



**Universidade de Brasília (UnB)**  
**Faculdade de Economia, Administração e**  
**Contabilidade (FACE)**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA NA BACIA DO RIO**  
**CASSIPORÉ, NO ESTADO DO AMAPÁ.**

**MILENA LEAL COSTA**

**Orientador: PROF. DR. JORGE MADEIRA NOGUEIRA**

**Co-Orientadora: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup> DENISE IMBROISI**

**BRASÍLIA – DF**

**2016**

MILENA LEAL COSTA

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA NA BACIA DO RIO  
CASSIPORÉ, NO ESTADO DO AMAPÁ.**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente, Programa de Pós-graduação em Economia, Departamento de Economia, Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA), da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília (UnB).

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira  
Co - Orientadora: Profa. Dra. Denise Imbroisi**

BRASÍLIA – DF

2016

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA NA  
BACIA DO RIO CASSIPORÉ, NO ESTADO DO AMAPÁ.**

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Economia, Gestão Econômica do Meio Ambiente** do Programa de Pós-Graduação em Economia do Departamento de Economia da Universidade de Brasília, por intermédio do Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA). Comissão Examinadora formada pelos professores:

---

Dr. Jorge Madeira Nogueira  
Departamento de Economia – UnB

---

Dra. Denise Imbroisi  
Departamento de Economia – UnB

---

Dr. Juan Vicente Guadalupe Gallardo  
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica - OTCA

---

Dra. Joana D'arc Bardella Castro  
Universidade Federal de Goiás - UFG

Brasília, 26 de Setembro de 2016

Em memória de José Dias Leal

## AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho, tenho a sensação que ele não é apenas meu, mas também pertence a cada uma das pessoas aqui citadas. Peço a compreensão aos nobres leitores pela enorme lista de agradecimento às pessoas especiais que ainda estão e as que passaram pelo meu caminho durante essa longa jornada de crescimento intelectual. Afinal, segundo Esopo “A gratidão é a virtude das almas nobres”.

Agradeço em primeiro lugar, a Deus - o cara lá de cima!! - por permitir que eu alcançasse esse objetivo. Ao meu esposo Nonato e às minhas queridas filhas Tássia e Paula Costa pelo incentivo e compreensão durante minha longa ausência. Agradeço a minha mãe que me ensinou a nunca desistir dos meus sonhos, ao meu irmão Leal Jr e sua família pelo carinho, apoio moral e logístico na etapa final.

Aos meus queridos amigos, meus anjos Euryandro Costa, Micheline Vergara e Robson Lima que Deus colocou em minha vida e que me auxiliaram nos momentos difíceis na construção desse trabalho. Outros anjos maravilhosos que também tive a oportunidade de conhecer em Brasília como a Dra. Josiane Aguiar e sua família, Elaine e Thaís pelas conversas acompanhadas de cafés recheados de muitas risadas e que foram muito importantes para o meu fortalecimento.

Os meus agradecimentos seguem a minha estimada e querida professora e pesquisadora Dra. Eleneide Doff Sotta, da Embrapa/Amapá que tenho como modelo de integridade, determinação e perseverança “quando crescer quero ser igual a ela” e que me proporcionou trilhar o caminho da pesquisa e que em nenhum momento desistiu de mim. Ao Dr. Juan Vicente Guadalupe Gallardo por sua dedicação, orientação, paciência, amizade e valorosa experiência acima de tudo, contribuindo para que eu chegasse até aqui.

Ao Professor Dr. Jorge Madeira Nogueira por compartilhar de seus conhecimentos e experiências, por sua paciência, orientação e simpatia ímpar. A Professora Denise Imbroisi por seus ensinamentos que muito contribuiu para o meu crescimento intelectual. A Dra. Joana D’arc Bardella Castro que me disponibilizou gentilmente o seu arquivo bibliográfico.

Ao Professor Pedro Henrique Zuchi da Conceição “O homem de um gráfico só”, possuído de um enorme coração, quem o ver pela primeira vez tem a impressão de estar diante de um homem severo (experiência própria) mas que nada, é a pessoa mais doce e conselheira que tive a oportunidade de conhecer em Brasília. À Waneska Carvalho e Rafael Fragoso (sempre muito solícitos) e aos demais professores pelo conhecimento, dedicação e apoio dado ao longo do Curso.

E, finalmente, como a valoração econômica dos recursos naturais não é possível sem a contribuição dos profissionais de outras áreas, não poderia deixar de agradecer a todos pela oportunidade de compartilhar de seus conhecimentos, experiências, apoio logístico para a finalização deste trabalho: aos técnicos Haroldo Palheta Amaral e Vanderci de Oliveira Firmino, da Secretaria Estadual de Desenvolvimento do Amapá – SDR; ao Professor de Química Dr. Roberto Messias Bezerra e Professor de Economia Msc. Charles Chelala, da Universidade Federal do Amapá – Unifap; à Pesquisadora Msc. Ana Salim, da Embrapa Amapá; Sebastião C. B. Marques, Diretor Executivo da Empresa Rio Amazonas – Dragagem, Locação e Empreendimentos; Paulo Silvestro, Ivan Vasconcelo e Ricardo do Parque Nacional do Cabo Orange – ICMBio, ao Msc. Daniel Pandilha Engenheiro de Pesca e a Instituição Embrapa/Amapá. Enfim, meu muito obrigada!

## RESUMO

Este trabalho busca estimar o valor monetário do serviço de provisão de água na bacia do rio Cassiporé, no Amapá, utilizando as Técnicas de Valoração Econômica por meio dos Métodos de Custo de Reposição e Custos Evitados. Ambos os métodos de valoração são baseados em mercado de bens substitutos e captam o valor de uso direto e indireto do recurso ambiental apresentado na equação do Valor Econômico Total – VET. A bacia vem sendo ameaçada em seu serviço de provisão de água devido às atividades de exploração de ouro que ocorrem em sua cabeceira. O desmonte hidráulico e o uso do mercúrio pelos garimpeiros se apresentam como os maiores responsáveis pelo assoreamento e contaminação, pois grande parte desses rejeitos são arrastados pelas chuvas e depositados no fundo do rio, ocasionando o desvio dos cursos dos rios menores prejudicando outras atividades econômicas, entre elas, a pesca. Esse fato motivou duas Instituições de pesquisa a coletarem amostras de água em toda extensão principal do rio, e os resultados apontaram valores elevados de metais, principalmente mercúrio. Para a aplicação dos dois métodos de valoração utilizou-se o levantamento de custos tangíveis por preço de mercado para repor o serviço ambiental e prevenir (evitar) novas contaminações. Dessa forma, para restabelecer o serviço de provisão de água seriam necessários alguns procedimentos, como: reflorestamento, dragagem do rio e implantação de tecnologias limpas. Os custos que envolvem essas ações foram quantificados monetariamente e representam o valor monetário estimado da bacia, podendo subsidiar a tomada de decisão de gestores públicos e contribuir para a formulação de políticas ambientais e setoriais.

**Palavras chave:** valoração econômica; serviço de provisão de água; custo de reposição; custos evitados; bacia do rio Cassiporé (AP).

## **ECONOMIC VALUATION OF SERVICE OF WATER PROVISION IN THE CASSIPORÉ RIVER BASIN, AMAPÁ STATE.**

### **ABSTRACT**

The present study aims to establish values to the services provided in the provision of water in the basin of the Cassiporé River, in Amapá state, in Brazil, by using the Economic Valoration Techniques of the Cost Reposition Method and the Cost Avoidance Method. Both valuation methods are based in the assets substitution market and they take the value of direct and indirect use of the environmental resource shown in the equation of the Total Economic Value – TEV. The quality of the water of the Cassiporé river has been threatened by activities in the exploration of gold that occur in its headwaters. Hydraulic blasting and the use of mercury by the miners are responsible for most of the silting and contamination, since most of the wastes are washed away by rain and deposited on the river bottom, causing the diversion of the course of smaller rivers courses and harming other economic activities, fishing being one of them. Thus, two research institutes collected water samples along the entire course of the main river, and the results showed high values for trace metals, especially mercury. For the application of the two valuation methods, we surveyed all the required and presented tangible costs, which were represented by the market price, to restore the environmental service and to prevent further contamination. Therefore, to restore the environmental service of providing water it was required to adopt certain procedures, such as reforestation, river dredging and deployment of clean technologies. The costs involving these actions were quantified in currency and they represent the estimated financial cost the basin, and they may subsidize public managers when making decisions about public policies, especially regarding environmental ones.

**Key-words:** Economic Valoration; services of provision of water; Cost Reposition; Cost Avoidance; basin of the Cassiporé River.

## **LISTA DE TABELA**

TABELA 1 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA NA BRC	46
TABELA 2 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS TRAÇOS NA BRC	48
TABELA 3 - MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA	54
TABELA 4 - APLICAÇÃO DO MCR NO BRASIL 2000 À 2014	60
TABELA 5 – IDENTIFICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A VALORAÇÃO	73
TABELA 6 - CUSTOS DO MEIO ABIÓTICO (por ha).	77
TABELA 7 - CUSTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO (por ha).	77
TABELA 8 – CUSTO TOTAL DA RECUPERAÇÃO FLORESTAL	77
TABELA 9- CUSTO DE DRAGAGEM DE SEDIMENTOS DA BRC	78
TABELA 10 - CUSTO DA IMPLANTAÇÃO DO SEPARADOR GRAVITACIONAL	79

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO CASSIPORÉ.	43
FIGURA 2 - VALOR ECONÔMICO TOTAL - VET	52
FIGURA 3 – ETAPAS PARA A ESTIMAÇÃO DO MCR	59
FIGURA 4 - GARIMPO DE LOURENÇO (AP)	66

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BRC	44
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANVS/MMA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária/ Ministério do Meio Ambiente
BRC	Bacia do Rio Cassiporé
CFEM	Contribuição Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
COOGAL	Cooperativa dos Garimpeiros
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FGV/GVces	Fundação Getúlio Vargas/ Centro de Estudos em Sustentabilidade
FLOTA	Floresta Estadual do Amapá
IAP	Índice de Abastecimento Público
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente de Recursos e Naturais e Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEPA	Instituto Estadual de Pesquisa do Amapá
IQA	Índice de Qualidade de Água
IVA	Índice de Proteção a Vida
MCE	Método de Custos Evitados
MCR	Método de Custo de Reposição
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e energias
ONU	Organização das Nações Unidas
PLG	Permissão de Lavra Garimpeira
PRAD's	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas
SEMA/MT	Secretaria do Meio Ambiente do Mato Grosso
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UC's	Unidades de Conservação
UF's	Unidades Federativas
UNEP	United Nations Environment Programme
VET	Valor Econômico Total

## LISTA DE SÍMBOLOS

Au	Ouro
Cd	Cádmio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Hg	Mercúrio
HgS	Sulfeto de Mercúrio
NO <sub>3</sub>	Nitrato
O.D	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
S.T.D	Sólido Total dissolvido
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1 MINERAÇÃO, SOCIEDADE, ECONOMIA E MEIO AMBIENTE</b>	<b>18</b>
1.1 EXTRAÇÃO MINERAL	18
1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DO SETOR MINERAL	20
<b>1.2.1 O caso Mariana, Município de Minas Gerais</b>	23
<b>1.2.2 Efeitos do mercúrio no meio ambiente</b>	25
<b>1.2.3 Medidas de controle e redução do uso de mercúrio</b>	28
1.3 PANORAMA SOCIOECONÔMICO DA ATIVIDADE DE GARIMPO	30
<b>1.3.1 Conflitos que permeiam a atividade de garimpo</b>	33
<b>2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS</b>	<b>36</b>
2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	36
2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS	36
<b>2.2.1 Qualidade das águas superficiais no Brasil</b>	37
<b>2.2.2. Características hidrográficas da Amazônia</b>	39
2.3 REGIÃO HIDROGRÁFICA DO AMAPÁ: BACIA DO RIO CASSIPORÉ (BRC)	41
<b>2.3.1 Caracterização da área</b>	41
<b>2.3.2 Resultados das análises das amostras de água na BRC</b>	44
<b>3 VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL: ESTADO DAS ARTES</b>	<b>50</b>
3.1 MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA	53
<b>3.1.1. Mercado de bens substitutos</b>	54
3.2 MÉTODO CUSTO DE REPOSIÇÃO (MCR)	55
3.3 MÉTODO DE CUSTOS EVITADOS (MCE)	60
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS: CONTEXTO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS.</b>	<b>64</b>
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	64
4.2 ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO MINERAL EM LOURENÇO (AP)	65
4.3 MEDIDAS MITIGADORAS NA REGIÃO DE GARIMPO EM LOURENÇO (AP)	71
4.4 PROCESSO PARA O LEVANTAMENTO DOS CUSTOS	72
4.5 PROCEDIMENTOS PARA O ESTABELECIMENTO DO VE	73
<b>5 VALOR DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA: UMA PROPOSTA PARA A BRC</b>	<b>75</b>
5.1 CUSTO DE REPOSIÇÃO DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA	75
5.2 CUSTOS DA PREVENÇÃO DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA	78
5.3 CÁLCULO DO VALOR ECONÔMICO (VE)	79

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>84</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>88</b>

## INTRODUÇÃO

A valoração econômica dos serviços ambientais vem sendo muito utilizada na economia ambiental nas últimas décadas. Fundamentada na teoria econômica neoclássica do bem-estar, a valoração econômica ambiental pode ser ferramenta útil para auxiliar gestor público na tomada de decisões relacionadas as políticas públicas, especialmente as ambientais. Ao mesmo tempo, ela oferece subsídios técnicos para uma exploração racional dos recursos naturais visando a sua conservação.

