REBIO de Saltinho)*	-	-	-	-	Extração mineral	-
Subzona de Conservação da Vida Silvestre da APA de Sirinhaém *	-	-	viveiros (em retromangue)	Maricultura	Mineração o comercial	-

Fonte: DECRETO Nº 21.972 de 29 de dezembro de 1999 - CPRH ZEEC LITORAL SUL

*Não integram à RMR

Tabela 4.3.2. Síntese do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro do Litoral Norte de Pernambuco (ZEEC Norte – CPRH), para as atividades de Aquicultura e Mineração.

ÁREA (zona e/ou subzona)	AQÜICULTURA		MINERAÇÃO			
	Meta	Incentiva-se	Meta	Proíbe-se	Tolera-se	Incentiva-se
Subzona de Turismo e Veraneio	-	-	-	Extração mineral	-	-
Subzona de Incentivo à Recuperação e Diversificação de Usos ¹	Aqüicultura	Aqüicultura	Licenciamento das atividades informais	-	-	Recuperação/reabilitação de áreas pós-mineradas pela extração de areia, inclusive aqüicultura.
Subzona de Lazer e Turismo*	-	Aqüicultura de água doce	-	-	Extração mineral	-
Subzona do Complexo Ambiental dos rios Goiana e Megaó*	Aqüicultura	Aqüicultura	-	-	Extração de areia	-
Subzona Estuarina do Rio Itapessoca*	Aqüicultura	Aqüicultura	-	-	Extração de areia	-
Subzona do Complexo Ambiental Estuarino do Canal de Santa Cruz	Aqüicultura	-	-	-	Extração de areia	-
Subzona Estuarina do Rio Jaguaribe	Aqüicultura	-	-	-	Extração de algas calcárias	-
Subzona Estuarina do Rio Timbó	Aqüicultura	-	-	-	Extração de areia	-
Subzona Estuarina do Rio Paratibe	-	-	Recuperação	-	Extração de areia	-
Subzona de Proteção dos Tributários do Manancial Botafogo	-	-	Recuperação	-	Extração artesanal de areia	Recuperação
Zona de Proteção do Aquífero Beberibe ²	-	-	Recuperação	Extração mineral	-	-

* Não pertencem à RMR

¹Pertence parcialmente à RMR

²Uma pequena parte não corresponde à RMR

Para a proposição das alternativas foram tomados como base os principais condicionantes biofísicos apresentados anteriormente e características das cavas conforme o bem mineral lavrado. A identificação de algumas cavas, além de visitas *in loco*, também foi possível graças à utilização de recursos de sensoriamento remoto e para tal, a ferramenta Google Earth Plus – versão 4.2, adequada ao propósito desta pesquisa.

Para melhor compreensão, foram introduzidos os conceitos de cavas aptas ou adaptáveis à aqüicultura:

- (i) Cavas aptas: Não necessitam de adaptações à implantação da aqüicultura. Geralmente ocorrem em menor número, havendo uma limitação da possibilidade dos sistemas de cultivo.
- (ii) Cavas adaptáveis: Não apresentam aptidão natural para a aqüicultura, mas podem ser aproveitadas.
- (iii) Cavas inaptas: Não apresentam condições naturais nem tampouco podem ser adaptadas à implantação de projetos de aqüicultura.

A proximidade de rios e estuários faz com que algumas cavas de areiros localizados na RMR e em Goiana/PE sejam adaptáveis à construção de viveiros de carcinicultura e piscicultura, como o caso do areeiro da Fazenda Mulata Grande (Fig.4.3.1), em Itapissuma, cuja reabilitação ambiental compreende um projeto de carcinicultura próximo ao Canal de Santa Cruz (a leste) e do Rio Botafogo (ao norte).



Fig.4.3.1. Vista aérea dos limites dos viveiros de carcinicultura da Fazenda Mulata Grande no município de Itapissuma na RMR.

Nas áreas de extração de areia, devido as suas características de porosidade, a água normalmente vai se acumulando e se somando às provenientes das chuvas. Em geral sob o pacote arenoso, a uma profundidade baixa, há um horizonte endurecido e impermeável, principalmente em casos de solos Podzóis Hidromórficos (ARAÚJO FILHO, et al, 2000), o que impede a infiltração da água, favorecendo a sua acumulação após a retirada da areia. Esses Podzóis costeiros são originados de materiais derivados de sedimentos arenosos do

Grupo Barreiras do período Terciário (ARAÚJO FILHO, et al, 2000), e ocorrem em grande parte nos municípios de Itapissuma da RMR e de Goiana/PE. Seu horizonte B pode apresentar, na base, cimentação por colóides orgânicos, óxidos de ferro e de alumínio, o que pode formar uma camada extremamente dura, compacta e pouco permeável, constituindo horizontes do tipo Bsm ou Bhsm (ARAÚJO FILHO et al, 2000). Tal comodidade permite o aproveitamento de grandes áreas mineradas para construção de viveiros, como no caso do areeiro da Fazenda Mulata, mostrado na Fig. 4.3.2.



Fig.4.3.2. Viveiros para a carcinicultura: reabilitação de um areeiro da Fazenda Mulata.

De acordo com Brasil (2001), as inúmeras tentativas de associar a expansão da carcinicultura à devastação dos manguezais são extremamente vigorosas, como se a mesma não estivesse sujeita à legislação federal. Segundo Guimarães (2007), a construção de viveiros para carcinicultura é responsável por 9,6% da supressão do ecossistema manguezal no litoral norte de Pernambuco, o que corresponde a 197 ha. De acordo com os registros da CPRH e DNPM/4º Distrito, algumas fazendas hoje em funcionamento no litoral norte, anteriormente foram licenciadas e enquadradas na “tipologia de empreendimentos mineiros de classe II”, seja para a exploração econômica ou, simplesmente, para a exploração das jazidas para aterro, construção de taludes e viveiros escavados. Portanto, pode-se deduzir

que a mineração de agregados - areia em especial - também é responsável por grande parte da degradação dos mangues do litoral norte.

A ocupação de antigos areeiros pode representar uma solução à problemática ambiental pertencente à carcinicultura marinha, oferecendo uma vantagem do ponto de vista conservacionista: grande parte das explorações de areia em terra firme, nos litorais norte e sul, está presente em áreas mais afastadas do ecossistema manguezal, ou seja, em áreas denominadas retromangues. O Código de Conduta da ABCC (BRASIL, 2001) estabelece, entre outras metas, a proteção das reservas naturais de manguezais e fortalecimento da biodiversidade dos ecossistemas costeiros. As principais normas são:

- As áreas de manguezais não serão usadas para a implantação de fazendas de camarão;
- Se a implantação do projeto de engenharia da fazenda exigir o uso de áreas de manguezais para construção de canais e/ou estradas de acesso, será proposta aos órgãos ambientais uma compensação via reflorestamento de área equivalente à utilizada;
- A instalação e operação da fazenda de camarão serão conduzidas de tal maneira que não interferirão negativamente nas atividades tradicionais de sobrevivência das comunidades locais que dependem dos ambientes estuarinos.

Partindo do princípio de que o sedimento é o principal reservatório de nutrientes do ecossistema (ESTEVES, 1998), altas concentrações de elementos-traços, tais como mercúrio, podem indicar a realidade da poluição em corpos hídricos. Lins e Wanderley (1999) detectaram elevados teores de mercúrio em sedimentos do rio Botafogo, no distrito industrial do município de Igarassu, na RMR. O complexo estuarino de Santa Cruz, além de apresentar fortes indícios de contaminação, constitui importante fonte de pesca artesanal. Outro fator importante é que elevadas concentrações de mercúrio encontram-se próximas à Aquicultura Atapuz, onde são cultivados camarões marinhos no município de Goiana/PE, conforme mostrado na Fig.4.3.3.

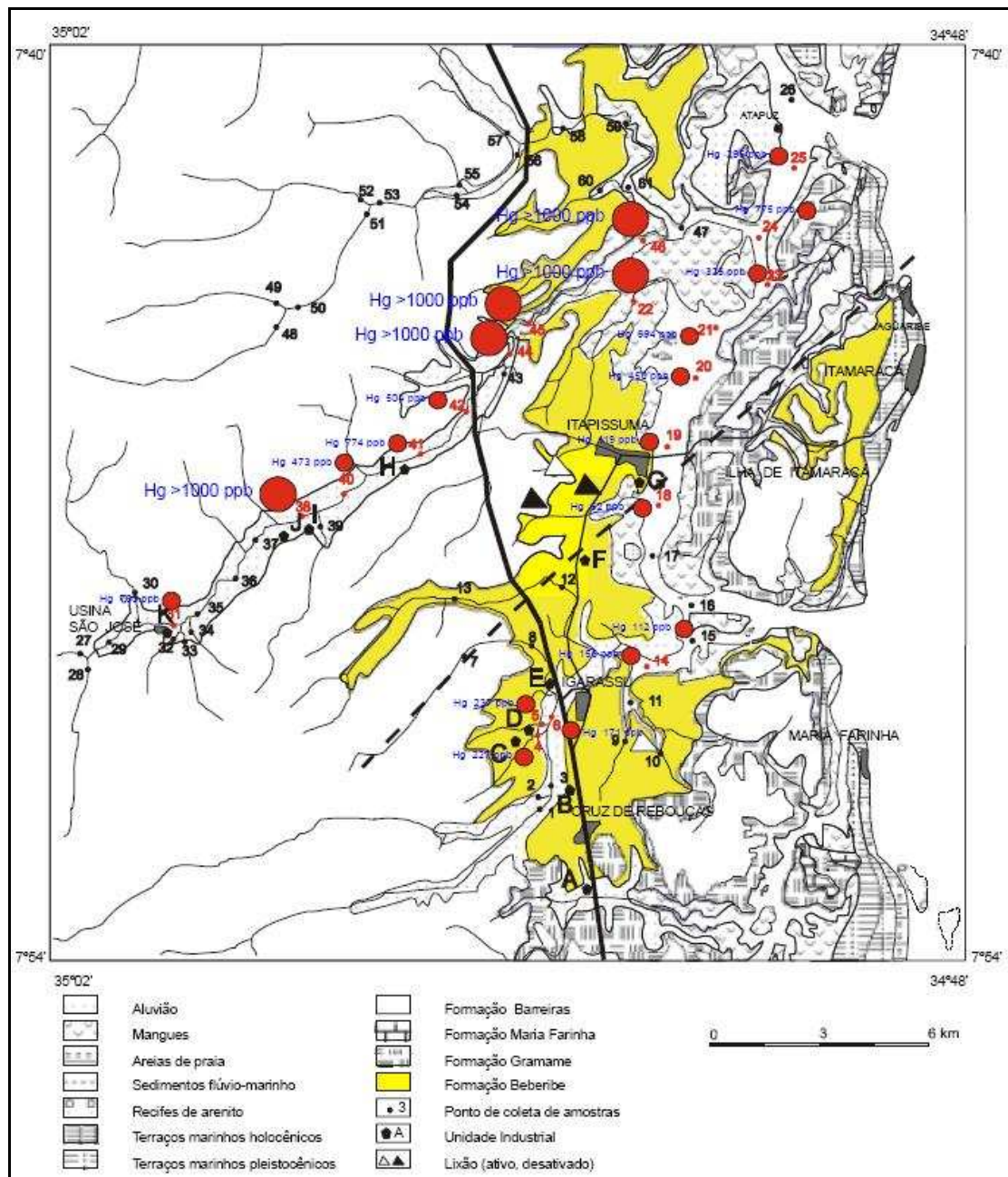


Fig.4.3.3. Distribuição de mercúrio (em vermelho) no norte da RMR (LINS e WANDERLEY, 1999).