Os serviços prestados pelos ecossistemas ao ser humano, apesar de essenciais ao seu bem-estar, em geral, não são negociados em mercados tradicionais e, em consequência, não possuem preços de mercado. Entre esses serviços ecossistêmicos, destaca-se o serviço de provisão de água. Ao não possuir preço, por não estar relacionado ao sistema de mercado, a valoração econômica ambiental pode suprir informações relevantes para a tomada de decisões por meio da aplicação de seus vários métodos com o objetivo de estabelecer uma aproximação do valor monetário daquele serviço ecossistêmico.

Nesta dissertação aplicamos métodos de valoração econômica para evidenciarmos as consequências para uma comunidade da exploração mineral com impactos significativos sobre a oferta de água. O garimpo de ouro localizado na nascente do rio Cassiporé, no distrito de Lourenço, no município de Calçoene, Estado do Amapá, vem apresentando ameaça ao serviço de água na Bacia do Rio Cassiporé (BRC).

A atividade de exploração artesanal de ouro, apesar de ser naturalmente impactante ao meio ambiente, tem-se agravado pelo uso de métodos ainda muito precários. Isso leva a degradação da área e a redução do serviço de provisão de água devido à retirada da mata ciliar, provocando o assoreamento do rio e a sua contaminação em razão do uso de mercúrio por garimpeiros no processo de amalgamação. As comunidades localizadas no entorno da BRC são: Lourenço (1.866 pessoas); Assentamento do Carnot (896 pessoas); o Assentamento Primeiro do Cassiporé (2.497 pessoas); Vila Velha (226 pessoas); e a Vila Taperebá (três famílias e a presença de outros moradores localizados às margens do rio). Essas comunidades são constituídas, em sua maioria, por ribeirinhos, pescadores artesanais, pequenos produtores agrícolas e garimpeiros. Elas têm o serviço ecossistêmico de água como essencial para o desenvolvimento de suas atividades.

Não obstante a população local vem percebendo a redução na quantidade do pescado de médio e grande porte para venda e consumo ao longo dos últimos anos. O garimpo tem sido considerado o maior responsável por isto devido ao desmatamento, assoreamento da área e contaminação do Rio pelo uso do mercúrio. Além disso, esta situação vem causando ameaça às outras atividades ali desenvolvidas, como a agricultura de subsistência, pecuária, criação de animais de pequeno e médio porte, do uso de pequenas embarcações para transporte, além da ameaça à saúde da comunidade através da ingestão de peixes contaminados.

Estimar o valor econômico dos efeitos negativos do garimpo de ouro é o objetivo geral desta pesquisa. Como será detalhado na sequência do texto, bens e serviços ambientais são valorados baseados nos seus atributos de uso (direto e indireto) e de não uso (valor de existência) por meio de diferentes métodos. Entre eles, o Custo de Reposição (MCR) do ativo ambiental danificado e os Custos Evitados (MCE) ou caso queira, nos gastos preventivos. Ambos são classificados como métodos da função de produção tendo como base para a sua valoração mercado de bens substitutos, a fim de não reduzir a qualidade do bem ou serviço ambiental.

Nesse contexto, podemos explicitar como hipótese de trabalho desta dissertação que: é possível estimar o valor econômico do serviço de provisão de água por meio dos custos incorridos para a reposição da área de floresta e da dragagem do rio e por meio dos custos evitados em atividade de garimpo sem o uso do mercúrio. Podemos, então, destacar que nosso objetivo geral é estimar o valor econômico do serviço de provisão de água da BRC por meio dos métodos de custo de reposição e custos evitados. Finalmente, listamos nossos objetivos específicos com a presente dissertação.

- Identificar as ações necessárias de mitigação para restabelecer o serviço de provisão de água;
- Quantificar monetariamente os custos necessários para repor o serviço de provisão de água da BRC;
- Quantificar monetariamente os custos incorridos na prevenção do serviço de provisão de água da BRC;
- Estabelecer o valor econômico do serviço de provisão de água.

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma breve síntese de estudos sobre mineração e sua contribuição para o crescimento de um país. De maneira complementar, explora-se também a

literatura sobre a degradação ambiental causada pela exploração aurífera, principalmente em termos da poluição das águas dos rios, como vem acontecendo na Bacia do Rio Cassiporé no Amapá, e que muitas vezes podem ser irreversíveis tornando extinto um serviço ecossistêmico de provisão de água.

O segundo capítulo faz uma abordagem acerca da qualidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas, considerando suas características geológicas, especialmente a região hidrográfica da Amazônia. Nessa região há três tipos de classificação de águas: claras, pretas e brancas. Nesta última, enquadra-se a BRC, em estudo, que encontra-se ameaçada pelo assoreamento e perda de sua qualidade devido a poluição por mercúrio proveniente do garimpo. Neste mesmo capítulo é abordado a realização de duas pesquisas nos anos de 2011 e 2013 de coleta de amostras de águas em toda jusante do principal Rio, que teve como objetivo saber como encontra-se o nível de qualidade da bacia baseados em alguns indicadores da qualidade de água. Os resultados obtidos foram comparados neste estudo aos valores que geralmente são encontrados em outros rios que apresentam as mesmas características de águas brancas da bacia

O terceiro capítulo apresenta todo um arcabouço teórico no qual se baseia a economia ambiental para dar sustentação aos métodos de valoração econômica quando se trata de estimar monetariamente o serviço de provisão de água na BRC. Verificamos que métodos de valoração econômica podem ser classificados de diferentes maneiras. Não obstante dois entre esses métodos o Custo de Reposição e o Custos Evitados, são baseados em mercados substitutos, ou seja, utilizam bens e serviços que apresentam preço de mercado para quantificar monetariamente o recurso ambiental. Esses são os métodos aqui aplicados.

O quarto capítulo, materiais e métodos inicia fazendo uma recapitulação dos temas abordados nos capítulos 1, 2, e 3. Logo depois, faz uma caracterização da área de garimpo em Lourenço, apresentando as medidas mitigadoras que já foram realizadas anteriormente na região, em seguida, apresenta um quadro com as indicações dos métodos de valoração à serem utilizados em cada procedimento para restabelecer o serviço, e finaliza com a construção da equação do Valor Econômico - VE do serviço, agregando todos os custos incorridos.

O capítulo 5 finaliza com o levantamento de todos os custos representados em reais, reunidos em tabelas referentes as ações para restabelecer o serviço. Esses custos são detalhados ao longo de três seções do Capítulo. A seção (5.1) destaca os

procedimentos necessários para restabelecer o serviço e o levantamento dos custos envolvidos para o reflorestamento da área desmatada e o processo de dragagem dos sedimentos depositados no fundo da bacia pelo MCR. A seção (5.2) destaca os procedimentos e o levantamento dos custos para a implantação de tecnologia limpa em substituição ao uso do mercúrio no garimpo. E finalmente, a seção (5.3) apresenta os custos de reposição e da prevenção do serviço aplicados na equação do Valor Econômico (VE). Logo em seguida há uma breve discussão sobre o valor encontrado.

## 1 MINERAÇÃO, SOCIEDADE, ECONOMIA E MEIO AMBIENTE

A mineração é uma atividade de natureza essencialmente econômica, antiga e muito lucrativa com investimentos altos e retorno garantido e que sempre trouxe muitos benefícios e conforto para a sociedade. No Brasil, ela é responsável por uma parcela significativa do emprego e da renda gerada. Essa relevância pressiona o setor público a investir em infraestrutura de transporte e na construção de estradas para a área de garimpo. Pressiona, também, para o estabelecimento de reservas garimpeiras e o aumento das taxas de importação de ouro para encorajar a produção doméstica (PEREIRA, 1991 apud BEZERRA, VEERÍSSIMO e UHL, 1998).

Apesar de sua importância econômica, a mineração provoca impactos significativos sobre a base natural do país. Segundo Caheté (1995) esses impactos ocorrem a nível físico, químico e biológico no meio ambiente e nas populações humanas. Essa degradação se manifesta na retirada de matas ciliares, modificação da paisagem e do percurso do rio, erosão dos solos, perda da fauna aquática e flora. Acrescenta-se a esses os problemas sociais derivados desse tipo de atividade nas regiões onde estão localizadas.

### 1.1 EXTRAÇÃO MINERAL

Podemos definir mineração como a extração de minerais existentes nas rochas e/ou no solo e uma atividade fundamentalmente de natureza econômica. Segundo Carvalho et al (2009) a Organização das Nações Unidas (ONU), define mineração como sendo extração, elaboração e beneficiamento de minerais que se encontram em estado natural sólido, líquido e gasoso. Segundo Da Silva (2005) podemos classificar o setor mineiro em dois tipos de atividade de extração mineral: a mineração e a garimpagem.

A mineração está associada a uma “indústria extrativa de minérios” e a segunda às técnicas rudimentares de extração de minérios (FIGUEIREDO, 1984 apud DA SILVA, 2005). Fundamentalmente esta divisão de atividade está relacionada ao número de trabalhadores, sua organização e o número de minério lavrado. De tal forma, que a garimpagem possui um número menor de trabalhadores com técnicas mais rudimentares e com uma produção relativamente menor em comparação a mineração. No entanto, este conceito fica sem sentido quando notadamente observa-se garimpeiros organizados em cooperativas utilizando máquinas, equipamentos e

técnicas sofisticadas para lavra e beneficiamento (MELLO, 1991 apud DA SILVA, 2005).

Atualmente, os países com maior potencial mineral são o Canadá, China, Estados Unidos, Austrália, Federação Rússia e o Brasil. Este último, por sua vez, possui uma grande diversidade de recursos minerais graças ao seu potencial geológico, e vem se mantendo como um dos maiores detentores de minerais metálicos e não-metálicos (DA SILVA, 2005) tanto para uso doméstico como para a exportação, o que possibilita seu poder de barganha em outros setores industriais.

Segundo Chaves (2002), o Brasil é o maior produtor mundial de nióbio (92% da produção), tantalita (22%), minério de ferro (20%), manganês e grafite (19%), caulim (8%), rochas ornamentais, talco e vemiculita (5%).

A mineração artesanal de ouro no Brasil produz na faixa de 6 toneladas de ouro/ano e emprega cerca de 200.000 pessoas, sendo que a maior parte delas se localizam na Amazônia (SOUSA et al., 2011, p. 742, tradução nossa). A outra parte da produção, fica por conta de um pequeno grupo de quatro empresas mineradoras, entre elas, destaca-se a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). O número reduzido dessas empresas é devido ao pouco espaço no setor para pesquisa de outros grupos.

Garimpo e garimpeiro (atividade e agente econômico) são uma das ocupações mais antigas no mundo e consideradas muito lucrativas e os investimentos realizados nessa área sempre foram muito elevados com retorno garantido. Além disso, garimpo exerce muita influência no processo migratório de muitas regiões e na formação de novos povoamentos, sendo assim um vetor importante para o desenvolvimento regional. É no contexto do seu impacto sobre o desenvolvimento econômico de uma região que podemos relacionar nossa análise com a Amazônia brasileira.

A garimpagem vem sendo praticada na Amazônia desde o século XVI. Não obstante, foi nas últimas três décadas do século XX que ela criou notoriedade. A crise ocorrida em 1973 com o aumento do preço do petróleo estimulou as atividades de garimpo na região, tanto que neste período foram produzidas 487 toneladas de ouro (Ministério das Minas e Energias - MME, 1993 apud BEZERRA, VERÍSSIMO e UHL, 1998). Essas atividades se expandem ainda mais ao final de 1979 com a elevação da cotação do ouro no mercado internacional (RAMOS e PEREIRA FILHO, 1996).

No período de 1990, segundo ainda Ramos e Pereira Filho (1996) 60% da produção nacional eram provenientes da região amazônica. No entanto, nesta mesma

década houve um declínio da produção de ouro, chegando em 2003 com um índice mais baixo das últimas três décadas: 40 toneladas/ouro. A partir de 2005, a sua produção passou a aumentar, em 2010 foram 62 toneladas e em 2011 foram 65 toneladas (KUGLER, 2013).

A crise econômica mundial ocorrida em 2008 dobrou o preço do ouro o que fez com que o governo brasileiro voltasse sua atenção para este setor investindo pesadamente para dobrar a produção nacional até 2017, o que elevaria o Brasil da 11ª posição para a 7ª na produção mundial de minério (KUGLER, 2013)<sup>1</sup>. Chaves (2002) argumenta que a maior produção ainda vem dos garimpos.

Verifica-se também que nas grandes minerações o padrão tecnológico é internacional, diferentemente do que é visto nos garimpos de pequenas minerações, a situação tecnológica é precária, traduzindo em perdas significativas do metal e situação desumana de trabalho (CHAVES,2002). Nesta área de atuação aurífera ainda há muito o que ser feito, principalmente no campo da engenharia a fim de desenvolver técnicas para a implementação de novos métodos densitários<sup>2</sup> para garimpeiros para a modificação do processo de amalgamação.

## 1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DO SETOR MINERAL

Degradação ambiental refere-se às modificações impostas pela sociedade aos sistemas ecológicos naturais (NOFFS, 2000). Essa degradação além de promover modificações nas características originais do meio ambiente ainda compromete o bem-estar da sociedade. Na maioria das vezes, essa alteração excede o limite de recuperação natural necessitando da intervenção humana para a sua recuperação (NOFFS, 2000).

De acordo com a dinâmica natural dos sistemas ecológicos, estes sofrem também algumas alterações ligados a processos naturais, tais como a força da natureza, enchentes, furacões e incêndios provocados pela seca. No entanto, a degradação ambiental está relacionada as atividades humanas (DA SILVA, 2005).

---

<sup>1</sup> O Brasil é um importante produtor de recursos minerais, tanto para uso doméstico como para exportação. Esta situação advém do fato de possuir uma posição estratégica geologicamente o que possibilita seu poder de barganha de outros setores industriais. Segundo dados de Chaves (2002), o país é o maior produtor mundial de nióbio (92% da produção), Tantalita (22%), minério de ferro (20%), manganês e grafite (19%), caulim (8%), rochas ornamentais, talco e vemiculita (5%). Segundo dados de 2000, a produção mineral brasileira era de US\$ 9,3 bilhões (excluindo petróleo e gás).

<sup>2</sup> Separa as partículas de diferentes densidades, tamanhos e formas uma das outras por ação de gravidade, por forças centrífugas ou por força conjuntas.

Dentre as diversas atividades econômicas, a extração mineral é considerada uma das principais responsáveis pela degradação do meio ambiente. Seus efeitos físicos provenientes da retirada de matas ciliares e dos desmontes de barrancos<sup>3</sup> reflexo da montagem de uma infraestrutura para adaptação da atividade, promovem a modificação dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, bem como e a liberação de grandes volumes de silte e argila que provocam alterações nas condições físico-químicas da água (CAHETÉ, 1995).

A poluição proveniente do uso de detergentes, sabão em pó (lavagem de roupas, louças, caixas de coleta), do derramamento de óleo e combustível das máquinas e do uso de mercúrio no processo de amalgamação; e o assoreamento que leva a alteração dos cursos naturais de água, são considerados como os dois principais efeitos físicos ocasionados nos recursos hídricos e que podem levar a inundação de áreas ou a formação de grandes poças d'aguas. Além disso, ausência de predadores promovido pelo desmatamento, torna propício à proliferação de larvas de insetos transmissores da malária (CAHETÉ, 1995).

No capítulo dedicado ao meio ambiente na Constituição Federal (BRASIL, 1988) no parágrafo 2º do artigo 225 estabelece que, quem explora os recursos naturais tem de recuperar o meio ambiente degradado a uma condição aceita pelas autoridades públicas, partindo do princípio do “poluidor-pagador.” O não cumprimento sujeita o transgressor às sanções penais e administrativas independentes das obrigações de reparação dos danos ambientais. Dessa forma, quando uma empresa recebe a licença ambiental no estágio inicial, logo se é exigido o Plano de Recuperação da Área (SOUSA et al., 2011, p. 744, tradução nossa).

As licenças concedidas a grandes indústrias e a garimpeiros são diferentes. De acordo com Sousa et al (2011, p. 747, tradução nossa), na mineração artesanal exige-se licenciamento específico, voltado para a questão do solo, água, depósitos de ouro e outros minerais. O requerimento para Permissão de Lavra Garimpeira – PLG será pleiteada ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Por Lavra entende-se de acordo com o Código de Mineração, Capítulo III do artigo 36 “O conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração de substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas” (BRASIL, 2011, p. 19). Logo depois, a Permissão de Lavra que será

---

<sup>3</sup> Utilização de fortes jatos d'água nas margens ou encostas em terra firme (Caheté, 1995)

obtido por brasileiro ou cooperativa de garimpeiros, autorizadas a funcionar como empresa de mineração sob as condições determinadas pelo Artigo 7º Regulamenta a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e dá outras providências (BRASIL, 1989). O Código permite a Cessão ou Transferência das atividades desde que o cessionário satisfaça os requisitos legais exigidos por Lei e devidamente averbado pelo DNPM.

Já no caso de grandes empresas de mineração de acordo com Sirotheau e Barreto (1999 apud Sousa et al., 2011, p. 744, tradução nossa) existem basicamente 3 tipos de licenças ambientais concedidas nas diferentes fases de implantação e operação para uma empresa:

1. Licença Prévia (LP): solicita-se em uma fase preliminar dos estudos de planejamento empresa e de viabilidade;
2. Licença de Instalação (LI): solicita-se sobre o desenvolvimento do projeto, incluindo a construção e extração de matérias-primas para testes preliminares, e quando os controles ambientais estão em vigor;
3. Licença de Operação (LO): autoriza a empresa a iniciar as operações mantendo controles ambientais em vigor.

Apesar de legislações, planos e ações para combater crimes ambientais e a degradação, essas ações ainda não são o suficiente para reduzir os impactos negativos, o que favorece, de acordo com dados de Barreto (2003 apud SOUSA et al., 2011, p. 745, tradução nossa), a ilegalidade dos garimpos artesanais que chegam a quase 90%. Segundo Oliveira (2005 apud SOUSA et al., 2011, p. 745, tradução nossa) o Brasil é um dos poucos países que caracterizam danos ambientais como crime. A Lei apesar de existir, é ainda muito tímida em sua aplicação. “As transgressões ocorridas são encorajadas porque a chance dos poluidores (transgressores) serem pegos é quase nula” (SOUSA et al., 2011, p. 745, tradução nossa) e em raros casos, é que são presos.

A impunidade de crimes ambientais está relacionada principalmente a demora na conclusão dos casos sob processo. Por exemplo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) descumpriu todos os prazos estabelecidos de acordo com a Lei de Crimes Ambientais e a Instrução Normativa 08/2003 do IBAMA (BARRETO et al., 2009). Estes mesmos autores deram como exemplo, que de 34 processos referentes a infrações de Áreas Protegidas, até março de 2008, apenas 3% desses casos haviam sido concluídos, 3% estavam na fase de cobrança administrativa, 24% estavam na fase recursal (administrativa ou judicial), a

maioria que são os 70% estavam em fase de análise antes da homologação com possibilidades do infrator ainda recorrer a outras instancias<sup>4</sup>.

Alguns dos principais acidentes ambientais ocorridos no Brasil estão relacionados com a atividade mineral. Entre acidentes ambientais que deixaram danos a pessoas e ao meio ambiente, estão: a contaminação por material radiativo o Césio 137 em Goiânia no Estado de Goiás; o derramamento de petróleo em Campo Frade na Bacia de Campos, na região norte do Estado do Rio de Janeiro, estima-se que a mancha provocada pelo vazamento no mar tenha chegado a 162 km<sup>2</sup>; e mais recentemente, a mídia nacional e internacional noticiou mais um acidente ambiental ocorrido em Mariana, município de Minas Gerais, causando danos a longo prazo na comunidade inteira.

### **1.2.1 O caso Mariana, Município de Minas Gerais**

O acidente foi ocasionado pela ruptura de duas barragens no Distrito de Bento Rodrigues no município de Mariana, Minas Gerais, tendo como responsável a Empresa Mineradora Samarco. O Promotor de Justiça do Meio Ambiente avaliou o ocorrido como um “desastre sem precedentes”, em que morreram de 15 a 16 pessoas e 45 estão ainda desaparecidas (BLOG G1, 2015). Em nota, a empresa responsável informou que houve um rompimento de sua barragem de rejeitos denominada Fundão, localizada na Unidade de Germano no município de Ouro Preto e Mariana. Ainda não foi possível apurar todas as causas do acidente, que se encontram em investigação até o presente momento desta pesquisa.

Para a Empresa Mineradora o incidente ocorrido se justifica pelos pequenos tremores registrados há duas horas antes do rompimento. Fato este observado também pelo Laboratório Sismológico da Universidade de Brasília que registrou dois

---

<sup>4</sup> A demora do Ibama e demais outras Instituições, está relacionado a escassez de profissionais e do subaproveitamento de seu tempo. Também na esfera judiciário encontramos o mesmo problema. De 51 processos de crime ambiental no Estado do Pará, foi constatado que dois terços estavam em tramitação, 15% haviam prescritos e 4% resultaram da absolvição por falta de prova e apenas 14% resultaram em punição (BARRETO et al., 2009). A tramitação dos casos de crimes ambientais envolve um período muito longo que inicia com a fase de pré-investigação e tem uma duração de aproximadamente 6 anos. Barreto et al. (2009) observa que se os acusados desses crimes fossem condenados à pena mínima, eles estariam livres, pois o prazo para prescrição (de dois ou quatro anos) é menor do que a duração média dos processos neste estudo. A falta de pessoal qualificado e de ação estratégica são os maiores responsáveis pela demora e impunidade dos crimes ambientais. Toda essa ineficiência no Judiciário ocasiona uma baixa arrecadação de multas emitidas pelos órgãos ambientais, visto que, estes recorrem ao judiciário para cobrá-las (BARRETO et al., 2009). Inclusive, o Ibama é apontado como o campeão de multas não arrecadadas, com 11,8 bilhões, ou 58% do total <http://veja.abril.com.br/acervodigital/> Acesso: 30 de Janeiro de 2016.

tremores próximo à área de baixa magnitude e que estão sendo averiguados para determinar se esses tremores ocorridos são atribuídos eventos naturais ou desencadeados pelos reservatórios de rejeitos. De acordo com o Engenheiro da Samarco, a última vistoria realizada na área não apresentou ameaça de perigo, no entanto, o Laudo Técnico (Instituto Prístino, 2013) constatou que o risco foi detectado porque o contato entre pilhas de rejeitos e a barragem não é recomendado por causa do risco de desestabilização do maciço da pilha e da potencialização dos processos erosivos.

De acordo com o relato do Prefeito de Mariana, o prejuízo com esse rompimento está em torno de R\$ 100 milhões<sup>5</sup>, incluindo perda de infraestrutura, dano ambiental, casas, pontes, escolas e etc. O Distrito de Bento Rodrigues foi todo destruído, além de outros distritos de Mariana, como Águas Claras, Ponte do Gama, Paracatu e outras mais, inclusive o Estado do Espírito Santo foi atingido com a falta de água potável. Conforme o Laudo Técnico Preliminar (BRASIL, 2015), este está acompanhando o acidente, in loco, desde 06/11 e pode constatar os seguintes dados:

- Mortes de trabalhadores da empresa e moradores das comunidades afetadas, sendo que algumas ainda restam desaparecidas;
- Desalojamento de populações; devastação de localidades e a consequente desagregação dos vínculos sociais das comunidades;
- Destruição de estruturas públicas e privadas (edificações, pontes, ruas etc.);
- Destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas; I
- Interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas (Candonga, Aimorés e Mascarenhas);
- Destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica; mortandade de biodiversidade aquática e fauna terrestre;
- Assoreamento de cursos d'água;
- Interrupção do abastecimento de água;
- Interrupção da pesca por tempo indeterminado;
- Interrupção do turismo;
- Perda e fragmentação de habitats;
- Restrição ou enfraquecimento dos serviços ambientais dos ecossistemas;
- Alteração dos padrões de qualidade da água doce, salobra e salgada;

---

<sup>5</sup> Dados da Secretaria de Obras da Cidade.

- Sensação de perigo e desamparo na população.

Conforme noticiado (BLOG G1, 2015) o DNPM, órgão responsável por fiscalizar barragens de rejeitos, classificou o ferro existente na lama como inofensivo, no máximo causando um turvamento nas águas e uma sedimentação, mas o consumo da água não terá impacto na saúde das pessoas. No entanto, segundo informações do Diretor Geral de Serviços Autônomos de Água e Esgoto (JORNAL HOJE, 2015), as amostras de água coletada apresentaram alto índice de ferro o que inviabiliza o tratamento, além de encontrada grande quantidade de mercúrio que é altamente tóxico. Estima-se que o lançamento de rejeitos foi em torno de 34 milhões de metros cúbicos e 16 milhões<sup>6</sup> restantes continuam sendo carreados para a jusante e em direção do mar (compostos principalmente por óxido de ferro e sílica, areia) (IBAMA/MMA, 2015).

### 1.2.2 Efeitos do mercúrio no meio ambiente

Segundo MMA/ANVS (2010, p. 08) “O mercúrio é o único metal líquido à temperatura do meio ambiente, possui caráter nobre e pode formar compostos orgânicos e inorgânicos”. Como também, “Esse metal possui uma densidade elevada e, ainda possui uma tensão superficial o bastante para fazer com o que seja capaz de formar pequenas esferas perfeitas nas rochas e minerais onde é encontrado” (MMA/ANVS, 2010, p. 08). O seu uso foi impulsionado a partir do século XIX com a revolução industrial (MMA, 2013).

Lacerda (1997) destaca que o Brasil por não produzir mercúrio importa a totalidade de seu consumo. Não obstante, esse metal pode ser encontrado na natureza na forma de minério cinábrio<sup>7</sup>. Inclusive alguns estudos apontam a presença dessa substância em algumas regiões que nunca possuíram garimpo, por exemplo, o rio Negro (SOUZA e BARBOSA, 2000). Por outro lado, o mercúrio pode ser encontrado em alguns equipamentos, tais como, eletrônicos, lâmpadas, material de consumo domiciliar e etc. E também no meio ambiente por ações antrópicas através de descartes indevidos de rejeitos industriais ou garimpos.

Estudos anteriores realizado pelo *UNEP Global Mercury Assessment* consideravam apenas em sua avaliação e diagnóstico a contaminação pelo mercúrio

---

<sup>6</sup> O suficiente para encher 20 mil piscinas olímpicas.

<sup>7</sup> Forma como se apresenta o mercúrio na natureza contendo sulfeto de mercúrio (HgS). (SOUZA e BARBOSA (2000)

na atmosfera. A partir de 2013 o Relatório abordou a contaminação aquática do mercúrio como uma primeira tentativa de compilar um inventário mundial de emissões de mercúrio para ambientes aquáticos. Dessa forma foi possível constatar que lançamentos dessa substância nas águas, apresentam uma composição química predominantemente inorgânica diferente dos que são liberados pelo ar em forma gasosa. Apresentando desta forma, um risco maior para a saúde humana e para o meio ambiente (ANVS/MMA, 2010).

Segundo o Relatório da UNEP (2013) em seu estudo, foi possível estabelecer uma estimativa de lançamentos de mercúrio em fontes pontuais e difusas. Embora a primeira apresente dados mais seguros porque utilizou para o ambiente aquático a mesma metodologia de avaliação de emissões dessa substância na atmosfera, ela pode correr o risco de omitir informações de lugares onde o índice de contaminação das águas é mais elevado que a contaminação da atmosfera. Estima-se que lançamentos globais a partir de fontes pontuais foram de 185 toneladas/ano e para fontes difusas 8,3-33,5 toneladas/ano.