A bioacumulação/biomagnificação de substância químicas em determinada espécie varia conforme seu nível trófico na cadeia alimentar, sendo que as concentrações de mercúrio em peixes carnívoros (nível trófico mais elevado) são, em geral, maiores do que nos não-carnívoros e demais organismos (CASTILHOS et al, 2005). Tal fato pode justificar a não contaminação dos camarões pelo mercúrio. Além disso, quando o pescado é ingerido, os minerais nele contidos não são absorvidos totalmente pelo organismo humano. A absorção é influenciada pela forma iônica, existência de substâncias interferentes, entre outras (OGAWA e MAIA, 1999).

Grandes cavas inundadas de areiros são aptas a piscicultura em tanques-redes, tendo-se em vista que tais cavas geralmente apresentam profundidades compatíveis com este sistema. Como ocorre em São Paulo (vide Capítulo 2, item 2.3), a piscicultura em tanques-rede pode ser extremamente viável, principalmente para àquelas cavas marginais ao longo dos cursos d'água, como os exemplos mostrados na Fig. 4.3.4. No Brasil não há regulamentos para tal situação, nem tampouco estudos sobre a real capacidade de suporte desses ambientes para a atividade aquícola, o que dificulta a inferência de valores quanto ao número de tanques-rede por área, entre outros.

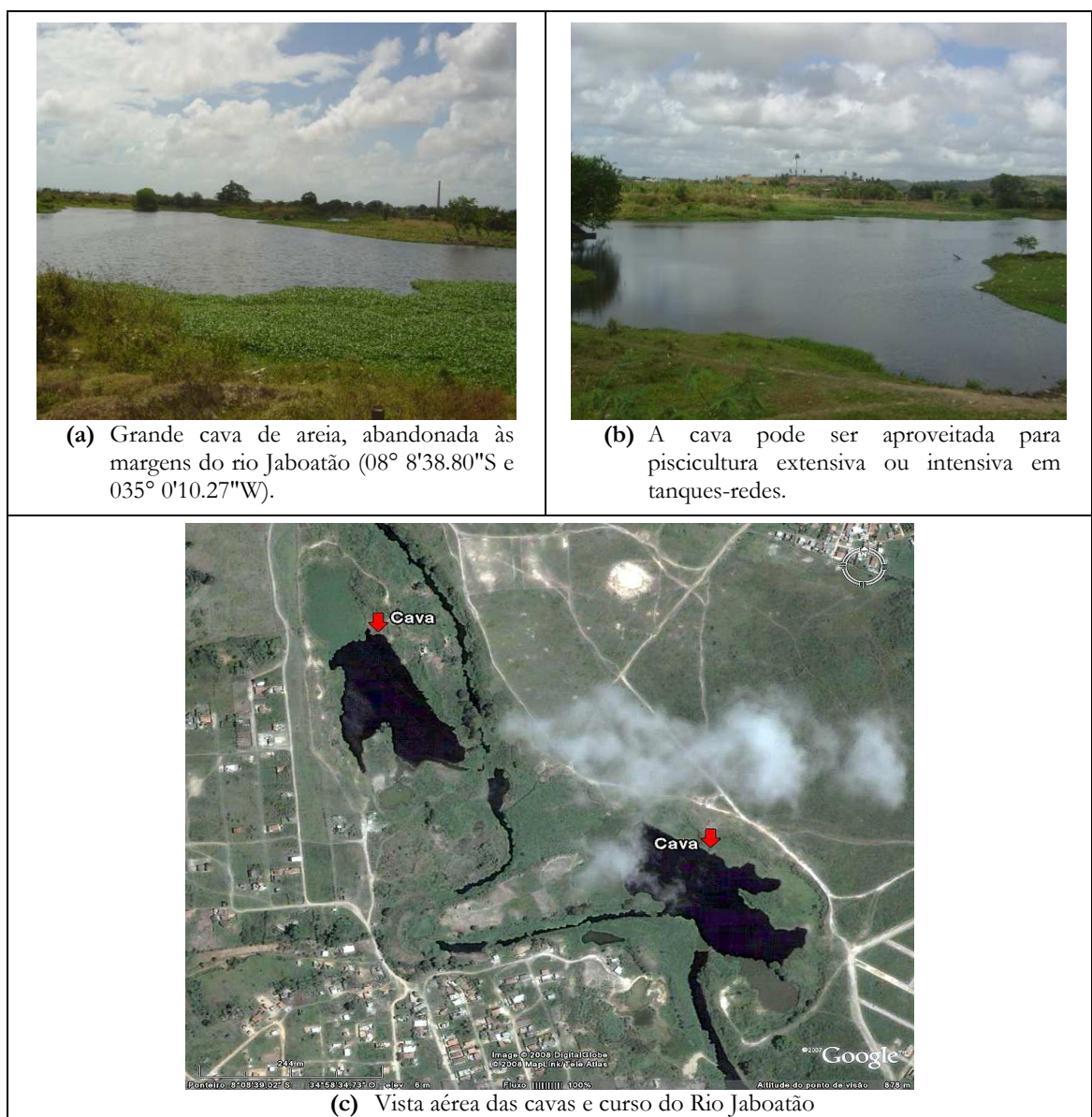


Fig.4.3.4. Cavas de areia inundadas e abandonadas ao longo do Rio Jaboatão, município de Jaboatão dos Guararapes da RMR.

As áreas mais indicadas são aquelas que se mantêm com lâmina d'água constante, suficiente para garantir a produção do empreendimento e que possa ser constantemente renovada de modo a se evitar a eutrofização dos lagos e lagoas (Fig.4.3.5).



Fig.4.3.5. Cavas inundadas de areeiro em Jaboatão dos Guararapes (08° 9'56.27"S; 34°57'7.54"W). A cava de maiores dimensões possui cerca de sete hectares de espelho d'água.

Algumas áreas lavradas sejam areeiros, sejam pedreiras ou mineradoras de argila, são privilegiadas por possuírem grandes volumes d'água superficiais, no entanto, a utilização da água requer estudos de viabilidade. Vale frisar que estudos sobre a qualidade da água das cavas eletivas para projetos aquícolas na área de estudo, devem ser realizados de forma pontual, *in situ*. Para a concepção de projeto, conforme já mencionado, a análise da água das cavas deve ser compatível com os parâmetros exigidos pela espécie a ser selecionada. A proximidade de rios e demais recursos hídricos devem ser investigados e levados em consideração, principalmente no quesito abastecimento d'água.

As lavras de areia por dragagem em leito de rio se dão principalmente em rios do litoral sul (Ipojuca, Pirapama e rio Formoso) e norte (rio Botafogo). A ostreicultura já é pratica comum no leito do rio Formoso, porém, as minerações que lá operam, já não pertencem à RMR (área de estudo). Para os rios Ipojuca e Pirapama, a piscicultura em tanques-redes também é viável. Os areeiros situados do rio Botafogo, por sua vez, apresentam a vantagem de estarem mais próximos ao estuário, o que pode viabilizar a ostreicultura. Entretanto, a ingestão de ostras oriundas de tais áreas poluídas pode ser prejudicial à saúde humana devido ao seu alto poder de bioacumulação de substâncias tóxicas.

Pela própria natureza os solos argilosos são convenientes para a construção de viveiros escavados, principalmente pelo fato de serem menos permeáveis. Entretanto, o solo explorado pelas minerações de argila ocorrentes nas áreas de estudo, em sua maior parte, são os latossolos amarelos, típicos de tabuleiros costeiros (RESENDE et al, 1999). Estes solos são desaconselháveis para a construção de viveiros, quando arenosos demais – o que não ocorre nas áreas de extração de argila.

A lavra de argila nas áreas de estudo ocorre, na sua quase totalidade, em encostas, não formando cavas. Entretanto, tal fator não constitui entrave à reabilitação para a aquíicultura, pois a construção de viveiros superficiais e escavados é extremamente viável.

Para as cavas de argila porventura existentes na área de estudo, como no caso do município de Itapissuma (Fig. 4.3.6), as possibilidades de cultivo são inúmeras. Em caso de cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*, a proximidade de estuário garante uma vantagem do ponto de vista biológico: além da larva desta espécie se desenvolver em condições de água salobra, as fêmeas costumam deslocar-se para a região estuarina no período reprodutivo (NEW, 2002).



Fig.4.3.6. Cavas formadas pela lavra de argila, no município de Itapissuma, da RMR.

No caso das pedreiras situadas nas áreas de estudo, algumas são adaptáveis à implantação de projetos de piscicultura de água-doce. Em cavas de grande porte, é comum evitar custos dispendiosos na recuperação ambiental enchendo a mesma com água; já em cavas de pedreiras de pequeno porte, seu enchimento com rocha estéril é mais recomendado (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001). Sousa (1983) preconiza quatro tipos de intervenções a serem utilizadas em minas a céu aberto, conforme ilustrado na Fig.4.3.7: *renivelamento* ou enchimento completo; *enchimento parcial ou médio* (parcial, quase completo e reduzido), a *manutenção* (enchimento mínimo) e *abandono controlado* (ausência de enchimento).