Lacerda e Malm (2008) dividem os poluentes que causam danos ao meio ambiente em dois grupos. O primeiro, inclui substâncias presentes nos efluentes de grandes áreas urbanas, como no caso, o lixo, devido ao seu tratamento inadequado ou inexistente de esgoto sanitário, tendo como exemplo, os rios, estuários e áreas costeiras que são os mais afetados pelos contaminantes dessa fonte. O segundo grupo é composto pelos poluentes de origem industrial e da mineração que incluem substâncias tóxicas, como, os metais, gases de efeito estufa e poluentes orgânicos, principalmente aqueles gerados pela queima de petróleo.

Os danos causados por este segundo grupo são bem maiores que o primeiro, destacam ainda Lacerda e Malm (2008). Isto porque, diferentemente daquele, o efeito deste primeiro grupo geralmente acontece em nível local, ou no máximo regional, e o do segundo grupo pode afetar o ambiente em escala global e por um período de tempo mais longo, no caso os metais, em especial, o mercúrio. Dificilmente é possível determinar com exatidão o tempo necessário para o desaparecimento total dos efeitos desse contaminante. A razão disso, está relacionada ao fato que ainda não são conhecidas a fundo todas as respostas dos ecossistemas naturais a exposição crônica desses contaminantes, especialmente, os metais que não se diluem fáceis, podendo ficar presentes nos rios por décadas ou mesmo séculos (LACERDA e MALM, 1998).

O mercúrio (Hg) quando depositado no rio e associado ao material particulado em suspensão, encontra condições biogeoquímicas ideais para a metilação (MMA, 2013). Isto ocorre devido a diversos fatores, entre eles, está o elevado teor de matéria orgânica transportado ao longo de seu curso, condições ótimas de temperatura e potencial redox que favorecem intensa atividade microbiana (MARINS et al., 1996; LACERDA et al., 2002; VAISMAN e LACERDA, 2003 apud MMA, 2013). Estudos apontam que o mercúrio possui o poder de resistência ao longo do tempo no organismo das pessoas, e a exposição desta substância no organismo vai acumulando (bioacumulação) aumentando o teor de mercúrio na cadeia alimentar.

Segundo o MMA (2013), cerca de 90% do mercúrio presente em organismos de nível trófico elevado encontra-se sob a forma de metilmercúrio. Significando dizer, que a principal via de exposição humana ao mercúrio ocorre no consumo de organismos aquáticos contaminados, principalmente peixes de nível trófico superior (LACERDA e MALM, 2008). Uma vez o mercúrio absorvido passa na corrente sanguínea é oxidado e forma compostos solúveis, os quais se combinam com as proteínas sais e álcalis dos tecidos.

À medida que o mercúrio passa ao sangue, liga-se às proteínas do plasma e aos eritrócitos, distribuindo-se pelos tecidos e concentrando-se nos rins, fígado e sangue, medula óssea, parede intestinal, parte superior do aparelho respiratório mucosa bucal, glândulas salivares, cérebro, ossos e pulmões (ANVS/MMA, 2010, p. 13).

De acordo com testes realizados por cientistas em 1997, concluíram que o vapor do mercúrio inalado por animais produziu uma lesão molecular no metabolismo de proteína do cérebro, que é semelhante a 80% das lesões encontradas em humanos com doença de Alzheimer (ANVS/MMA, 2010), visto que, o mercúrio entre outros metais, é o que apresenta mais toxicidade. A razão disso é que ele é o único metal capaz de sofrer biomagnificação em quase todas as cadeias alimentares, ou seja, sua concentração aumenta conforme aumenta o nível trófico da espécie (UNEP, 2002 apud LACERDA e MALM, 2008). Souza e Barbosa (2000) advertem que o mercúrio ao penetrar no organismo humano se deposita nos tecidos causando graves lesões, principalmente, nos rins, no fígado, aparelho digestivo e sistema nervoso central. Já a inalação por vapores da substância pode acarretar, segundo os mesmos autores, fadiga, anorexia, fraqueza, perda de peso e perturbações gastrointestinais.

O mercúrio é muito utilizado nos garimpos artesanais “na captação de partículas finas do metal nobre formando o amálgama ouro-mercúrio que posteriormente é submetido a queima para separação dos metais” (PINHEIRO et al., 2000, p. 266). O excesso desse metal é levado para o ar ou diretamente para os rios sofrendo processos de metilação e entram na cadeia alimentar. Estudos realizados em populações ribeirinhas dos rios Tapajós e Negro e dos projetos para populações ribeirinhas da Amazônia apresentaram um teor médio de mercúrio elevado<sup>8</sup>. Confirmando assim os riscos do metal no meio ambiente.

### 1.2.3 Medidas de controle e redução do uso de mercúrio

O crescente uso de mercúrio no mundo contribuiu para o aumento do risco de acidentes ambientais, sendo motivo de preocupação por parte das autoridades ambientais na maioria dos países (MMA, 2013). Essa preocupação oportunizou o surgimento de algumas iniciativas voluntárias que deram andamento na implantação de planos, projetos em nível nacional e internacional (MMA, 2013) para a redução do uso da substância. Entre eles, destacam-se:

- *United Nations Environmental Programme (UNEP)* em 2001 reconhecimento dos efeitos globais, e a necessidade de colaboração internacional;
- União Europeia (UE) em evidência a contaminação do mercúrio, foram definidas várias medidas, entre elas, o fechamento da maior mina de mercúrio no mundo, situada em Almadém, na Espanha;
- Iniciou-se a discussão para a elaboração de um instrumento legal global (2009) juridicamente vinculante, no âmbito internacional visando reduzir a emissão, a comercialização e a mineração do mercúrio, além dos aspectos relacionados à recuperação de áreas contaminadas e a estocagem adequada do mercúrio (Hg) e seus resíduos.

Uma das iniciativas mais importantes aconteceu em 2013, em Genebra, na Suíça, à Convenção de Minamata onde os principais destaques estiveram relacionados a proibição de novas minas de mercúrio, a eliminação progressiva das já existentes, medidas de controle sobre as emissões atmosféricas e a regulamentação internacional sobre o setor informal para a mineração artesanal e de ouro em pequena escala<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Os resultados podem ser observados no trabalho publicado por Malm (1998).

<sup>9</sup> <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/07/brasil-controlara-uso-de-mercurio-no-pais>

A preocupação com o uso do mercúrio no Brasil esteve presente desde o início da década de 1970, estabelecendo limites de consumo de mercúrio em frutas, hortaliças e legumes, e logo depois, o uso de agrotóxicos contendo metilmercúrio, etilmercúrio e outros compostos de alquilmercúrio (MMA/ANVS, 2010). As diversas leis existentes no Brasil que buscam atentar quanto aos cuidados e restrições em seu uso ainda não conseguiram tratar o mercúrio de forma distinta. Na maioria dos casos, quando se trata de legislação de preservação e de qualidade de água ambiental o mercúrio é abordado em conjunto com outros metais e contaminantes químicos, conforme verifica-se na Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2013).

A Legislação Nacional visa manter a qualidade ambiental através da regulamentação e controle do uso do mercúrio, de seu transporte e a comercialização de substâncias perigosas, a Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos deixa a responsabilidade do gerenciamento e destinação final dos produtos que contêm o mercúrio a encargo das empresas. Como também, a legislação brasileira é flexível permitindo que as medidas de controle e manuseio da substância sejam aplicadas de forma específica por cada Estado para atender as finalidades previstas. No entanto, em alguns casos, ainda deixam margens para alguns equívocos “como o que aconteceu no Estado do Amazonas através da Resolução nº 011/2012, Artigo 220 que liberou o uso do mercúrio nas atividades de garimpo” (KUGLER (2013, p. 32) em contrário as ações do mundo inteiro que tem se movimentado para banir ou impor restrições severas ao uso desse perigoso elemento químico. Logo depois, em razão da grande repercussão que envolveram manifestos institucionais, sociais e jurídicos a resolução foi revogada.

Por esta razão, a fim de sanar alguns equívocos, é proposto que o ideal seria a existência de plano de âmbito nacional ou fontes permanentes de informações, ou mesmo inventários de fontes, centralizados a nível nacional (MMA, 2013). Dessa forma, seria mais viável avaliar os impactos da legislação sobre o mercúrio (Hg) na qualidade ambiental no Brasil nos moldes do que é realizado na União Europeia (EEA, 2012 apud MMA, 2013). Todavia, apesar deste aspecto de aparente desintegração, a legislação e o quadro institucional tem sido suficiente para diminuir consideravelmente as emissões do metal (MMA, 2013).

Isto pôde ser constatado em 2015, quando o país deu o seu primeiro passo na restrição ao uso do mercúrio metálico ratificando seu compromisso junto a Convenção de Minamata através da Instrução Normativa nº 08 (IBAMA/MMA,2015)

que estabelece o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP), bem como, o estabelecimento também de formulários do Relatório de Mercúrio Metálico como instrumento de controle para a produção, a comercialização e o procedimento de solicitação de importação de mercúrio metálico por pessoas físicas ou jurídicas. O Decreto nº 97.634/1989 determina ao IBAMA a responsabilidade de autorizar a importação e gerenciar a produção, a comercialização e o uso de mercúrio metálico no Brasil (BRASIL, 1989).

O Brasil encontra-se diante de um desafio, banir até 2020 o uso de mercúrio em seus produtos. Contudo, a Convenção de Minamata não deixou claro a eliminação ou redução de seu uso nos garimpos, mas estabeleceu o fim do uso em mineradoras produtoras de mercúrio. Esse novo cenário, relacionado ao uso do mercúrio deve motivar o país a buscar mecanismos viáveis para incentivar novos estudos sobre os métodos alternativos em substituição a tradicional forma de lavra garimpeira.

### 1.3 PANORAMA SOCIOECONÔMICO DA ATIVIDADE DE GARIMPO

A garimpagem uma das ocupações mais antigas no mundo surgiu “por volta do século XV impulsionada pelo sonho de bens minerais valiosos, ansiosamente buscados pelos europeus nas terras ainda incógnitas das américas” (BRASIL, 1993 apud MIRANDA et al., 1997, p. 6). Na atualidade, o Brasil se apresenta como uma área geológica propícia à garimpagem permitindo o crescimento da atividade.

De acordo com o DNPM (2010 apud SOUSA et al., 2011, p.742) “a atividade de garimpo artesanal produz na faixa de 6 toneladas ouro (Au) anual e emprega cerca de 200.000 pessoas”. Deste total, a maior parte está localizada na região amazônica resultado das questões socioeconômicas fruto da marginalização social e da falta de políticas públicas adequadas, contribuindo para que muitas pessoas enveredem nesta atividade, principalmente aqueles trabalhadores advindos de áreas rurais sem oportunidade e qualificação adequada que encontram na atividade a única opção de renda. Para outros, “as pessoas optam ir para a mineração, a fim de gerar maior retorno econômico” (HILSON, 2009 apud GEENEN, 2014, p. 90, tradução nossa).

O Artigo 70 define garimpagem, como:

O trabalho individual de quem utiliza instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis, na extração de pedras preciosas, semi-preciosas e minerais metálicos ou não metálicos, valiosos, em depósitos

de eluvião ou aluvião, nos álveos de cursos d'água ou nas margens reservadas, bem como nos depósitos secundários ou chapadas (grupiaras), vertentes e altos de morros, depósitos esses genericamente denominados garimpos (BRASIL, 1967).

O Artigo 71, do mesmo Decreto-Lei, denomina garimpeiro o trabalhador que extrai substâncias minerais úteis, por processo rudimentar e individual de mineração, garimpagem, faiscação ou cata” (BRASIL, 1967).

O Artigo 10, da Lei nº 7.805/89, que alterou o Decreto-Lei no 227/67 e criou o regime de permissão de lavra garimpeira extinguindo o regime de matrícula, define a garimpagem como sendo:

A atividade de aproveitamento de substâncias minerais garimpáveis, executadas no interior de áreas estabelecidas para este fim, exercida por brasileiro, cooperativa de garimpeiros, autorizada a funcionar como empresa de mineração, sob o regime de permissão de lavra garimpeira (BRASIL, 1989).

O mesmo Art. 10 § 1º considera minerais garimpáveis:

O ouro, o diamante, a cassiterita, a columbita, a tantalita e wolframita, nas formas aluvionar, eluvionar e coluvial; a sheelita, as demais gemas, o rutilo, o quartzo, o berilo, a muscovita, o espodumênio, a lepidolita, o feldspato, a mica e outros, em tipos de ocorrência que vierem a ser indicados, a critério do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (BRASIL, 1989).

No § 2º acrescenta que o local em que ocorre a extração de minerais garimpáveis, na forma deste artigo, será genericamente denominado garimpo (BRASIL, 1989).

A fim de representar um marco no direcionamento para a implementação de novas políticas para a regularização da atividade, foi criada a Lei nº 11.685/08 que institui “O Estatuto do Garimpeiro” conceituando este conforme o Artigo 2º.

Toda pessoa física de nacionalidade brasileira que, individualmente ou em forma associativa, atue diretamente no processo da extração de substâncias minerais garimpáveis” e o garimpo como sendo “a localidade onde é desenvolvida a atividade de extração de substâncias minerais garimpáveis, com aproveitamento imediato do jazimento mineral, que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, possam ser lavradas, independentemente de prévios trabalhos de pesquisa, segundo critérios técnicos do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM”<sup>10</sup> (BRASIL, 2008)

---

<sup>10</sup> E “minerais garimpáveis: ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, wolframita, nas formas aluvionar, eluvionar e coluvial, scheelita, demais gemas, rutilo, quartzo, berilo, muscovita, espodumênio, lepidolita, feldspato, mica e outros, em tipos de ocorrência que vierem a ser indicados, a critério do DNPM (BRASIL, 2008).

A garimpagem artesanal além de ser um serviço extremamente desgastante no aspecto físico e psicológico, os garimpeiros sofrem com a falta de condições de trabalho, de saneamento básico, higiene local, assistência médica, como a ameaça de vida em decorrência do risco de desmoronamento dos barrancos e a falta de condições de trabalho. Enquanto os donos ou proprietários do garimpo buscam investir o ganho em pecuária e terra na região<sup>11</sup> os demais empregados gastam sua renda nos bares, festas no próprio local contribuindo para o aumento da violência, da dependência de drogas e prostituição.

O garimpo, na maioria das vezes, é dividido em donos dos garimpos e trabalhadores (executam o trabalho braçal). Esses trabalhadores são, em sua grande parte, oriundos da região nordeste e sul possuindo baixa escolaridade, são do sexo masculino com idade média fica em torno de 34 anos. Eles representam uma parcela significativa da força de trabalho não absorvida pela economia formal (RODRIGUES FILHO et al., 2009). É importante destacar que é difícil precisar um número exato de garimpeiros artesanais no Brasil e por região. A única fonte existente é o Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010) que disponibiliza a distribuição de mão-de-obra por região.<sup>12</sup>

Os donos de garimpo ficam com 70% da lucratividade sobre a produção porque são os responsáveis pelo planejamento e o investimento (custos de montar toda logística). No entanto, a grande parte dos garimpos ainda utiliza equipamentos ultrapassados e alguns são semi-mecanizados apresentando perdas significativas ocasionadas por ausência de uma pesquisa mineral sistemática e a falta de planejamento de extração e do uso de equipamentos rudimentares e mal dimensionados (AMADE e LIMA, 2009). O outros 30% restante da produção são divididos entre os demais trabalhadores<sup>13</sup>.

Geralmente, neste tipo de atividade os donos dos garimpos são os maiores beneficiados e sabem melhor aplicar o seu lucro, diferentemente dos demais trabalhadores de baixa escolaridade que permanecem no mesmo tipo de vida, apenas mudando de uma região para a outra quando o garimpo cessa. Os benefícios

---

<sup>11</sup> <http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz14.htm>. Acesso: 29 de janeiro de 2016.

<sup>12</sup> Sudeste 46,35%; Sul 15,36%; Centro-Oeste 10,29%; Nordeste 15,42% e Norte 12,58%.

<sup>13</sup> Como no caso, o Engenho Podre em Mariana, Minas Gerais de no período de 2006, a renda média ficou em torno de R\$ 624,28 por garimpeiro mês, por 8 horas de trabalho por dia, durante cinco dias e meio por semana (AMADE e LIMA, 2009).

econômicos obtidos pelos mineiros não compensam as deploráveis condições socioeconômicas deixadas nas comunidades formadas pelo garimpo (VEIGA, SILVA e HINTON, 2002).

### 1.3.1 Conflitos que permeiam a atividade de garimpo

Há quase duas décadas atrás Miranda (1997) abordou as questões sociais e econômicas que envolviam as atividades garimpeiras na época. Verifica-se que ainda hoje essas mesmas questões permeiam o dia-a-dia dos garimpeiros. A primeira abordagem é o **conflito entre garimpeiros e empresas de mineração**: ocupação ou invasão por garimpeiros de áreas onde empresas de mineração detém alvarás de pesquisa ou decreto de lavra ou concessão de alvará de pesquisa e decreto de lavra em regiões mineralizadas descobertas por garimpeiros, verificando-se portanto, o inverso da situação anterior.

A segunda abordagem refere-se a conflitos e crises envolvendo **áreas indígenas**: é um assunto polêmico porque envolve algumas instituições, como: Igreja Católica, Organizações Não Governamentais, Fundação Nacional do Índio. Todas elas em defesa daquilo que os índios têm mais de precioso, a terra e os recursos naturais. Nessa situação, evidencia-se conflitos entre índios e garimpeiros por disputa de terra. Inclusive, um desses conflitos que foi denominado o “Massacre dos lanomâmis” no ano de 1993, teve repercussão nacional motivando a criação do Ministério Extraordinário da Amazônia.

A terceira crise está relacionada as **fronteiras internacionais**: os conflitos ocorrem na maioria das vezes na fronteira do Brasil com a Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. As invasões são realizadas por garimpeiros nessas fronteiras que justificam seus atos por meio da alegação que a Amazônia é muito grande, o que torna difícil perceber limites. Com isto, eles acabam estabelecendo-se no país vizinho como empresários ou trabalhadores. Quando não muito, termina em fim trágico, como o fuzilamento de três soldados brasileiros à beira do rio Traíra por grupo Revolucionários da Colômbia – FARC, em 1991.

A quarta causa de conflito envolve **tecnologia de lavra e beneficiamento** porque há a existência de garimpos com diversos estágios tecnológicos que vão da mecanização precária até a mais sofisticada. Neste último caso, há uma desconsideração do conceito de atividade garimpeira: são vistos como “empresas de garimpo” não legalizadas e o beneficiamento realizado, na maioria desses garimpos,

acontece de forma inadequada e precária por falta de informações e orientações técnicas, resultando em perda de quase 50% do ouro.

O quinto refere-se a conflitos envolvendo **relações empresariais e trabalhistas** entre o dono do garimpo e os trabalhadores braçais. O percentual estabelecido para os “donos” e “empregados” variam muito, geralmente se estabelece um acordo informal dependendo do tipo de máquina utilizada, das horas de trabalho, da função do empregado e conforme o tipo de garimpo. Algumas vezes, as equipes precisam trabalhar um ano ou mais sem receber até acontecer o sucesso de bater em uma veia de ouro (GEENEN, 2014, p.93, tradução nossa). Mas antes que isto aconteça, é preciso muito investimento para segurar o empreendimento, a começar pelos agentes que estão à frente do negócio que fazem arranjo de crédito com os comerciantes locais para suprir as necessidades básicas dos trabalhadores.

O sexto conflito está relacionado a **comercialização da produção**: os garimpeiros tentam ao máximo burlar a lei. Por outro lado, na tentativa de evitar o descaminho da produção, o Governo Federal adotou algumas medidas, como a compra de ouro pela Caixa Econômica Federal instalada no próprio garimpo; a redução tributária através de lei para a produção e comercialização de ouro do garimpo; e finalmente, uma das mais importantes e eficiente tributação de apenas 1% a título de Imposto sobre Operações Financeiras (IOF) na primeira operação de venda, considerando o ouro como ativo financeiro, e cotação interna em paridade com a bolsa de Londres<sup>14</sup>.

O sétimo conflito está relacionado a **degradação ambiental**, visto que, a atividade é considerada como transformadora do meio ambiente resultando na poluição ambiental, transtornos e degradação devido a técnicas rudimentares. Os seus efeitos são mais observados na Amazônia Legal por meio do solo, ar, água, fauna e flora. O Governo Federal preocupado com os efeitos que podem ocasionar, procura desenvolver vários projetos na área, como, o Programa de Monitoramento Ambiental das Áreas Garimpadas na Amazônia Legal (DNPM), Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e o Programa de Controle Ambiental da Garimpagem do rio Tapajós (Governo do Pará). Estes Programas permitem um acompanhamento das áreas garimpadas, apesar de ser coletado em regiões limitadas e num determinado tempo.

---

<sup>14</sup> Instituído pela Constituição Federal em seu § 5º do Artigo 153 regulamentado por Lei que Dispõe sobre o ouro, ativo financeiro, e sobre seu tratamento tributário (BRASIL, 1989).

E finalmente, o oitavo está relacionado ao **meio ambiente urbano**: na maioria das vezes, a cidade oriunda desse tipo de exploração passa a ter nela como atividade principal, ou seja, passam a ter o garimpo como carro chefe passando a chamarem-se “cidades-garimpos” repercutindo nisso no preço dos alimentos, no padrão alimentar das pessoas, no preço dos imobiliários, na formação de comércio voltado para a área do garimpo, no surgimento de bares no entorno, prostituição, lixo e violência. Quando os garimpeiros deixam a área em razão da escassez do metal precioso observa-se a falência de grande parte dos comércios montados em razão do garimpo e dificilmente toda essa infraestrutura tem como ser reaproveitada.

## 2 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

### 2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é um recurso natural de grande importância para o homem e para os ecossistemas da natureza. De acordo com Martins (2003 apud DETONI, DONDONI e PADILHA, 2007) três quartos da superfície da Terra são cobertos por água. Desse total apenas 2,5% correspondem a água doce, sendo que 68,9% estão na forma de geleira, e apenas 0,3% da água está acessível para todo o planeta e pode ser consumida direto da natureza.

Contudo este recurso hídrico vem se exaurindo devido às ações antrópicas resultante dos diversos usos no qual ela é destinada, causando impactos nas bacias hidrográficas degradando a sua qualidade, bem como os ecossistemas. Destaca Tundisi (2003) que atualmente a falta de água atinge 26 países, entre eles, estão os Estados Unidos, Iraque, Kuwait, Egito, Bélgica, México, Espanha e etc.

O Brasil apresenta uma situação confortável neste cenário porque possui 12% da disponibilidade de água do planeta (ANA, 2012). No entanto, essa quantidade não é distribuída de maneira igualitária entre as regiões. A região hidrográfica amazônica possui 80% dessa disponibilidade (ANA, 2012). Este mesmo relatório de Conjunturas dos Recursos Hídricos (ANA, 2012) fez um levantamento dos principais reservatórios artificiais brasileiros determinando o volume de reserva per capita do País por região hidrográfica e constatou que o Brasil possui 3.607m<sup>3</sup> do volume armazenado em reservatórios artificiais por habitante. Esse percentual vem ser maior que a média em muitos países que sofrem a falta da água. Mas a Agência Nacional de Águas (2012) ressalta que grande parte desses reservatórios tem como finalidade principal a geração de hidrelétrica.

### 2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Araújo et al. (2003, p.1) “Bacia hidrográfica é área limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes” Por outra definição pode ser:

O conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rio, ou infiltram

nos solos para a formação de nascente e do lençol freático (BARRELLA, 2001 apud TEODORO et al., 2007, p. 138).

Ao longo do tempo foram surgindo vários conceitos para as bacias hidrográficas, mas se observa que a maioria deles possuem a mesma linha lógica baseada na área de concentração de determinada rede de drenagem [...] que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica (TEODORO et al., 2007). Araújo et al (2003, p. 3) acrescentam que “cada bacia se interliga a outra de ordem hierárquica superior, constituindo-se em relação à última uma sub-bacia [...] dentro de uma determinada malha hídrica”. Esta subdivisão permite identificar mais facilmente as poluições difusas e os focos de origem da degradação dos recursos naturais. Para isso, é fundamental conhecer a caracterização de cada bacia, a área de drenagem, a forma da bacia (cumprimento do rio principal), declividade do rio e a declividade da bacia (TUCCI e MENDES, 2006). Podendo ainda acrescentar o clima e a geologia do local.

As bacias hidrográficas exercem um papel importante, principalmente para as pessoas que se encontram nas suas proximidades e que utilizam esse recurso natural para os diversos tipos de atividades. Na visão de Valente e Castro (1981 apud ARAÚJO et al., 2003, p. 4) “a qualidade do corpo d’água está relacionada à geologia, ao tipo de solo, ao clima, ao tipo e quantidade de cobertura vegetal e ao grau de modalidade da atividade humana dentro da bacia hidrográfica”. Para Tucci e Mendes (2006, p. 25) “a alteração da superfície da bacia tem impactos significativos sobre o escoamento; as consequências disso são as enchentes e mudanças nos cursos d’aguas dos rios”. Geralmente essas alterações se dão pelo tipo de uso e manejo do solo, pois o desmatamento tende a aumentar a vazão média em função da diminuição da evapotranspiração, com o aumento das vazões máximas e diminuição das mínimas (TUCCI e MENDES, 2006). Embora os mesmos autores argumentem que podem ocorrer situações diferentes dessas apontadas, que por hora, não serão mencionadas neste estudo.

### **2.2.1 Qualidade das águas superficiais no Brasil**

O território brasileiro apresenta uma enorme extensão territorial com diversificados ecossistemas, situação econômica, cultural e social. Em razão disso o Conselho Nacional de Recursos Hídricos através do Art. 1º “instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional em regiões hidrográficas [...] com a finalidade de orientar,

fundamentar e implementar o Plano Nacional de recursos Hídricos” (CNRH/MMA, 2003).

Dentre as dozes bacias hidrográficas do Brasil a maior é a Amazônica. Esta constitui a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre e tem o Amazonas como seu principal rio. Segundo a Agência Nacional de Águas [201-?] a bacia ocupa uma área na ordem de 6.110.000 km<sup>2</sup>, nascendo nos Andes Peruanos com sua foz no oceano atlântico. Desse total, 45% são territórios brasileiros que incluem os Estados do Acre, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará e o Amapá.

A Lei das Águas que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), constituindo-se em marco institucional no Brasil estabelecendo dessa forma o papel do Estado como regulador desse recurso. Deixando bem definido a importância da qualidade da água em um de seus objetivos no Art.2º, item I no qual “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997).

Contudo a questão histórica sobre a evolução da gestão da qualidade da água no Brasil, não vem apresentando o mesmo destaque que é conferido a sua quantidade. As informações ainda são insuficientes e até inexistentes em algumas bacias. O Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2013) aponta que a região hidrográfica amazônica não possui nenhuma rede de monitoramento da qualidade da água, exceto, a realizada pela ANA que mede apenas quatro parâmetros baseados no Índice de Qualidade de Água - IQA e a realizada pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMA/MT) na Bacia do rio Tapajós.

A maioria dos Estados, inclusive o Amapá, adota o IQA que reflete apenas as contaminações ocasionadas pelos lançamentos de esgotos domésticos porque o tinham como principal preocupação. Entre os parâmetros que são avaliados, estão o oxigênio dissolvido (O.D), coliformes fecais, potencial hidrogênico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, oxigênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total.