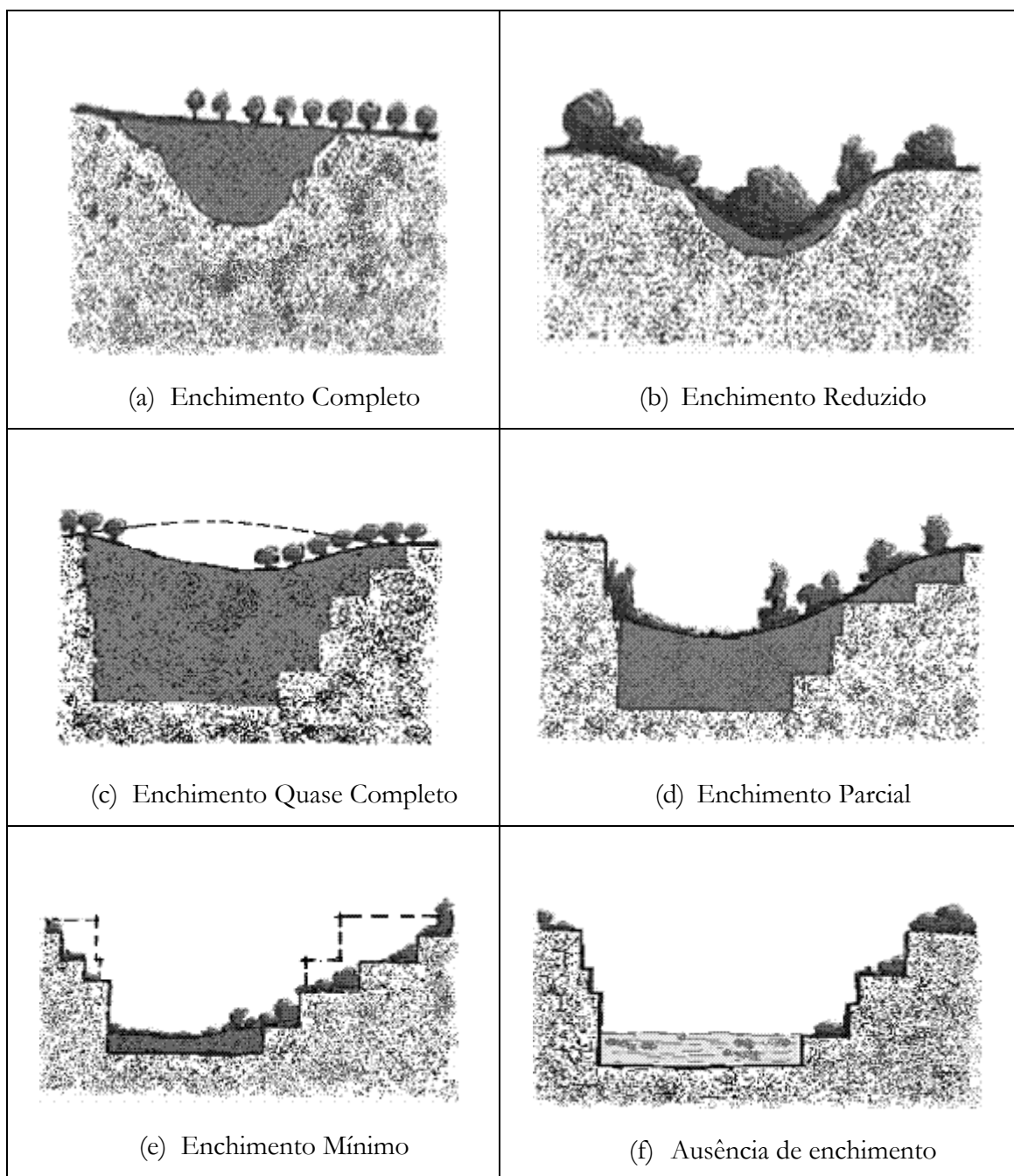


Fig.4.3.7. Intervenções propostas por SOUSA (1983).

O cultivo em tanques-redes pode ser o sistema mais indicado para cavas de pedreiras (brita) (ver Fig. 4.3.8). A água acumulada nessas cavas geralmente tem origem pluvial, além de possuir uma parcela aflorante dos aquíferos intersticiais. Oliveira (1999) postula que águas subterrâneas de áreas com formação granítica são deficientes em minerais dissolvidos, porém, com quantidades relativamente altas de dióxido de carbono, sendo altamente corrosivas.

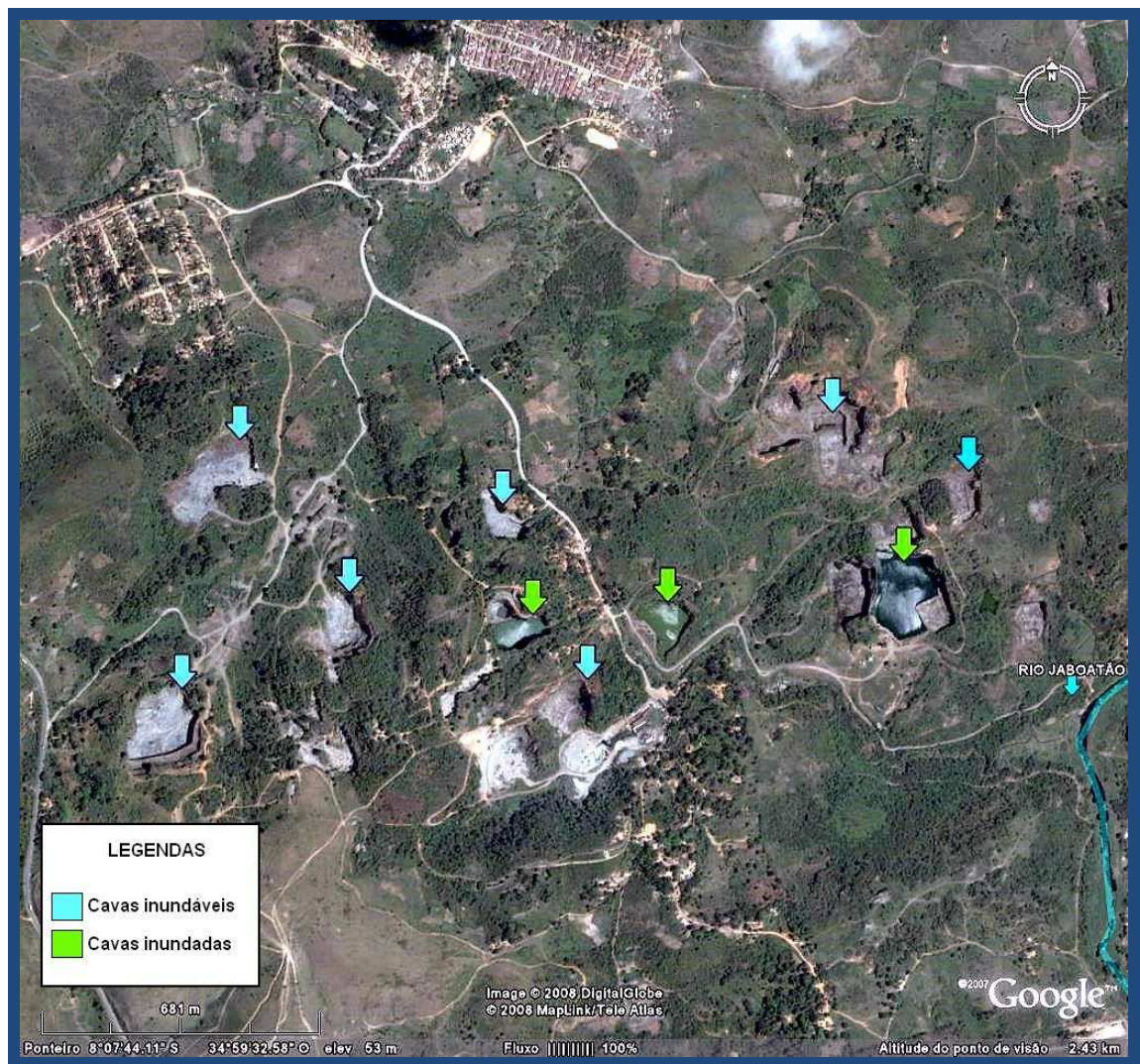


Fig.4.3.8. Cavas de pedreiras que podem ser utilizadas para a prática da piscicultura em tanques-redes.

Cavas mais amplas e menos profundas podem ser adaptáveis à construção de viveiro(s) para a prática de piscicultura ou carcinicultura, com soluções técnicas em engenharia. Para tal procedimento, o enchimento parcial com material exógeno (de empréstimo) poderia ser viável tecnicamente, porém, é necessário saber a quantidade de camada de solo adequada para viabilizar a construção de viveiros/taludes. Além disso, os custos com esse tipo de recuperação podem ser bastante onerosos (ver Figura 4.3.9). De acordo com Oliveira (1999), afloramentos rochosos devem ser evitados para a construção de viveiros devido aos elevados custos de construção.



Fig.4.3.9. Cava da Pedreira Lidermac, em Jaboatão dos Guararapes. Inviável para a construção de viveiros.

Lagos de pedreiras geralmente são estreitos e profundos, circundados por paredes rochosas e íngremes, não apresentando usualmente uma região litorânea. A elevada profundidade em relação à área não favorece a circulação vertical completa da coluna d'água desses sistemas, propiciando desta forma o estabelecimento de uma condição meromítica, ou seja, de circulação parcial, influenciando assim, a qualidade da água (SPERLING, 2004). Tal fato exprime a possível necessidade de sistemas de aeração (oxigenação) para o cultivo em tanques-redes. A cava da Pedreira Guarany (Fig. 4.3.10), em Jaboatão dos Guararapes, por exemplo, possui cerca de dois hectares de espelho d'água e proximidade com o rio Jaboatão. Tais fatos contribuem para o aproveitamento da mesma para o cultivo de tilápias em tanques-redes, a depender, é claro, de estudos sobre a qualidade da água.



Fig.4.3.10. A cava da pedra Guarany pode ser aproveitada para piscicultura em tanques-redes, devido sua lâmina d'água e proximidade com o rio Jaboatão.