O mesmo Relatório (ANA, 2013) apresenta que até 2011, das 27 Unidades da Federação, apenas 17 possuíam monitoramento de qualidade das águas, e desses apenas 8 apresentaram dados suficientes para o monitoramento daqueles pontos porque possuíam uma série com pelo menos oito valores médios anuais de IQA, no período de 2001 a 2011. Em grande parte, geralmente as Unidades da Federação, os

órgãos estaduais de recursos hídricos ou do meio ambiente, ficam responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos adaptando de acordo com as limitações de recursos financeiros disponíveis. De qualquer forma, o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2013)<sup>15</sup> apontou um significativo aumento do número de pontos de monitoramento da qualidade da água na Rede Hidrométrica Nacional e na região das Unidades Federativas – UF's passando de 485 para 1.566, destaque para as redes estaduais que foram acrescentados mais de 1.000 pontos de monitoramento.

Diante deste cenário, a própria Agência de Águas reconhece que é preciso avançar ainda mais no gerenciamento dos recursos hídricos através da criação de um outro Índice Básico de Qualidade de Água. Porém este trabalho já vem sendo desenvolvido nos últimos anos, os avanços obtidos permitiram a elaboração de dois novos índices: Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Proteção da Vida Aquática (IVA). Mas, conforme o Panorama das Águas Superficiais (ANA, 2005, p.19) “A nível nacional, apenas o Estado de São Paulo vem utilizando os IAP e o IVA em seu monitoramento” nas demais regiões ainda não podem ser utilizados porque exigem análises mais específicas de parâmetros que indicam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cobre, zinco, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio, níquel e surfactantes) e parâmetros que afetam a qualidade organoléptica da água (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco) (ANA, 2005).

### **2.2.2.Características hidrográficas da Amazônia**

A Bacia Amazônica “contribui com 18% de toda a água doce despejada nos oceanos, é entrecortada pelo Rio Amazonas e por milhares de outros rios de variados tamanhos, com águas de diferentes propriedades físico-químicas e biológicas” (SIOLI, 1967 apud SMERMAN, 2007, p. 12). Destaca-se por sua imensa variedade de animais e vegetais para as comunidades aquáticas, “propiciando a existência de uma extraordinária ictiofauna, estimada em um total de 2.000 espécies” (FINK & FINK,

---

<sup>15</sup> Este mesmo Relatório acrescenta que algumas UFs melhoraram a qualidade de suas redes, aumentando o número de coleta e os parâmetros avaliados. Contudo, o Estado do Amapá não esteve incluído nesta estatística, já que em 2002 foram identificados 25 pontos de monitoramento com duas coletas anuais, mas, em 2010 esses dados não puderam ser comparados por falta de informações.

1978 apud SMERMAN, 2007, p.12). Segundo o documento intitulado Panorama das qualidades das águas superficiais no Brasil (ANA, 2005) a riqueza do bioma amazônico e sua profunda interação com os corpos d'água fazem com que quaisquer ações desencadeadas no espaço geográfico da bacia produzam efeitos imediatos sobre os recursos hídricos.

Da mesma forma, a coloração de suas águas, que tanto chamam a atenção, são resultado de suas propriedades físico-químicas. Para Walker (1990 apud ANA, 2005, p. 37) “os rios da Amazônia são constituídos por águas claras, brancas e pretas”. As águas brancas consistem de uma aparência barrenta, como os rios Amazonas, Solimões do Amazonas, Purus, Trombetas, Madeira e Juruá – que tem as suas cabeceiras nas regiões andinas. Esses rios possuem uma elevada turbidez e visibilidade em torno de 20cm (SMEMAN, 2007). A cor barrenta é justificada pela grande quantidade de argila que contém em suspensão (OS RIOS AMAZÔNICOS...1977, p. 123) “apresentam uma condutividade média acima de  $6\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , e um pH variando entre 6,5 e 7, devido ao bicarbonato dissolvido na água, que atua como um tampão” (SMERMAN, 2007).

Os rios de águas escuras (pretas) apesar de sua aparência transparente, possuem uma coloração mais escura. Isto acontece porque “não transportam sedimentos, do que resulta não constituírem várzeas às suas margens nem ilhas em seus leitos, a não ser quando recebem afluentes de águas brancas” (OS RIOS AMAZÔNICOS...1977, p. 123). Esses rios de águas escuras são ricos em substâncias húmicas e nascem nos escudos (formações continentais planas) pré-cambrianos das Guianas e do Brasil Central ou nos sedimentos terciários da Bacia (ANA, 2005). Para Os rios amazônicos...

A cor escura das águas dos *rios negros* ou *pretos*, variando do marrom amarelado ao marrom avermelhado, decorre da forte dissolução de substâncias húmicas coloidais que provêm do manto de matéria orgânica em decomposição (*litter*), fornecida pela vegetação florestal que se desenvolve nas áreas inundáveis de suas nascentes e margens, bem como pelos solos podzólicos e arenosos das áreas campestres de suas cabeceiras. As áreas inundáveis destes rios, quando ocupadas por floresta, foram denominadas *igapós* pelos indígenas, e as matas nela existentes, *caaigapós* (matas alagadas, 1977, p. 123).

Segundo Smerman (2007) esses rios possuem uma quantidade alta de ácidos, tornando a sua cor escura e seu pH muito baixo, variando entre 4 e 5,5. Eles também possuem uma baixa concentração de cálcio e magnésio (ANA, 2005). Trata-

se de uma água muito pura quimicamente, com condutividade média chegando a apenas  $8\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (BARTHEM, 2003 apud SMERMAN, 2007). Entre eles, temos os rios Negro, Urubú e Uatumã.

Os rios de águas claras ou de águas limpas se caracterizam pelo “diminuto transporte de sedimentos argilosos, os quais se depositam principalmente a jusante das últimas cachoeiras, corredeiras e rápidos por eles vencidos antes de atingirem a planície terciária” ((OS RIOS AMAZÔNICOS...1977, p. 123). Barthem (2003 apud SMERMAN, 2007, p. 124) acrescenta que esse tipo de água possui elevada transparência e sua visibilidade varia entre 1 a 5m de profundidade [...] apresentam águas puras, com baixa condutividade entre (6 e  $50\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e pH próximo a neutralidade, entre 5 e 6, os exemplos de rios que possuem essas características são os Trombetas, Xingú e o grande Tapajós. O mesmo autor cita outro rio com as mesmas características chamado Teles Pires<sup>16</sup> considerado calmo e o principal afluente do Tapajós e abastece 20% dos municípios que compõem o Estado do Mato Grosso.

Segundo o documento Panorama da Qualidade das Águas Superficiais.

Os rios de “águas claras” carregam pouco material em suspensão e têm aparência cristalina, como os rios Tapajós e Xingu, com origem nos sedimentos terciários da bacia Amazônica ou no escudo do Brasil Central, sendo ácidos e pobres em sais minerais, com baixas concentrações de cálcio e magnésios. Já os rios de “águas claras” que nascem na estreita faixa carbonífera ao norte e ao sul do Baixo Amazonas (Pará) são neutros e relativamente ricos em sais minerais, com alta porcentagem de cálcio e magnésio. Essa notável diferença de coloração das águas dos rios amazônicos revela a diversidade físico-química natural da região hidrográfica (ANA, 2005, p. 37).

## 2.3 REGIÃO HIDROGRÁFICA DO AMAPÁ: BACIA DO RIO CASSIPORÉ (BRC)

### 2.3.1 Caracterização da área

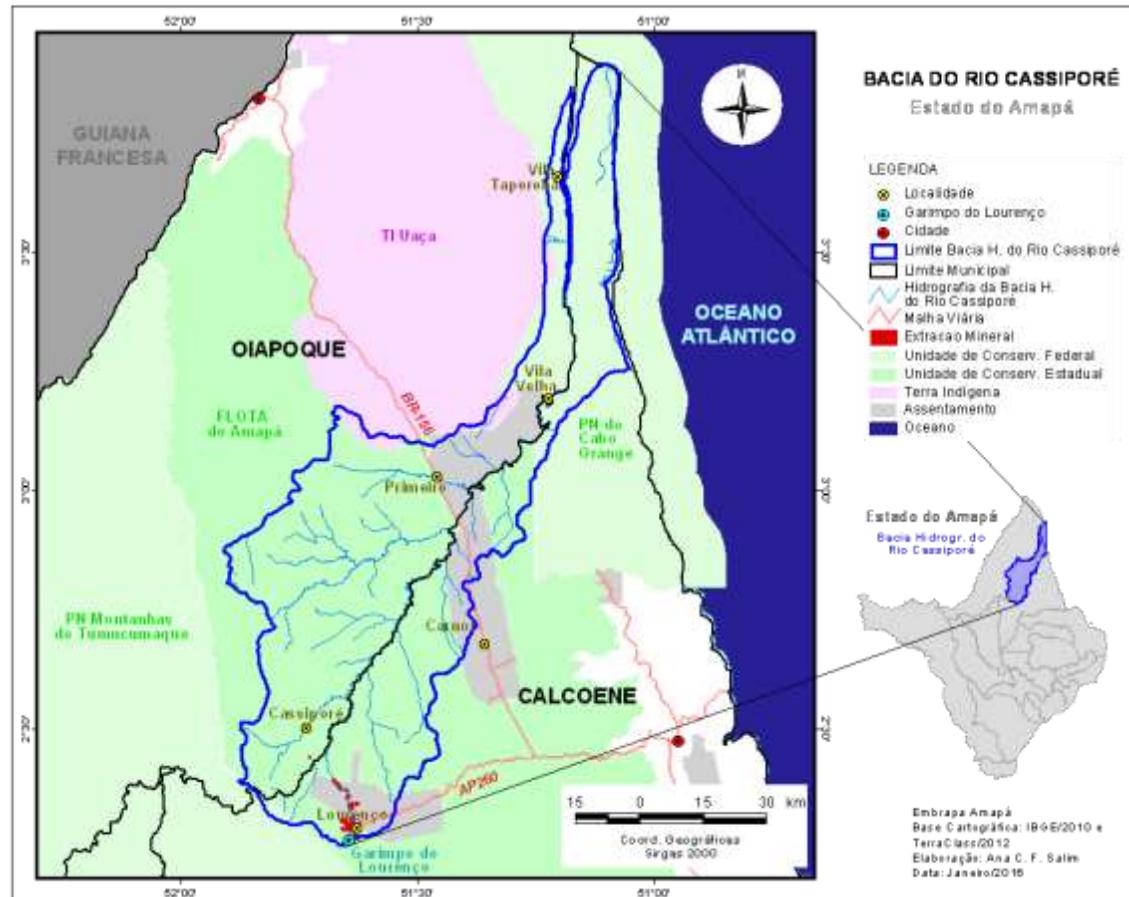
A Bacia Hidrográfica do Amapá está inserida cerca de 39% na região Hidrográfica da Amazônia, apresentando uma rede de canais fluviais de 24.778 km (AMAPÁ 2014). Dentre os rios, destaca-se o Cassiporé constituído como o quinto rio em extensão, com uma área de 5.460,7 km<sup>2</sup>, representando 3,9% da hidrografia no Amapá (AMAPÁ, 2014).

---

<sup>16</sup> Conhecido também como Michel Manuel

O rio Cassiporé é o principal da Bacia do Cassiporé – BRC, localizada na porção norte do Estado do Amapá, totalizando uma área de 5.796,00 km<sup>2</sup>. Está inserida entre duas importantes Unidades de Conservação – UC's: Floresta Estadual do Amapá – FLOTA, considerada a segunda maior UC do Estado e o Parque Nacional do Cabo Orange - PNCO e a Terra Indígena Uaçá. De acordo com Lima (2013) o rio Cassiporé (FIGURA 1) divide a bacia quase que simetricamente em duas partes, ficando 48 % de sua área em Calçoene e 52 % em Oiapoque.

**FIGURA 1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO CASSIPORÉ.**



Fonte: IBGE (2010) e TerraClass (2011). Elaboração Ana C. F. Salim

## QUADRO 1 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BRC

COMPOSIÇÃO	DEFINIÇÃO
Rede Hidrográfica	<p>A bacia é constituída por diversos córregos, rios e lagos todos espaçados, com características de águas brancas, formando uma rede de drenagem de média intensidade com caráter permanente onde todos são rios de porte médio, exceto o rio Cassiporé que é de grande porte (LIMA, 2013). Os rios que fazem parte dessa bacia são: Arari, Cassiporé, Reginá e Varador; os igarapés Elique, Limão, Português, Água Branca pe Primeiro. O rio Cassiporé juntamente com os seus afluentes são responsáveis <math>10^9</math> m<sup>3</sup>/ano e uma descarga de sedimentos em torno de 105 ton/ano lançados no Oceano Atlântico (ALLISON <i>et al.</i>, 1995<sup>a</sup> apud LIMA, 2013).</p> <p>Esse sedimento despejado atua fortemente na formação e transformação do Cabo Cassiporé e dos bancos de lama na foz do Rio Cassiporé (ALLISON <i>et al.</i>, 1995b apud LIMA, 2013). Segundo Rabelo (1998) apud Lima, (2013) a sua corrente faz sentido centro/norte com foz para o oceano atlântico, desaguando na altura do Cabo Cassiporé.</p>
Clima	<p>A temperatura média é de 29°C apresentando máxima de 34°C e mínima de 21°C. O clima é tropical úmido, apresentando uma umidade relativa que gira em torno de 80%. A região apresenta apenas duas estações: estiagem e chuva. O período de precipitação é marcado por intensas chuvas, o que garante um certo grau de umidade, como também, uma boa drenagem e uma certa regularidade graças aos rios e seus afluentes.</p>
Solo	<p>A região alta da bacia faz parte da depressão marginal Norte-Amazônica, apresentando solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo (AMAPÁ, 2008). Esse tipo de solo é profundo, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural, embora se tenha verificado algumas ocorrências de solos eutróficos (IBGE, 2007, apud LIMA, 2013). Enquanto que na região de planície o solo predominante são os Geissolos Sálcos Sódicos, com a presença de argilosos próximos a Vila Taperebá (LIMA, 2013).</p>
Vegetação	<p>A parte alta da bacia é constituída de montanhas e morros, floresta Ombrófila Densa Sub-Montana e Floresta Ombrófila Densa de Baixos Platôs, ambas apresentam árvores de grande porte, típica da região Amazônica (IEPA/IBAMA, 2010 apud LIMA, 2013). A parte média é formada por Floresta de Transição (Ombrófila Aberta) e pelo Cerrado (AMAPÁ, 2008; AMAPÁ, 2014). Na parte baixa da bacia encontramos Floresta de Várzea a jusante do rio Cassiporé e de seus afluentes. Outrossim, presenciemos por trás desta vegetação de várzea Campos Herbáceos que são constantemente inundáveis e na foz do Rio Cassiporé temos a presença de Manguezais (ICMBIO, 2010 apud LIMA, 2013).</p>

Fonte: Lima (2013). Elaboração própria.

### 2.3.2 Resultados das análises das amostras de água na BRC

O Estado do Amapá, apresenta-se como um dos Estados da Federação Brasileira que adota o Índice de Qualidade de Água – IQA com objetivo de monitorar principalmente os lançamentos de esgotos domésticos nas bacias por meio da Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Entre os parâmetros avaliados estão o oxigênio dissolvido (OD), coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, oxigênio total, fósforo total, turbidez e

resíduo total. Em 2002 foram identificados 25 pontos de monitoramento realizados com duas coletas anuais, no entanto, em 2010 esse monitoramento não ocorreu por informações insuficientes.

No entanto, o Projeto Redd+Flota<sup>17</sup> (2011) realizou um trabalho relacionado aos serviços ambientais da Floresta Estadual do Amapá – FLOTA/AP, nessa pesquisa foram coletadas amostras de água no período de chuva e estiagem e analisadas no Laboratório do Instituto Estadual de Pesquisa do Amapá – IEPA com o objetivo de saber como encontrava-se o nível de qualidade de água da bacia do Rio Cassiporé, em virtude das mudanças ocorridas na sua coloração atribuídas ao garimpo. Os parâmetros analisados foram: Potencial Hidrogeniônico - **pH**, Oxigênio Dissolvido - **O.D**, Sólidos Totais Dissolvidos - **S.T.D**, **Turbidez**, **Cloreto Total**, e Nitrato (**NO<sub>3</sub>**) (**).**

Outras amostras de água também foram coletadas para análise pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP na Pesquisa de Mestrado de Daniel Pandilha Lima<sup>18</sup>(2013) em dois momentos, no período de chuva e estiagem e analisadas no Laboratório de Solos Embrapa/ Amapá, para os seguintes parâmetros: Potencial Hidrogeniônico - **pH**, Oxigênio Dissolvido - **O.D** (TABELA 1), Cádmo (**Cd**), Cobre (**Cu**), Cromo (**Cr**), Chumbo (**Pb**), Zinco (**Zn**) e Mercúrio (**Hg**) (TABELA 2), em toda extensão do rio Cassiporé definidos como pontos alto, médio e baixo para facilitar a compreensão. O ponto alto é alusivo às proximidades de sua nascente, o médio é onde está localizada a ponte que passa pela Br-156 em que se percebe uma concentração maior de pessoas e o baixo em sentido a sua foz, onde não há quase moradores (TABELA 1).

Os valores encontrados nas análises do Projeto Redd+Flota (2011) e Lima (2013) apresentaram o pH entre 5,2 a 7,3 (TABELA 1). Segundo Queiroz et al., (2009) valores assim são típicos dos rios de águas brancas com baixa acidez. Geralmente, o maior grau de acidez é verificado em águas pretas devido a decomposição da matéria orgânica do solo em ácidos orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) que são lixiviados para as águas (QUEIROZ et al., 2009)

---

<sup>17</sup> Informações disponíveis no banco de dados do Projeto “Estudo da Potencial Contribuição dos Serviços Ambientais no Módulo 4 da Floresta Estadual do Amapá (Redd+Flota) para o Desenvolvimento Sustentável Local e Regional” (2011). Embrapa/Amapá.

<sup>18</sup> Os resultados mais detalhados estão disponíveis pelo site: <http://www2.unifap.br/ppgbio/>

**TABELA 1 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA NA BRC**

<b>Valores observados em amostras de água coletadas no ano de 2011 (REDD + FLOTA)</b>						
<b>Localidades</b>	<b>pH</b>	<b>O.D</b>	<b>STD</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Cloreto Total</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>
<b>Alto do rio Cassiporé</b>						
Rio Reginá	5,5	10,3	17,0	922,0	0,310	27,0
Nascente do rio Cassiporé	5,2	7,5	12,0	26,2	0,153	7,8
Ponte sobre o rio Reginá	5,7	10,6	12,0	74,6	0,183	7,7
Igarapé do Elique	6,0	10,6	18,0		0,335	5,6
Igarapé do Português	5,9	9,3	18,0		0,173	4,9
<b>Médio do rio Cassiporé</b>						
Ponte do rio Cassiporé	5,5	8,3	15,0	30,2	0,233	
<b>Valores observados em amostras de água coletadas no estudo de Lima, 2013</b>						
<b>Alto do rio Cassiporé</b>						
Rio Reginá	5,75	5,8				
<b>Médio do rio Cassiporé</b>						
Ponte do rio Cassiporé	6,23	6,3				
Vila Velha	6,43	6,0				
<b>Baixo do rio Cassiporé</b>						
Vila Taperebá (baixo rio Cassiporé)	7,3	6,0				

Fonte: Banco de dados Projeto Redd+Flota (2011) e Lima (2013).

Segundo estudos de Silva, Angelis e Machado (2009) o tipo de solo de uma bacia de drenagem pode contribuir para as alterações no valor do pH. Para Veiga et al., (1985 apud LIMA, 2013) a morfologia da bacia em estudo, apresenta-se por uma extensa superfície plana e suavemente inclinada e dissecada, truncando o substrato rochoso. Indicando que solos planos são geralmente mal drenados, apresentando valor de pH abaixo de 5,0 (SILVA, ANGELIS e MACHADO, 2009). Então pode-se concluir que isto provavelmente contribua para o baixo nível de pH encontrado na água.

Em relação à turbidez, o rio Reginá foi o que apresentou um nível mais elevado de 922,0 (TABELA 1). Este resultado, talvez possa ser justificado pelo grande número de partículas encontradas em suas águas, como pedaços de rochas e uma grande quantidade de troncos ao longo de seu leito (LIMA, 2013). A presença dos sólidos em suspensão pode contribuir em grande parte para o aumento da turbidez que são provenientes de partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas, bactérias, plâncton em geral e etc (SÃO PAULO, 2009). Como também, o tamanho das partículas podem afetar a turbidez (BERNARDO, 2001; TEIXEIRA E SENHORELO, 2000 apud SILVA, ANGELIS E MACHADO, 2009). No entanto, Silva, Angelis e Machado (2009) argumentam que elas podem ser reduzidas com o aumento das chuvas.

Quando os rios possuem uma vazão lenta e plana, isto pode proporcionar “um aumento na intensidade da sedimentação de partículas capazes de influenciar nos valores de turbidez devido à redução na velocidade da água” (MAIER, 1987 apud SILVA, ANGELIS E MACHADO, 2009, p. 4872). A Bacia em estudo possui uma vazão média e plana, o que poderia reduzir um pouco mais essas partículas, e consequentemente a turbidez. Talvez isto não ocorra, principalmente no rio Reginá, devido à presença de garimpo atuando na região. Já na parte do médio rio que é mais largo, aumenta a intensidade do volume da água até chegar a sua foz. Possivelmente isto pode contribuir para facilitar a dissolução das partículas a partir desse trajeto resultando o não aparecimento de um valor mais elevado de turbidez em outros pontos.

Os valores de O.D encontrados nas amostras coletadas de água pelo projeto Redd+Flota (2011) e Lima (2013) variaram entre 5,8 e 10,6 mg/L (TABELA 1). Esses valores foram reduzindo do alto do Rio até chegar na parte baixa do Cassiporé, ou seja, sentido foz até tornarem-se constantes ao chegar em Vila Taperebá. Isto talvez seja justificado pelo fato que o aumento da precipitação geralmente tende a reduzir o O.D (SILVA, ANGELIS e MACHADO, 2009).

Quanto aos sólidos totais dissolvidos (TABELA 1), os resultados apresentaram valores entre 12 a 18 mg/L no alto e médio do Cassiporé. Nas proximidades de sua foz (baixo do Cassiporé) não obtivemos valores para comparar. Nos pontos que foram possíveis a comparação dos valores encontrados, verificou-se uma correlação positiva do pH com os sólidos totais. A presença dessa variável pode reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbica e diminuindo assim o teor de oxigênio nos corpos hídricos em questão (BATISTA, et al., 2013). Na maioria das vezes, os STD diminuem de montante para jusante em todos os rios (SÁNCHEZ et al., 2015).

Os valores encontrados de cloreto total nos pontos de coleta no rio Reginá e no igarapé do Elique (pontos localizados no alto do Cassiporé) destoaram dos demais (TABELA 1). Isto pode ser justificado por algumas razões: primeiro, pela formação do solo e rochas da região. Visto que, os tipos de solos e rochas contribuem para o aumento do cloreto (SÁNCHEZ et al., 2015 e SÃO PAULO, 2009). A segunda pode ser proveniente da atividade de garimpo nas proximidades dos rios, pois a dissolução de minerais nas águas superficiais pode aumentar o nível de cloreto total (BRASIL, 2014). A terceira, a contaminação por esgotos sanitários ou domésticos que podem

aumentar de forma significativa a presença desta substância nas águas (SÃO PAULO, 2009). É possível observar que no meio do Cassiporé, onde existe a maior concentração de moradores, e no baixo do rio apesar de sua proximidade com o Oceano Atlântico, a presença de cloreto nas águas subterrâneas ou superficiais é baixa quando poderia ser elevada devido a infiltração das águas marinhas em águas costeiras (AMAPÁ, 2014).

A quantidade de nitrato encontrado no rio Reginá (TABELA 1) apresentou um valor elevado quando comparado as amostras das demais localidades. Entre uma das razões pode ser justificado por problemas sazonais, como p.e., a coleta das amostras de águas terem sido realizadas também no período da chuva (fato também ocorrido) que por sua vez, arrasta todas as impurezas para os rios diluindo eventuais contaminações superficiais (MARMOS et al., 2005) principalmente naquela área onde não há a proteção de mata ciliar devido à atividade mineral, o que permite que o resto de areia fina e fragmentos de rochas sejam depositados em seu leito.

As coletas de amostras de águas realizadas pelo trabalho de Lima (2013) (TABELA 2) em toda extensão do rio Cassiporé, tiveram as mesmas denominações, apresentadas na (tabela 1), o rio Reginá como parte alta, a ponte do Cassiporé e Vila Velha parte média do rio e Vila de Taperebá o baixo do rio Cassiporé.

**TABELA 2 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS TRAÇOS NA BRC**

Valores observados em amostras de águas coletadas no entorno da BRC						
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Hg
Rio Reginá	0,442 ±	4,235 ±	0,918 ±	1,680 ±	0,141 ±	0,150
(Lourenço)	0,700	1,150	0,362	0,669	0,033	
Ponte do Cassiporé	0,230 ±	0,652 ±	0,153 ±	0,892 ±	0,033 ±	0,010
	0,004	0,408	0,124	0,458	0,003	
Vila Velha	0,062±	5,330 ±	0,312 ±	1,090 ±	0,195 ±	0,003
	0,029	1,230	0,205	0,559	0,032	
Vila Taperebá	0,130 ±	0,558 ±	0,376 ±	1,278 ±	0,188 ±	0,0001
	0,043	0,235	0,260	0,561	0,029	

Fonte: Lima (2013). Nota: Em todas as localidades foram realizadas duas coletas no período de chuva e estiagem, exceto, para o mercúrio (Hg) que foi realizada apenas no período de estiagem.

Os metais-traços são componentes químicos que se encontram naturalmente fixado nas matérias orgânicas presentes nas águas (GALVÃO et al., 2009). “A poluição das águas por metais traços é um importante fator que afeta tanto o ciclo geoquímico desses elementos quanto à qualidade ambiental” (KABATA-PENDIA e PENDIAS, 2001 apud GALVÃO et al., 2009, p. 68) e “sua mobilização a partir do

material em suspensão é potencialmente perigosa, não somente para o ecossistema como também para o suprimento de água potável” (GALVÃO et al., 2009, p.68), principalmente o mercúrio que apresenta maior preocupação (LINHARES et al., 2009).

Pesquisa realizada na calha do rio Madeira, considerado rio de águas brancas, para saber como o mercúrio se relaciona com as variáveis ambientais, constatou-se uma correlação positiva entre o mercúrio e matéria orgânica, em que esta subsidia a metilação (LINHARES et al, 2009). No entanto, essa relação ainda precisa ser mais investigada. É preciso haver um monitoramento mais preciso, devido ao poder de mobilidade dessa substância de um ambiente ao outro. Segundo Linhares et al. (2009) alguns tipos de solos apresentam maiores níveis de concentração de mercúrio que outros, principalmente aqueles com a presença de garimpo nas adjacências.

Os elementos traços podem ser encontrados no ambiente advindo de causas naturais ou antrópicas. Nos processos naturais, a contribuição para o aumento da concentração de metais-traço em águas superficiais segundo Guilherme et al., (2005 apud GALVÃO et al., 2009) são o intemperismo de rochas e o escoamento superficial da água das chuvas após lavagem e lixiviação dos elementos do perfil do solo da região. Já nos processos antrópicos o aumento das concentrações de metais pode ser atribuído de acordo com Galvão et al., (2009) à liberação de efluentes e disposição inadequada de resíduos sólidos ou da deposição atmosférica e as alterações nas reações químicas que controlam os mecanismos capazes de absorverem ou soltarem os metais em partículas que são transportados pelas matérias orgânicas e a sua composição é influenciada pelo tipo de uso do solo.