Grande parte das pedreiras do município de Jaboatão dos Guararapes encontra-se num raio de cerca de 4 km do aterro sanitário da Muribeca. O aquífero sob este aterro é comprovadamente contaminado, apresentando níveis de DQO de 1.702,1 mg/l e 2.021,2 mg/l, além de detectados elevados de teores de ferro, cobre e manganês (CPRM, 2001).

A piscicultura marinha em cavas pode ser uma alternativa interessante para pedreiras litorâneas. Uma das vantagens é que os peixes são cultivados isolados do mundo marinho, o que diminui os riscos de evasão, contaminação por poluição e patógenos marinhos; permitindo ainda proteção contra possíveis predadores. Além disso, possibilita maior controle sobre os impactos causados pela aquíicultura. Para a implantação de projetos de piscicultura marinha, as pedreiras devem contar com dois determinantes vitais:

1. Abastecimento de água do mar através de canais de abastecimento, mediante fluxo gravitacional. Este fator depende diretamente da profundidade da cava em relação ao nível do mar;
2. Enchimento com água do mar através de bombeamento.

Diferentemente de alguns casos de piscicultura marinha em pedreiras citados no capítulo 2, as Pedreiras da RMR e Goiana/PE estão situadas distantes do litoral e nesse caso, a disponibilidade de água salgada constitui fator limitante para o empreendimento de tal alternativa. Tecnicamente é possível realizar o enchimento das cavas com água marinha, através da construção de canais e outros sistemas de abastecimento, porém, a longa distância poderia fazer com que a água percorresse quilômetros até chegar ao seu destino final. Esse fator concorre para a inequívoca inviabilidade econômica da piscicultura marinha em pedreiras distantes do litoral.

A aquícultura integrada também pode ser adotada em tais ambientes. De acordo com Chopin (2006) a Aquícultura Multitrófica Integrada refere-se à incorporação de espécies de diferentes níveis tróficos no mesmo sistema, divergindo da policultura aquática - cultura integrada de diferentes espécies do mesmo nível trófico - neste caso, a integração destes organismos corresponde ao compartilhamento dos mesmos processos biológicos e químicos, gerando os mesmos tipos de resíduos. Por sua vez, a referida técnica preconiza que resíduos (subprodutos) de uma cultura sirvam de insumos para outras, garantindo maior eficácia do ponto de vista ambiental.

Áreas mineiras desativadas da RMR e Goiana podem contemplar a integração da aquícultura com outras atividades rentáveis tais como o cultivo de suínos, caprinos, galináceos, entre outros. A área de estudo pode ser apta à cultura de rãs e crocodilianos, principalmente nas áreas de extração de areia e argila, entretanto, os mesmos não fazem parte da tradição alimentar local, tornando o mercado bastante restrito.

Para a síntese das alternativas de aquícultura para a reabilitação das áreas degradadas pela mineração de agregados na RMR e Goiana/PE, utilizou-se um modelo proposto por Silva (1995). Na Tabela 4.3.3 são apresentadas várias opções de usos futuros, classificados quanto aos níveis preliminares de exeqüibilidade, levando-se em consideração a análise dos condicionantes naturais abiótico, biótico e social.

Para as alternativas de reabilitação apresentadas utilizou-se de quatro níveis preliminares de exeqüibilidade para implantação:

A - Favorável a exeqüibilidade econômica e existência de soluções técnicas e operacionais de engenharia via planejamento adequado. Pode ser equacionado também através do empenho e acordos entre as partes interessadas.

B - Existência de soluções técnicas e de engenharia, e condições naturais para exeqüibilidade da alternativa proposta. Porém, não há meios de viabilidade econômica para sua execução atual.

C - Existência de soluções técnicas de engenharia, porém, sem condições naturais e econômicas de exeqüibilidade para a alternativa proposta.

D - Não há condições técnicas de Engenharia, viabilidade econômica e meios naturais para a exeqüibilidade da alternativa proposta.

Tabela 4.3.3. Análise preliminar das **alternativas de aqüicultura** passíveis de reabilitação para as áreas degradadas pela lavra de agregados na RMR e Goiana/PE (SILVA, 1995; adaptado).

ALTERNATIVAS DE AQUICULTURA PARA A REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE AGREGADOS NA RMR E GOIANA	CONDICIONANTES			NÍVEL PRELIMINAR DE EXEQUIBILIDADE DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS
	Abiótico	Biótico	Social	
RMR				
Areeiros				
Carcinicultura Marinha	X	X	X	A
Carcinicultura de Água Doce	X	X	X	A
Ostreicultura*	X	X	X	A
Piscicultura de Água Doce	X	X	X	A
Piscicultura Marinha	X	X	X	A
Argileiros				
Piscicultura/Carcinicultura de Água Doce	X	X	X	A
Piscicultura/Carcinicultura Marinha	-	X	X	B
Ostreicultura	-	X	X	C
Pedreiras				
Ostreicultura	-	-	X	D
Piscicultura/Carcinicultura Marinha	-	X	X	C
Piscicultura/Carcinicultura de Água Doce em tanques-redes	X	X	X	A
GOIANA (areeiros)				
Carcinicultura de Água Doce	X	X	X	A
Carcinicultura Marinha	X	X	X	A
Ostreicultura*	X	X	X	A
Piscicultura de Água Doce	X	X	X	A
Piscicultura Marinha	X	X	X	A

* Em leito de rios e/ou estuários.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÕES

A presente pesquisa é pioneira quanto ao estudo da inserção da aquicultura entre as alternativas propostas de reabilitação ambiental de áreas pós-mineradas em Regiões Metropolitanas do Nordeste brasileiro, bem como ao tecer considerações acerca da proposição de alternativas aquícolas. De acordo com o levantamento das alternativas de recuperação e reabilitação ambiental realizado na CPRH, a aquicultura é contemplada em 19% dos PRADs mineiros da RMR e 43% dos PRADs do município de Goiana/PE, compreendidos entre os anos de 2003 e 2007.

A constatação do crescente interesse pela aquicultura nos planejamentos de recuperação ambiental para as áreas de estudo, coincide com a presença de algumas vantagens, entre as quais: reversão do passivo ambiental da área degradada através de uso seqüencial, produtivo e rentável do solo; e criação de novas áreas para o cultivo.

Áreas pós-mineradas destinadas à aquicultura também podem ser úteis ao ordenamento pesqueiro local. Com as crescentes tendências de cessão de águas públicas da união, a aquicultura em áreas pós-mineradas pode mitigar conflitos locais entre pescadores artesanais e empresários da carcinicultura/piscicultura marinha.

O uso de cavas inundadas de pedreiras ou a utilização de tanques-redes, por exemplo, permite aos pescadores um melhor planejamento de suas atividades, na medida em que os reservatórios/tanques garantem regularidade no fornecimento de peixes capturados. Tradicionalmente, o pescado ao ser acondicionado em câmaras frigoríficas e freezers, está sujeito à perda de qualidade e ao desperdício, devido ao tempo, condições de mercado e condições inadequadas de estocagem. O armazenamento do pescado capturado vivo em cavas inundadas e em tanques-redes pode assegurar o fornecimento contínuo do mesmo.

Portanto, conclui-se que a aquicultura na reabilitação ambiental de áreas degradadas, além de ser ambientalmente correta, técnica e economicamente viável, pode ser socialmente justa. Para tal, é necessário que um projeto aquícola seja conduzido corretamente, através de serviços de extensão rural. Um projeto de aquicultura em áreas pós-mineradas destinadas à comunidade local deve visar o cultivo de organismos aquáticos pela própria população. Para o total sucesso na implantação, é imprescindível a presença do

extensionista rural, que servirá de elo entre a comunidade, empresa mineradora e o governo.

O objetivo global da extensão rural é contribuir para o desenvolvimento “rural”, melhorando a economia, aumentando a lucratividade das empresas, ampliando as oportunidades de emprego, combatendo à desnutrição e prevenindo o êxodo “rural” (KUMAR, 1992). Ao extensionista rural cabe “encontrar soluções alternativas para a pesca artesanal que gere trabalho e renda e que não seja impactante ao meio ambiente” (SILVA, 2003). A importância do extensionista rural e pescueiro é defendida por Callou (1983; 1986; 1999), no sentido de promover mudanças sociais.

A Oriental Coal Company (West Virgínia/EUA), por exemplo, após trinta anos de exploração de carvão, solicitou assistência ao serviço de extensão da universidade local, relativa à recuperação das áreas impactadas após o encerramento da lavra.

Com o exemplo mencionado, é possível notar que o interesse pelo melhor aproveitamento da área partiu da mineradora. Isso pode ser justificado pelo simples cumprimento das exigências legais; por questões mercadológicas associadas à certificação de Sustentabilidade Sócio-Ambiental; ou por benevolência. O interesse por uma recuperação ou reabilitação ambiental mais adequada também deve partir do poder público, principalmente para fins de gestão territorial/ambiental. Se a comunidade do entorno ou o superficiário forem os principais interessados pelo uso sequencial e sustentável da área lavrada, devem buscar maiores orientações técnicas e econômicas.

Nos casos dos municípios da RMR e Goiana/PE, a parceria entre mineradoras e Universidades/Instituições de Pesquisa pode ajudar na formação de uma massa rural capacitada, reforçando a eficácia na produção aquícola. Especial atenção deve ser dada ao serviço de extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Departamento de Engenharia de Pesca e Aqüicultura, que dispõe de um maior número de profissionais habilitados para tal situação. O extensionista rural, além de difundir a tecnologia e promover a troca de experiências, pode identificar, orientar e mobilizar a comunidade local sobre as possíveis fontes e facilidades de crédito.

O DNPM (1995) preconiza alternativas de recuperação e de reabilitação de áreas degradadas pela mineração na RMR, ainda de forma subjetiva. Assim, a atualização do Plano Diretor da Mineração da RMR constitui uma necessidade. A atividade de mineração de areia na RMR, por exemplo, tende a aumentar visto que o consumo *per capita* deste insumo no Brasil corresponde a cerca de 1,8 m³/habitante/ano, bastante baixo em relação a média européia que é de 6,8 m³/habitante/ano (REIS, 2006); portanto maiores

informações a respeito de como melhor utilizar uma área a ser recuperada ou reabilitada são essenciais.

Com o aumento do número de áreas mineradas e cadastramento das centenas de lavras informais, novas áreas destinadas à aquicultura podem ser criadas.

Do ponto de vista científico, uma maior interação entre as artes da aquicultura e da mineração deve ser encarada como um desafio construtivo e não como obstáculo. A relação entre os segmentos mineração e aquicultura pode, então, ser exemplificada:

- a) A aquicultura depende de insumos de origem mineral (agro minerais) para fins de manejo, principalmente, nos processos de calagem e fertilização de viveiros;
- b) E a mineração, em que depende da pesca e aquicultura? – A resposta está na aquicultura como alternativa sustentável para reabilitação das áreas pós-mineradas, e, por conseguinte, a produção de proteína animal com geração de emprego e renda;
- c) Reversão do Passivo Ambiental através de mudanças de atitudes empresariais dos superficiários.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diversas medidas de controle ambiental, inclusive tratamento de efluentes utilizadas pela Indústria Mineral, podem ter serventia para a aquicultura. O desenvolvimento de novas técnicas de recuperação para a lavra a céu aberto deve ser estimulado a fim de se obter maior concomitância com a implantação de viveiros e conseqüente reabilitação ambiental. Por fim, algumas sugestões para trabalhos futuros são listadas a seguir:

- i) A criação e periódica atualização de um Manual Pernambucano de Recuperação de Áreas Degradadas, a exemplo de outros locais, seriam de grande valia para o estado;
- ii) Identificação e Cadastramento de lavras clandestinas;
- iii) Elaboração de ZEE detalhado para áreas degradadas, a fim de se obter melhores resultados de reabilitação ambiental;
- iv) Identificação e georreferenciamento de cavas aptas ou adaptáveis à aquicultura;
- v) Caracterização Geomorfológica de cavas inundadas desativadas ou abandonadas;
- vi) Caracterização Limnológica de cavas desativadas e/ou abandonadas, através da determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos, tais como: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, transparência de Secchi, alcalinidade, dureza,

condutividade elétrica, material em suspensão, sedimento total, clorofila, fósforo total, entre outros; e comparar tais parâmetros com os valores preconizados por Boyd (1990), IET e outros autores freqüentemente citados em pesquisas sobre aquícultura e limnologia;

- vii) Estudo sobre a Capacidade de Suporte em tais ambientes;
- viii) Criação de leis que regulem a utilização de cavas inundadas para as diversas finalidades;
- ix) Criação de um banco de dados com as características de cada cava, onde os dados gerados devem ser disponibilizados a possíveis investidores;
- x) Estudo de técnicas de lavra que facilitem a recuperação ambiental, tais como *Strip mining*;
- xi) Desenvolvimento de técnicas de recuperação ambiental que facilitem a implantação da aquícultura;
- xii) Desenvolver estudos sobre a viabilidade técnico-econômica das alternativas de aquícultura na reabilitação ambiental, sob as óticas do aquícultor/minerador/comunidade;
- xiii) Avaliar e propor a integração de culturas considerando as vocações naturais da região estudada como forma de uso futuro do solo pós-minerado;
- xiv) Instalação de estações experimentais para realização de testes ecotoxicológicos, avaliação de crescimento e demais parâmetros relacionados ao cultivo;
- xv) Estudo e Avaliação dos possíveis impactos ambientais ocasionados por tais alternativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10.703. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

_____. **Coletânea de normas de mineração e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABNT/CVRD, 1993. 58p.

AERP. **Anglesey Economic Regeneration Partnership. Reunião em 26 de fevereiro de 2004**. Disponível em <http://www.angleseyeurope.org/upload/public/attachments/44/aerpminutes260204.pdf> >. Acesso em Jan. 2007.

AMBIENTEBRASIL. **Recuperação de áreas Degradadas**. 2007. <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 26 Dez. 2007.

ALMEIDA, C.M., BRUNA, G.C. **Conceitos de preservação, recuperação, renovação, reabilitação e revitalização ambiental urbana: principais exemplos e técnicas utilizadas**. São Paulo: FAU/FSP-USP, 1996.

ALTVATER, E. **O preço da riqueza**. São Paulo: UNESP, 1995.

ALVES, E.R.; ROMUALDO, F.; SILVA, J.C.; LEGNARO JÚNIOR, C.; NOBRE, D.S.; AQUINO SILVA, M.R.; GIRARDI, L.; FIORINI, M. P. **Caracterização Limnológica da Cava de Areia Desativada** - UNIVAP - SJ. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós Graduação - UNIVAP, 2004, São José dos Campos. Anais de Resumos VIII INIC e IV EPG - UNIVAP, 2004. v. único.

ANEPLA. **Associazione Nazionale Estrattori Produttori Lapidei Ed Affini**. Itália, 2008. Disponível em <<http://www.anepla.it/esempi.php>>. Acesso em: 9 de Jan. 2008.

AQUALÍDER. **Site da empresa Aqualíder Maricultura LTDA**. Brasil, 2008. Disponível em <<http://www.aqualider.com.br>>. Acesso em 2008.

ARAÚJO FILHO, J.C.; BURGOS, N.; LOPES, O.F.; SILVA, F.H.B.B.; MEDEIROS, L.A.R.; MELO FILHO, H.F.R.; PARAHYBA, R.B.V.; CAVALCANTI, A.C.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SILVA, F.B.R.; LEITE, A.P.; SANTOS, J.C.P.; SOUSANETO, N.C.; SILVA, A.B.; LUZ, L.R.Q.P.; LIMA, P.C.; REIS, R.M.G.; BARROS, A.H.C. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

ASHBY, J.C.; DEAN, J.M. **Treated Mine Drainage Effluent Benefits Maryland and West Virginia Fisherman**. Disponível em <<http://www.p2pays.org/ref/14/13905.htm>>. Acesso em 2007.

ASN. **Agência Sebrae de Notícias**. Disponível em: <<http://asn.interjornal.com.br>>. Acesso em 05 de Jan. 2007.

ATLAS do Desenvolvimento Humano no Recife. Prefeitura do Recife; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasil. Ministério da Integração, 2005. 1 CD-ROM. 2005

AUSTRÁLIA. Environmental Protection Agency. Rehabilitation and revegetation. **Best practices of management in mining series**. Austrália EPA, 1995. 36 p.

AWTTY, L.; BUCHANAN, T.; BRUMMETT, R.E; AESCHLIMAN, C.; KALENDE, M.; MOEHL, F. **Private/Public Partnerships with the Mining Industry in Ghana**. In: FAN. FAO Aquaculture Newsletter. Vol.34. 2005.

BARRETO, M. L. **Fechamento de minas: a procura de um tratamento legal**. In: Villas Bôas, R. C. & Barreto, M. L. (Org). Cierre de minas: Experiencias en iberoamerica. Rio de Janeiro: CYTED/IMAAC/UNIDO, 2000. Pg. 99 – 112.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.

BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação. São Paulo. 185p. 1997.

BITOUN, J.O **Que revelam os Índices de Desenvolvimento Humano**. In: Prefeitura do Recife; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Brasil. Ministério da Integração. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife. Em CD-ROM. 2005.

BLANKENSHIP, C. K. **Climbing the Learning Curve in Mine Water Aquaculture: An Update From Warwick Mountain Fisheries**. Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

BMLP. Brazilian Mariculture Linkage Program. **Cultivo de Ostras**. Manuais de Maricultura. Vol 2. 2003.

BRAGA, R. A. P. **Situação Atual e Perspectivas dos Manguezais no Nordeste Brasileiro**. Trabalho apresentado no I Simpósio Brasileiro Sobre Uso, Manejo e Conservação de Manguezais. João Pessoa, 1994.

BRANDT, W. **A avaliação de cenários em planos de fechamento de minas**. In: Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa, MG: UFV/DPS/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998.p.131-134.

BRASIL. Departamento de Pesca e Aqüicultura. **Plataforma tecnológica do camarão marinho cultivado: seguimento de mercado /** Ministério da Agricultura e Abastecimento. Departamento de Pesca e Aqüicultura. – Brasília : MAPA/SARC/DPA, CNPq, ABCC, 2001. 276 páginas.

BRESSAN Jr., A. **Brasil 92, perfil ambiental e estratégias**. São Paulo, SMA, 1992.

BRONSON, CHARLES H. **Aquaculture Best Management Practices Rule**. Prepared by the Florida Department of Agriculture and Consumer Services. 144p. 2005.

BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn, Alabama, USA, Alabama Agricultural Experiment Station. 1990.

CALLOU, A. B. F.. Comunicação rural e Intercom: balanço para entrar no século XXI. In: **Comunicação rural e o novo espaço agrário**. São Paulo: Intercom, 1999.
 _____. Extensão pesqueira como disciplina recente na universidade brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 3., Anais. Manaus. 1983.
 _____. **Movimentos sociais de pescadores: 1920/1983**. Dissertação - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1986.

CCE. **Revista A pesca e a aquicultura na Europa**. O Fundo Europeu para as Pescas: motor de desenvolvimento. Nº 31. 2006.

CCE. Comissão das Comunidades Europeias. **Estratégia de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura Européia**. Bruxelas. 2002.

CADDET. **Centre for Renewable Energy**. 1996. Disponível em <<http://www.caddet-re.org>>. Acesso em 2007.

CALAES, G.D.; NETO, B.P.C.; MARGUERON, C.; AMARAL, J.A.G. **Bases para o desenvolvimento sustentável e competitivo da indústria de agregados nas regiões metropolitanas do país - Parte 1**. REM.Revista da Escola de Minas. 2007.

CAIRNS, Jr., J. **Restoration, reclamation and regeneration of degraded or destroyed ecosystems**. In: Soulé, M.E, Org. Conservation Biology. Suderland: Sinauer, 1996. P.465-484.

CAMPOS. E. E.; FRAZÃO. E. B.; CALAES. G. D.; HERMANN. H. **Agregados para a construção civil no Brasil: contribuições para formulação de políticas públicas**. Organização: Marcos Baratasson Tannús, João César Cardoso do Carmo. Belo Horizonte – RS. CETEC,2007. 237 p.

CASTILHOS, Z.C.; RODRIGUES FILHO, S.; RODRIGUES, A.P.C.; VILLAS BÔAS, R.; VEIGA, M.; BEINHOF, C. **Biomagnificação do Mercúrio em Peixes de Ecossistemas Amazônicos Afetados pelo Garimpo de Ouro**. XIII International Conference on Heavy Metals in the Environment – ICHMET. 2005.

CETEM. **Rochas & Minerais Industriais: usos e especificações**. Editores: Adão Benvindo da Luz e Fernando Freitas Lins. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 726 p. 2005.

CHOPIN, T. **Integrated multi-trophic aquaculture. What it is and why you should care... and don't confuse it with polyculture**. Northern Aquaculture, Vol. 12, No. 4, July/August 2006, pg. 4.

CODEVASF. 2008. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco. Disponível em <<http://www.codevasf.gov.br>>. Acesso em Jan. de 2008.

CONOLLY, P. S. **Tanque-rede: por onde e como implantar**. In: A Sustentabilidade das Atividades de Aquicultura e Pesca: Conferência Seleccionadas da VI Reunião Anual do Instituto de Pesca. 2000.

CORREIA, E.S., SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. **Flow-through hatchery systems and management**. In M.B. New & W.C. Valenti, eds. *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. pp. 52-68. Oxford, England, Blackwell Science. 2000.

COSTA, J.B. **Caracterização e Construção do Solo**. 7ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 2004.

CPRH. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**. Recife, 2001. 211p.

_____. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. Recife, 2003. 214p.

_____. **Roteiro complementar para o licenciamento ambiental e a obtenção de títulos minerários: Manual do minerador, Recife/PE**. CPRH. 2006. 45p.

CPRM. **Sistema de Informações para a Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife**. Projeto SINGRE II. 2001.

CURITIBA. **Site do Governo do Estado do Paraná**. Brasil, 2008. Disponível em <http://www.curitiba.pr.gov.br/Servicos/MeioAmbiente/areas_verdes/parques_bosques/pedreira.htm>. Acesso em 2008

DANLEY, M. L.; MAZIK, P. M. **Physiological Overview of Rainbow Trout Grown In Reclaimed Mine-Water**. Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

DIETRICH, N.L. **European rehabilitation projects reflect cultural and regional diversity**. Rock Products, Chicago, v.93, n.2, p.45-47. Feb, 1990.

DNPM. **Plano Diretor para a Região Metropolitana do Recife**. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1995.

DNPM. Portaria nº 237, de 18/10/2001 - **Normas Reguladoras da Mineração**. 2001.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro**, 2005.

DÖÖS, B. R.; SHAW, R. **Can we predict the future food production? A sensitivity analysis**. In: *Global Environmental Change*, nr.9, p. 261-283. 1999.

DOUPÉ. R.G.; LYMBERY, A. J. **Environmental Risks Associated with Beneficial End Uses of Mine Lakes in Southwestern Australia**. 2005.

DOWN, C.G., STOCKS, J. **Environmental Impact of Mining**. New York: John Wiley, 1977. 371p.

D'SOUZA. G., MILLER. D. **Mine Water Aquaculture: Linking Coal Mining, Fish Farming, Water Conservation and Recreation**. Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

DURBOROW, ROBERT M. **Catfish Farming in Kentucky**. 112 p. 2000.

EVANS, L.H.; STORER, T. J.; JUSSILA, J.; HIGGINS, L. R.; PAGANINI, M.; LAURIE, V. **Fish and Crustacean Acid Tolerance and Restocking of the Lakes.** In: Philips et al, 2000. Final Void Water Enhancement. Australian Coal Association Research Program. Final Report, project C6005, C7008, C8031, pp 84 – 89.

FAO. **Status of Aquaculture in Kenya.** In: KENYA REPORT OF THE PREPARATORY ASSISTANCE MISSION - Field Document 1 June 1982.

FAO. **Fishery Country Profile – The Slovak Republic.** 1996.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** Roma, 1998. 114p.

FERBAX. Ferbax indústria e comércio ltda. 2008. Disponível em <<http://www.ferbax.com.br>>. Acesso em Jul. 2007.

FIDEM, (1999). **Programa Governo dos Municípios. Regiões de desenvolvimento.** Recife, Fundação de Desenvolvimento Municipal – FIDEM.

FIDEM, (2002). **Metrópole Estratégica.** Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal.

FIDEM, (2002). **Projeto de Infra-estrutura em Áreas de Baixa Renda da RMR – PROMETRÓPOLE.** Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal.

FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco – CONDEPE/FIDEM. 2007.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Manual de Licenciamento ambiental: guia de procedimento passo a passo.** Rio de Janeiro: GMA: 2004. 293p.

FIORINNI. M.P. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <mpfiorin@yahoo.com.br> em 03 de jan. 2007.

FIORINI, M. P. ; GUILHERME, L ; AQUINO SILVA, M. R.; GIRARDI, L.; VAL, L.A. **Caracterização limnológica de lagoas de mineração no vale do Paraíba – SP, Brasil. SOBRADE – Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Resumo. 2005.**

_____. **Estado Trófico de Lagoas de Mineração no Vale do Paraíba, S.P – Brasil.** 2005.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M.F.; MORAIS, L. F. S.; PAULINO W. D.; GOMES, R. B. **Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores.** 2006.

FORNASARI FILHO, N. et ali. **Alterações no meio físico decorrente de obras de engenharia.** São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1992. (Boletim 61).

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**.- 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GEOGRAPH. 2007. Disponível em <<http://www.geograph.org.uk/photo/478653>>. Acesso em: 13 Jan. 2007.

_____. Disponível em <<http://www.geograph.org.uk/photo/24482>>. Acesso em: 13 Jan. 2007.

GOOGLE. 2008. Google Earth Pro. Disponível para download em <<http://www.earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em 2008.

GLOBAL AQUACULTURE ALLIANCE. **Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming**. Disponível em: <www.gaalliance.org/code.html>. Acesso em 2007.

GOULART, M.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de Qualidade da Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental**. In: Revista da FAPAM, ano 2, nº 1. 2003.

GUIMARÃES, A. S. **Análise Multitemporal da Superfície de Manguezal do Litoral Norte de Pernambuco: A Participação da Superfície da Aquicultura na Conversão de Áreas de Mangue em Viveiro**. Dissertação. 2007.

HARTMAN, H.L.; MUTMANSKY, J.M. **Introductory mining engineering**. 2ª edition. 570 p. 2002.

HERRERA, B. **Improving sustainability in mines closure by transforming open pits into fish farms**. Dissertation. Abstract. University of Cambridge – Department of Engineering. 2006.

HECHANOVA, R.G. ; TIENSONGRUSMEE, B. **Report of assistance on selection of site, design, construction and management of the Ban Merbok, Kedah, Malaysia Brackishwater Aquaculture Demonstration Project**. FAO. SCS/80/WP/88: 154p. 1980

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem da População. 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem da População. 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em Dez. 2007.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3ª ed. Jundiaí – SP, Divisão de Biblioteca e Documentação – Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1999.

KUMAR, D. **Fish Culture in Undrainable Ponds**. A Manual for Extension. FAO Fisheries Technical Paper. 239 p. No. 325. Rome, FAO, 1992.

LAFARGE. 2007-2008. Disponível em <http://www.lafarge.com/wps/portal/2_4_4_1-EnDet?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/wps/wcm/connect/Lafarge.com/AllCS/Env/QR/CP1610625202/CSEN>. Acesso em: 04 Jul. 2007.

LIMA, C. A.; CASTRO, A. M.; RODRIGUES, A. P. C.; RAMOS, A. S.; CASTILHOS, Z. C. **Spatial and Temporal Analysis of Human Health Risk by Ingestion of Oysters**

and Mussels Contaminated With Zn and Cd. In: XIII International Conference on Heavy Metals in the Environment – ICHMET, na data de 5 a 9 de Junho de 2005, no Hotel Softel, Rio de Janeiro, Brazil.

_____. **Human Health Risk Assessment by Ingestion of Oysters from Recife, Pernambuco, Brazil.** In: XIII International Conference on Heavy Metals in the Environment – ICHMET. 2005.

LINS, C. A. C.; WANDERLEY, A. A. 1999. **Distribuição de mercúrio em drenagens ao Norte do Recife, Estado de Pernambuco.** In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 5, 1999, Porto Seguro / CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 7, 1999, Porto Seguro. **Anais.** Porto Seguro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1999. 664p. p.119 - 121.

LIMA, H.M.; FLORES, J.C.C.; COSTA, F.L. **Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo.** REM: Revista da Escola de Minas, Ouro preto, 59(4). p.397-402. 2006.

LIRA SOBRINHO, A.C.P.; AMARAL, A.J.R. e DANTAS, J.O.C. (2004). GIPSITA. Sumário Mineral DNPM. 2004. p. 80-81.

LUZ, A.B.; LINS F.F. **Introdução ao tratamento de minérios.** In: Tratamento de Minérios, 4º Edição. A.B.Luz; J.A.Sampaio e S.L.M. Almeida (Editores). Rio de Janeiro, CETEM, Cap.1, p.1-16. 2004.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental brasileiro.** 9ed. São Paulo: Malheiros, 2001. p.305-306.

McHAINA, D.M.. **Environmental planning considerations for decommissioning closure and reclamation of a mine.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ISSUES AND MANAGEMENT OF WASTE IN ENERGY AND MINERAL PRODUCTION, 6º, Calgary, 2000. Environmental issues and management of waste in energy and mineral production Proceedings...Rotterdam: Balkema, 2000.

MARQUES, E. D.; SILVA FILHO, E. V.; TUBBS, D.; SANTELLI, R. E.; MELLO, W. Z. (Docente); SELLA, S. M. 2006. **Alumínio dissolvido na água das cavas de extração de areia - Estudo das possíveis implicações de sua toxicidade - Município de Seropédica - Rio de Janeiro,** In: Geologia Médica no Brasil - Efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente. Rio de Janeiro, DIEDIG/CPRM, n.pag. 4, ISBN: 85-7499-01, Impresso.

MARTINS, L.A.M. **Uso y ocupación del suelo: La planificación municipal y La minería.** In: Repetto, F.L. ET al., Eds. Aspectos geológicos de protección ambiental. Montevideo: ORCYT/Unesco. V.1, p. 125-134. 1995.

MASCHIO, L.M.A. **Evolução, estágio e caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas no Brasil.** In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 1, 1992, Curitiba, Anais: Fupef, 1992, p.17-33.

MILARÉ, E. **Legislação ambiental do Brasil.** São Paulo: APMP, 1991. p.3.

MILIOLI, G. **Abordagem Ecológica para a Mineração: Uma Perspectiva Comparativa para Brasil e Canadá** - Tese.1999.

MILLER, D.; SEMMENS, K. **Methods Used To Determine If Mine Site Are Suitable For Aquaculture**. Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE, 1992.523p.

MORA, P.; MICHEL, X.; NARBONNE, J.F. **Cholinesterase activity as potential biomarker in two bivalves**. Environmental Toxicology and Pharmacology 7 (1999) 253–260. Elsevier. 1999.

MORAES, A. **Direito Constitucional**. 18ª Edição. São Paulo. Editora Atlas, 2005.

MUIR, J., BERG L. **Socialist People's Libyan Arab Republic Marine Aquaculture Development, Zawia**. In: A report prepared for the Feasibility of Marine Fish Farming (Phase II). FAO Publications. 1987.

NEW. M. B. **Farming freshwater prawns: A manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii)**. Foods and Agriculture Organizations of United Nations. FAO, Fisheries Technical Paper N° 428. Rome, 2002.

NORTHERN AQUACULTURE. **Abandoned quarry the home for new crayfish business on Vancouver Island**, Northern Aquaculture Magazine, Volume 8, No. 8, August 2002.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara. 434p. 1988.

OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de Pesca**. São Paulo. Livraria Varela, 2 ed. 1999.

OLIVEIRA, P.N. **Engenharia para aquicultura**. UFRPE, Recife. 1999.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.B. **Desativação de empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental**. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo. 179p. 2001.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.B. **Desativação de mina: conceitos, planejamento e custos**. Salvador: EDUFBA, 2006. 112p.

ONO. E.A.; KUBITZA, F. **Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes**. In: Revista Panorama da Aquicultura, julho/agosto, 2002.

OOST, R.V.D.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P.E. **Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review**. Environmental Toxicology and Pharmacology. Vol 13. Pgs. 57-149. Elsevier. 2003.

OTCHERE,F.A.; VEIGA,M.M.; HINTON,J.J.; HAMAGUCHI,R. **Mining and Aquaculture: A Sustainable Venture**, abstract. Proceedings of the 26th BC Mine

Reclamation Symposium, p. 191-203, Dawson Creek, BC, Sept 9-13, 2002.

QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C.; CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J.E.P.; FILHO, J.D.F.; BERNARDINO, G.; VALENTI, W.C. **A Embrapa e a Aqüicultura. Demandas e prioridades de pesquisa.** – Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 35 p. ; (Texto para Discussão ; 11).

RANA, K. J. **Guidelines on the collection of structural aquaculture statistics.** Supplement to the Program for the world census of agriculture 2000. FAO Statistical Development. Series, 5b. Roma, FAO 56 p. 1997

REIS, B. J. **Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul.** Revista da Escola de Minas. 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 3 ed. 338 p. – Viçosa : NEPUT, 1999.

RIPLEY, E. A. Environmental Effects of Mining. Florida: St. Lucie Press, 1996.

SAMARCO. Site da Mineração SAMARCO. 2007. Disponível em <<http://www.samarco.com>>. Acesso em: 26 Dez. 2007.

SÃO PAULO. **Site do Governo do Estado de São Paulo.** Brasil, 2008. Disponível em <http://www.saopaulo.sp.gov.br/saopaulo/turismo/cap_parq_ibira.htm>. Acesso em 2008.

SELONDA. Selonda Aquaculture. 2007. Disponível em <<http://www.selonda.com>>. Acesso em: Jan.2007.

SEMMENS, K.; MILLER, D. **Utilizing Mine Water For Aquaculture – An Overview Of Production Formats, 2003.** Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

SCHNOOR, J.L. **Environmental modeling: fate and transport of pollutants in water, air, and soil.** A Wiley Interscience publication.684p. 1996.

SCHWATZ, M. F.; BOYD, C. E. **Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents.** Progressive Fish Culturist N° 57. Pgs.255-266. 1995.

SHRIMPNEWS. EUA, 2008. Disponível em <<http://www.shrimpnews.com>>. Acesso em: 9 Jan. 2008.

SILVA, C.M.M. **Estudo de alternativas de reabilitação para áreas degradadas pelas minerações de argilas bentoníticas de Boa Vista, Campina Grande/PB.** Dissertação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

SILVA, L. R. S.; CARVALHO, P. L. F. R. A.; ROCHA, I. P. **Cultivo Intensivo de L. vannamei em Berçários Secundários (“raceway”).** Revista da ABCC., Recife, p 76 - 80, março de 1995.

SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. **Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim**. Rem: Rev. Esc. Minas, Apr./June 2001, vol.54, no.2, p.133-136. ISSN 0370-4467.

SILVA, F.B.R.; SANTOS, J.C.P.; SILVA, A.B.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R.B.V.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SOUSANETO, N.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; LOPES, O.F.; LUZ, L.R.Q.P.; LEITE, A.P.; BARROS, A.H.C.; SILVA, M.A.V. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE**. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. 2001.

SKYSCRAPERCITY. Disponível em <<http://www.skyscrapercity.com>>. Acesso em 2008.

SOBRINHO, A. C. L. Representante do DNPM 4º Distrito In: **8ª Reunião do Fórum Permanente pela Vida do Tapacurá e 2ª Reunião do Fórum do Corredor da Farinha**. Sociedade Nordestina de Ecologia.

SOUSA, N.V. **Recuperação de paisagens degradadas e recuperação de pedreiras da Secil**. Monografia: Curso de Arquitetura UTL, ISA, Lisboa. 1993.

SPERLING, E.V.; JARIDIM, F.A.; GRANDCHAMP, C.A.P. **Qualidade da água durante a formação de lagos profundos em cavas de mineração: Estudo de caso do lago águas-claras – MG**. 2004.

STORER, T.J. **Ethology and Production of Freshwater Crayfish in Aquatic Polysystems in Western of Austrália**. Thesis. 2005.

SUDENE. **Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, Folha no 21, Recife – NO**. Recife. SUDENE 1978. 184p. il. (Brasil SUDENE. Hidrogeologia, 54).

SUWANNATOUS, S.; NEW, M.B. **Development of a shallow beach well for hatcheries requiring seawater**. In M.B. New. ed. Developments in aquaculture and fisheries science, Volume 10: Giant prawn farming, pp. 303-307. Amsterdam, Elsevier. 1982.

TRINDADE, R. B. E. **Tecnologias de Sistemas Passivos para o Tratamento de Drenagens Ácidas de Minas**. Rio de Janeiro/CETEM/MCT, 2004.

VALENTI, W.C. & DANIELS, W. **Recirculation hatchery systems and management**. In M.B. New & W.C. Valenti, eds. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*, pp. 69-90. Oxford, England, Blackwell Science. 2000.

VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12o, Vila Real, Portugal, 2002, VilaReal: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais...p.111-118. 2002.

VALENTI, T.W.; CHERRY, D.S.; NEVES, R.J.; SCHMERFELD, J. **Acute and Chronic Toxicity of Mercury to Early Life Stages of the Rainbow Mussel, *Villosa iris* (Bivalvia: Unionidae)**. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 24, No. 5, pp. 1242–1246, 2005.

VIADERO Jr, ROGER C.; TIERNEY E. A. **Development Of Treated Mine Waters For Aquaculture: Overview Of Water Quality From Dogwood Lakes, 2002-2003.**

Paper was presented at the 2004 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation and the 25th West Virginia Surface Mine Drainage Task Force, April 18-24, 2004.

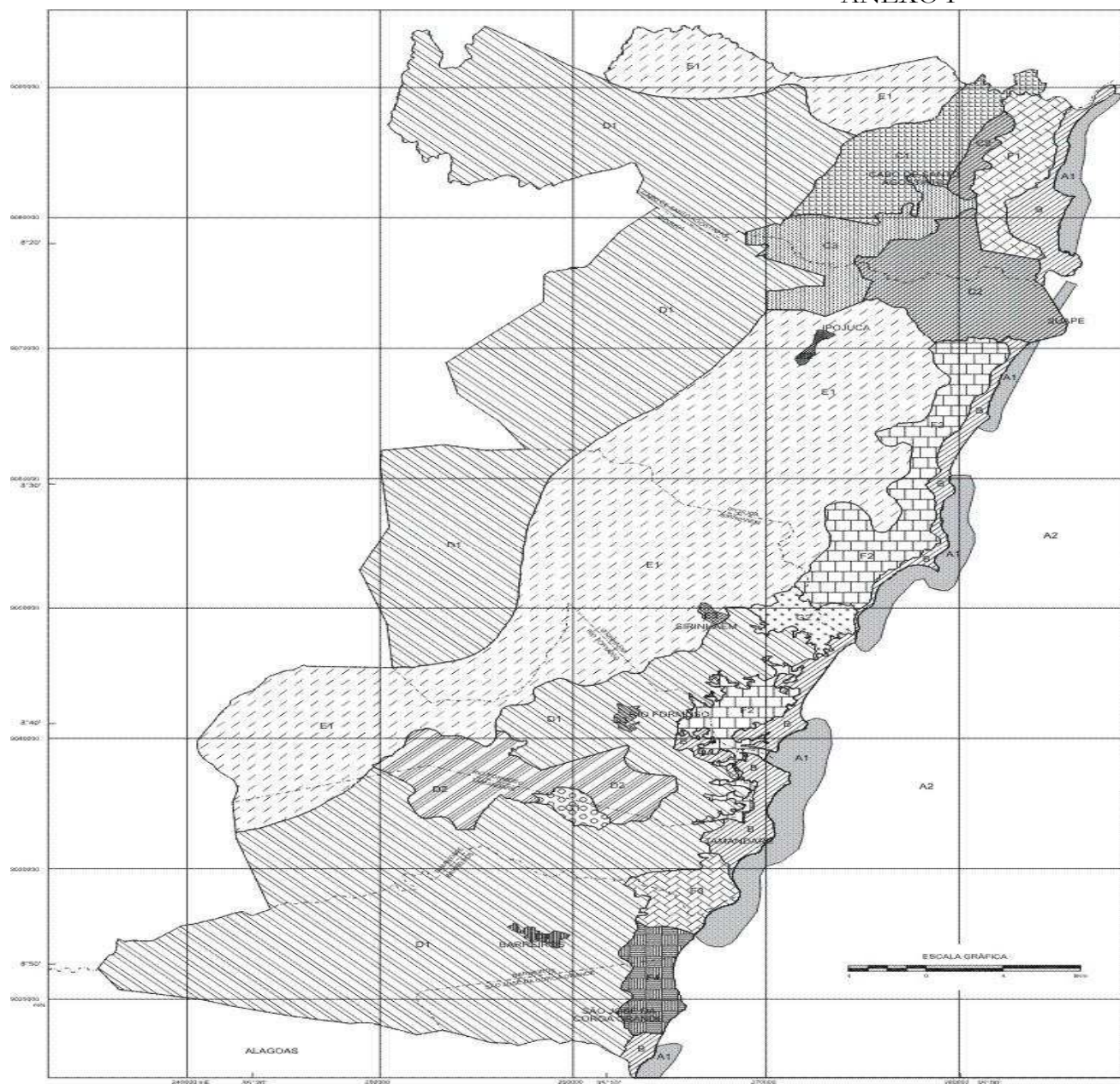
VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975. 245p.

WASELFISZ, J. J. **Mapa da Violência dos Municípios Brasileiros.** OIE - ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS IBERO-AMERICANOS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. 2007.

WELLMER, F.W.; BECKER PLATE, J.D. **World natural resources policy (with focus in mineral resources).** In: Our Fragile World: Challenges and Opportunities for a Sustainable Development. M.K. Tolba, Editor, vol.1, Eolss Publishers Co. Ltd, Oxford, UK, pp. 183-207. 2001.

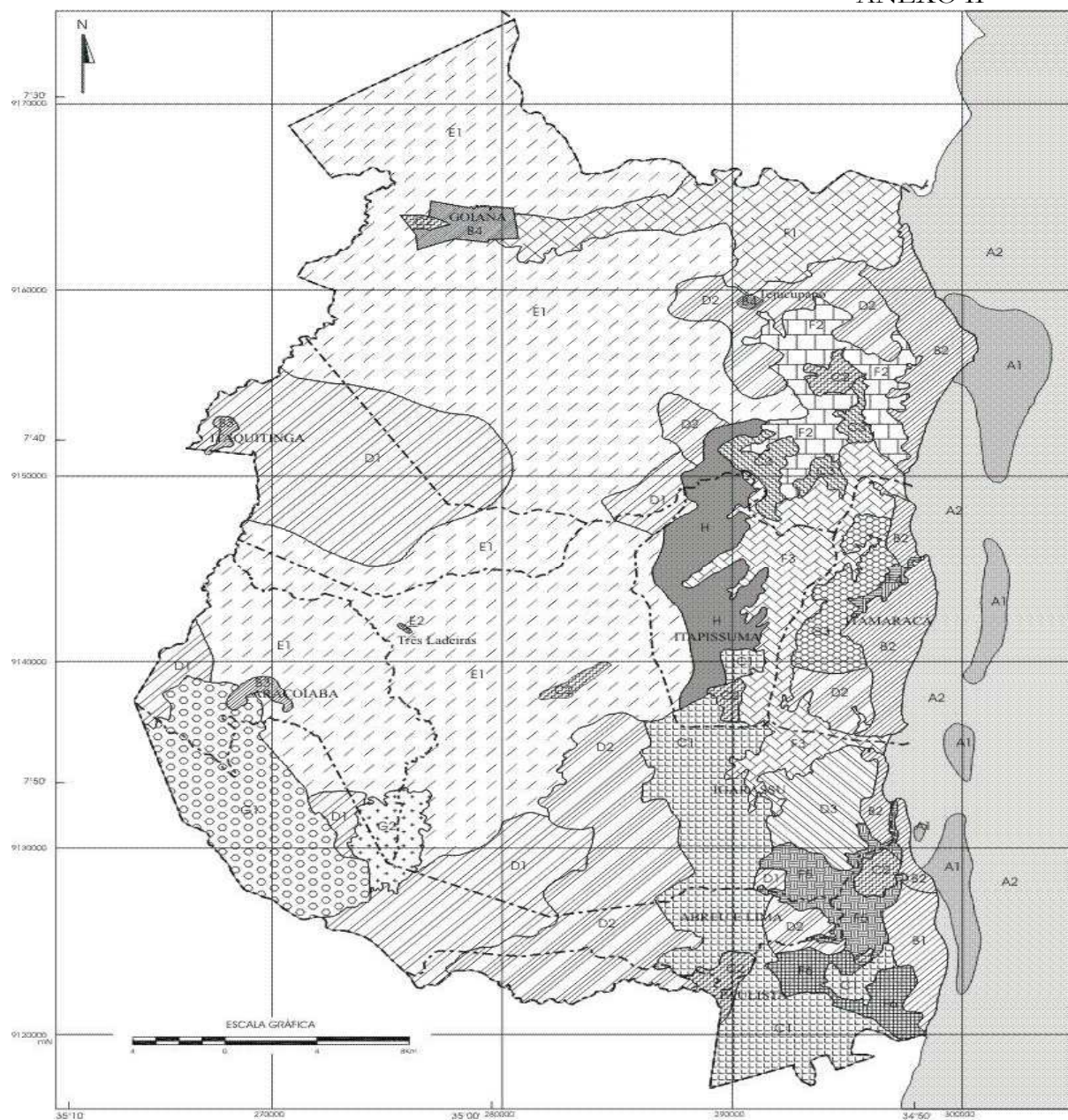
WILLIAMS, D. D. BUGIN, A., REIS, J. L. B. C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação.** Brasília: IBAMA, 1997. 96p.

ANEXO I


**ZEEC - ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO
 COSTEIRO DO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO - 1999**

A - ZONA MARÍTIMA	
	A1 - SUBZONA DOS RECIFES DE ARENITO, ALGAS E CORAIS
	A2 - SUBZONA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
	B - ZONA DE TURISMO, VERANEIO E LAZER
C - ZONA URBANO-INDUSTRIAL / PORTUÁRIA	
	C1 - SUBZONA URBANO-INDUSTRIAL DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
	C2 - SUBZONA INDUSTRIAL PORTUÁRIA DE SUAPE
	C3 - SUBZONA DE PROTEÇÃO ECOLÓGICA DE SUAPE
D - ZONA RURAL DIVERSIFICADA	
	D1 - SUBZONA DE POLICULTURA
	D2 - SUBZONA AGRÍCOLA DIVERSIFICADA DA APA DE GUADALUPE
	D3 - SUBZONA DO NÚCLEO URBANO DE RIO FORMOSO
	D4 - SUBZONA DO NÚCLEO URBANO DE BARREIROS
E - ZONA AGROINDUSTRIAL	
	E1 - SUBZONA PARA INCENTIVO - DIVERSIFICAÇÃO DE USOS
	E2 - SUBZONA DO NÚCLEO URBANO DE IPOJUCA
	E3 - SUBZONA DO NÚCLEO URBANO DE SIRINHAÉM
F - ZONA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ESTUARINA E ECOSISTEMAS INTEGRADOS	
	F1 - SUBZONA DO COMPLEXO AMBIENTAL LITORÂNEO DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
	F2 - SUBZONA ESTUARINAS DOS RIOS FORMOSO, SIRINHAÉM-MARACAÍPE E IPOJUCA-MEREPE
	F3 - SUBZONA DO COMPLEXO AMBIENTAL ILHETAS-MAMUCABAS
	F4 - SUBZONA DO COMPLEXO AMBIENTAL DOS RIOS UNA E MEIRELES
G - ZONA DE PRESERVAÇÃO / CONSERVAÇÃO DA VIDA SILVESTRE	
	G1 - SUBZONA DE PRESERVAÇÃO DA VIDA SILVESTRE DA APA DE GUADALUPE
	G2 - SUBZONA DE CONSERVAÇÃO DA VIDA SILVESTRE DA APA DE SIRINHAÉM

ANEXO II


**ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO COSTEIRO
DO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO - 2002**

A - ZONA MARÍTIMA	
	A1 - SUBZONA DOS RÉCIFES DE ARENITO, ALGAS E CORAIS
	A2 - SUBZONA DA PLATAFORMA CONTINENTAL
B - ZONA DE USO URBANO, TURISMO E VERANEIO	
	B1 - SUBZONA URBANA RESIDENCIAL
	B2 - SUBZONA DE TURISMO E VERANEIO
	B3 - SUBZONA DOS NÚCLEOS URBANOS DE ARACOIABA E ITAQUITINGA
	B4 - SUBZONA DOS NÚCLEOS URBANOS DE GOIANA E TEJUCUPAPO
C - ZONA URBANA/INDUSTRIAL	
	C1 - SUBZONA URBANO-INDUSTRIAL
	C2 - SUBZONA INDUSTRIAL
	C3 - SUBZONA DE RECUPERAÇÃO E INCENTIVO À DIVERSIFICAÇÃO DE USOS
D - ZONA RURAL DIVERSIFICADA	
	D1 - SUBZONA DE POLICULTURA E INCENTIVO À PRESERVAÇÃO FLORESTAL
	D2 - SUBZONA DE LAZER E INCENTIVO À PRESERVAÇÃO FLORESTAL
	D3 - SUBZONA DE LAZER E TURISMO
E - ZONA AGROINDUSTRIAL	
	E1 - SUBZONA PARA INCENTIVO À DIVERSIFICAÇÃO DE USOS E PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS
	E2 - SUBZONA DO NÚCLEO URBANO DE TRÊS LADEIRAS
F - ZONA DOS ESTUÁRIOS E ECOSISTEMAS INTEGRADOS	
	F1 - SUBZONA DO COMPLEXO AMBIENTAL DOS RIOS GOIANA E MEGAL
	F2 - SUBZONA ESTUARINA DO RIO ITAPESSOCA
	F3 - SUBZONA DO COMPLEXO AMBIENTAL ESTUARINO DO CANAL DE STA. CRUZ
	F4 - SUBZONA ESTUARINA DO RIO JAGUARIBE
	F5 - SUBZONA ESTUARINA DO RIO TIMBÓ E ECOSISTEMAS ADJACENTES
	F6 - SUBZONA ESTUARINA DO RIO PARATIBE E ECOSISTEMAS ADJACENTES
G - ZONA DE PRESERVAÇÃO FLORESTAL E PROTEÇÃO DE MANANCIAIS	
	G1 - SUBZONA DE PROTEÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS DO MANANCIAL BOTAFOGO
	G2 - SUBZONA DE PROTEÇÃO DO MANANCIAL BOTAFOGO
	G3 - SUBZONA DE PRESERVAÇÃO FLORESTAL DE ITAMARACÁ
	H - ZONA DE PROTEÇÃO DO AQUIFERO BEBERIBE