A (TABELA 2) apresentou a presença de metais pesados em toda extensão da BRC confirmando o seu poder de mobilização a partir do material em suspensão. Essa contaminação da água por esses metais, especialmente o mercúrio, afeta a biota aquática causando a extinção de peixes e conseqüentemente a saúde das pessoas que consomem esses peixes, comprometendo a utilidade que aquela bacia também representa para a comunidade local que desenvolve outras atividades.

Diante dessa questão, o próximo capítulo vem dar embasamento por meio da Economia Ambiental, que utiliza a valoração econômica como ferramenta baseada na Teoria Econômica Neoclássica do bem-estar, para dar suporte técnico aos Gestores públicos na hora de tomar decisão no que se refere a Políticas Públicas para uma região.

### 3 VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL: ESTADO DAS ARTES

A natureza disponibiliza oferta serviços importantes e indispensáveis para manter o bem-estar das pessoas. Porém, nas últimas décadas, foi observada um significativo crescimento da produção de bens e serviços para atender as necessidades de consumo de uma população cada vez mais próspera. A forma equivocada como estamos nos apoderando desses recursos naturais vem causando inquietações. Segundo De Fries e Pagiola (2005) as preocupações que envolvem os serviços ecossistêmicos é que eles fornecem serviços valiosos e que podem estar sendo perdidos.

Mediante o risco com a possibilidade de perda ou redução dos benefícios advindos desses serviços para os seres humanos, os economistas do meio ambiente “buscam dar valor aos recursos ambientais e fornecer subsídios técnicos a sua exploração racional através das técnicas de valoração ambiental, fundamentados na teoria neoclássica do bem-estar” (NASCIMENTO SANTOS, 2014, p. 32).

O grande desafio consiste no fato que alguns benefícios podem ser valorados por estarem arrolados ao sistema de mercado (preço). Mas outros, nem tanto assim. Segundo Magalhães Filho et al (2012) há outros bens ambientais que não possuem preço de mercado, como, a luz do sol, o ar, qualidade da água que são denominados bens livres ou bens públicos, porque não possuem valor de troca, não possuem direitos de propriedade definidos e tendendo o seu valor para o infinito.

Para Mota e Bursztyn (2013, p. 45) “um serviço ambiental não é bem puramente econômico, ele possui várias características de similaridade com os bens econômicos porque têm consumo e valor”. No entanto, eles são considerados bens públicos porque possuem duas características conhecidas desse tipo de bens: de não exclusividade e não rivalidade (MOTA e BURSZTYN, 2013). Eles são considerados de não exclusividade quando se refere ao mecanismo de não exclusão de consumo em decorrência da cobrança de uma taxa simbólica para visitar o local; e são considerados não rivais, quando estão disponíveis para todas as pessoas, p.e, a visita a um parque florestal não impede que outra pessoa visite (PEARCE, 1992; VARIAN, 2012 apud MOTA e BURSZTYN, 2013).

Estas características impossibilitam a formação de preços de mercado porque eles não são representados por um valor monetário, e isto equivocadamente faz pensar que ao serem denominados bens livres, são abundantes, ocasionando a sua

alocação ineficiente (MOTA e BURSZTYN, 2013). Para Sarcinelli (2008 apud NASCIMENTO SANTOS, 2014) é um erro tratar os recursos naturais como se eles não tivessem valor econômico, pois corre-se o risco de usá-lo excessivamente resultando em sua degradação e afetando o bem-estar das pessoas presentes e gerações futuras. “As técnicas de valoração ambiental foram desenvolvidas no sentido de suprir a inexistência de mercados apropriados a esses ativos, de forma a fornecer subsídios técnicos para sua exploração racional” (MAGALHÃES FILHO et al., 2012, p. 45).

Diante da falta de mercado para esses ativos ambientais, como poderíamos quantificá-lo monetariamente? A resposta para essa questão vem da Economia Ambiental quando nos argumenta que o valor econômico de um recurso ambiental é derivado de todos os seus atributos e que estes podem estar ou não em função de seu uso (FURIO, 2006). De uma outra forma, os recursos naturais possuem valor para a sociedade humana pelo uso direto, indireto ou pelo valor aos serviços dos ecossistemas mais que não estão sendo utilizados no momento, mais envolvem valores históricos, de existência e intrínsecos (PEIXOTO, 2011 apud MANFREDINI, 2015).

Os economistas atribuem valor econômico a um recurso ambiental por seus atributos denominados: valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU) denominados o Valor Econômico Total - VET de um recurso ambiental.

O **valor de uso (VU)** é dividido em valor de uso **direto (VUD)** quando o indivíduo se apropria diretamente do recurso ambiental através de seus alimentos, extração de madeira, visita a um parque, para tomar banho em um rio ou uma atividade de consumo direto, por exemplo, o turismo e o valor de uso **indireto (VUI)** é quando o benefício do recurso se derivam das funções ecossistêmicas, p.e., a qualidade da água, qualidade do ar, proteção do solo, proteção climática, proteção contra enchentes e etc. O valor **de opção (VO)** são todas as funções de uso direto e indireto que as pessoas preservam hoje, para que sejam disponibilizadas para as gerações futuras. O valor de **quase opção (VQO)** são todas as funções de uso direto, indireto e o valor de opção hoje existentes que podem ser preservados para um estudo futuro, por exemplo, uma vegetação que não apresente importância hoje e pode ser preservada com possibilidades de potencial relevante para estudos futuros mediante avanço tecnológico.

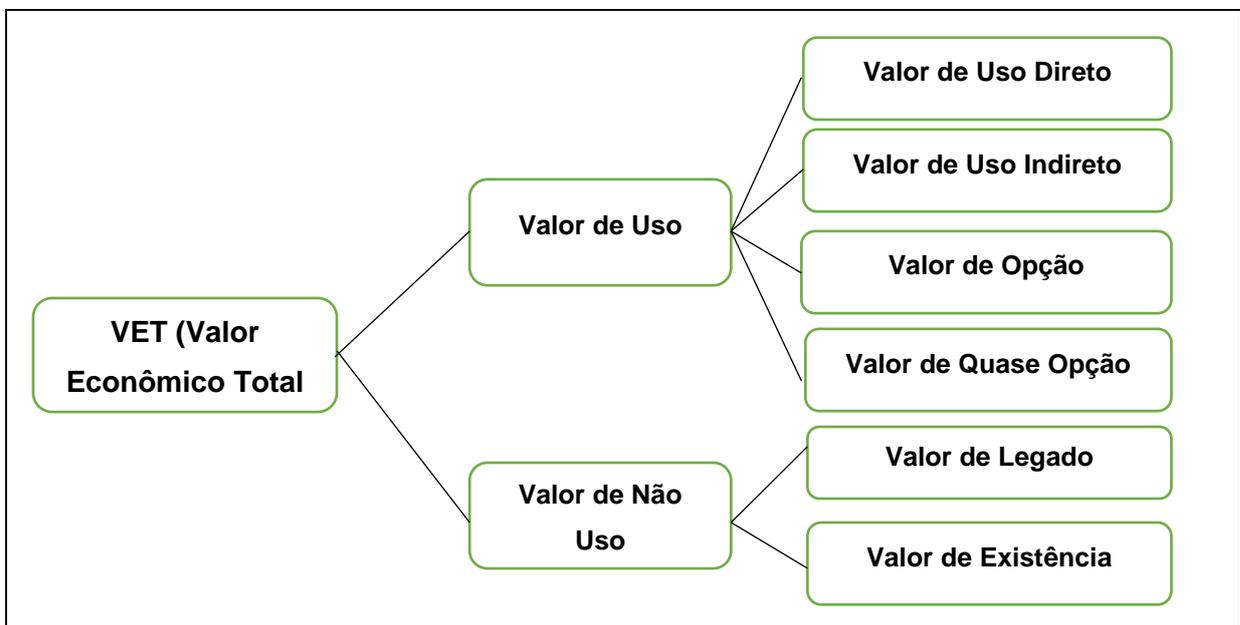
O valor de **não uso (VNU)** pode ser definido como **valor de existência** ou de **valor de legado** que embora esteja desassociado de uso, mas é considerado um consumo ambiental (NASCIMENTO SANTOS, 2014) independente do uso que possam ter para as pessoas, mas derivado de uma posição moral, altruísta, cultural que preferem preservar.

### EQUAÇÃO 1:

$$\text{VALOR ECONÔMICO TOTAL}$$

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VQO} + \text{VNU}$$

**FIGURA 2 - VALOR ECONÔMICO TOTAL - VET**



Fonte: Hashimura, 2008 apud Magalhães Filho et al (2012).

Quando observamos (FIGURA 2) começamos a entender o quanto se torna difícil atribuir preço de mercado a todos os recursos naturais. Podemos identificar mais facilmente os recursos atribuídos ao uso direto, diferentemente dos de uso indireto, de opção e quase opção e de existência que são mais complexos. Conforme argumenta Furio (2006) a valoração consiste em determinar quanto melhor, ou pior, estará o bem-estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não.

A valoração econômica busca captar, dentro do possível, todas as parcelas consideradas no VET, para isso é possível a utilização de alguns métodos, no entanto, a maioria deles não captam todo o VET, apenas algumas parcelas porque possuem limitações de valores que são dependentes do tipo de metodologia aplicada, da base

de dados exigidos, da concepção hipotética do comportamento do indivíduo e quais os efeitos do consumo ambiental nos diversos setores da economia (FURIO, 2006).

### 3.1 MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA

A literatura econômica ambiental vem demonstrando que não há uma classificação única para os métodos e que podemos encontrar em diversas abordagens.

Para Hufschmidt et al (1983) os métodos de valoração consistem do uso de preços de mercados reais, substitutos e hipotéticos na variação da qualidade de um determinado recurso ambiental, medido pelos benefícios e custos resultantes dessa mesma variação. Já Pearce (1993) classifica em quatro grandes grupos: abordagens de mercado convencional (preço de mercado e preço sombra como aproximação), função de produção doméstica ou familiar, métodos de preço hedônico e finalmente, os métodos experimentais.

Os métodos de valoração também podem ser divididos também em dois grupos conforme definição de Hanley e Spash (1993) o de forma direta com o método de Valoração de Contingente - MVC e o de forma indireta utilizando os Métodos de Preço Hedônico - MPH, Custos de Viagem - MCV e os da função de produção (Dose-Resposta - MDR, Custos Evitados – MCE e de Reposição – MCR).

Bateman e Tuner (1992) propõem duas categorias para os métodos de valoração de bens e serviços ambientais com abordagem de curva **com** demanda (Contingente, Custo de Viagem e Preços Hedônicos) e **sem** curva de demanda (Dose-Resposta, Comportamento Mitigatório e Custo de Reposição).

Outra abordagem para a classificação dos métodos de valoração é também descrita por Seroa da Motta (1997). Eles são classificados em Métodos de Função de Produção: métodos da produtividade marginal e de mercado de bens substitutos (reposição, gastos defensivos ou custos evitados e custo de controle). Os Métodos da Função de Demanda: métodos de mercado de bens complementares (preço hedônico e de custos de custos de viagem) e Métodos da Valoração de Contingente. Na (TABELA 3) é apresentada a classificação dos métodos de valoração econômica ambiental.

**TABELA 3 - MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA**

<b>Classificação</b>	<b>Métodos</b>	
	Produtividade Marginal	
<b>Função de Produção</b>	<b>Mercado de bens substitutos</b>	<b>Custo de reposição</b> <b>Custos evitados</b> Custo de controle
	Custo de oportunidade	
Função de Demanda	Mercado de bens complementares	Custo de viagem Preços hedônicos
	Valoração de contingente	

Fonte: Seroa da Motta (1997)

Para Maia, Romeiro e Reydon (2004, p. 7) “Os métodos da Função de Produção são considerados métodos indiretos de valoração porque estimam o valor de um recurso ambiental através de uma função de produção”. Na visão de Seroa da Motta (1997) são os mais simples e os mais usados porque a sua aplicabilidade consiste no fato que o recurso ambiental é observado no quanto ele pode contribuir como insumo ou como fator de produção de um outro produto. Em especial, falaremos do mercado de bens substitutos (custo de reposição e custos evitados) para a valoração do serviço de provisão de água (TABELA 3).

### **3.1.1. Mercado de bens substitutos**

Os métodos baseados em mercado de bens substitutos captam o valor de uso direto e indireto dos recursos ambientais e sua abordagem teórica consiste que “na hipótese de variações marginais de quantidade de Z, devido a variação de E, podem ser adotados com base nos mercados de bens substitutos para Z e E”. (SEROA DA MOTTA, 1997, p. 18).

Em uma bacia, como ilustração, para que ela possa disponibilizar o serviço de provisão de água para seus diversos usuários, podemos dizer que D é uma constante e representa o serviço de provisão de água por E. Dessa forma, este último vem sofrendo variação devido as ações antrópicas realizadas em sua nascente. Com isto, o método será um excelente aliado, onde essa variação ocorrida em E (provisão de água), vem ocasionando a redução da disponibilidade em D. No entanto, essa variação não oferece preços observáveis em mercado ou são difíceis de mensurá-los. Visto que, D (disponibilidade) não é representada por preço de mercado, ou seja, o seu consumo é gratuito (as pessoas não estão pagando para usar a água). Portanto,

observamos que a disponibilidade da água está em função do serviço de provisão de água, como estabelece a equação:

**Equação 2:**

$$D = f(E).$$

Contudo, Seroa da Motta (1997) assegura que havendo essa variação em E, as pessoas procurarão substitutos perfeitos para garantir que o seu D não reduza. O autor ainda argumenta em seus estudos, que para manter D constante, cada medida reduzida será compensada por uma unidade a mais de “S” (substituto). No entanto, o serviço de provisão de água de uma bacia não possui substituto. Neste caso, esses métodos podem auxiliar através de suas molduras conceituais a encontrar um valor econômico que os indivíduos estão atribuindo através de sua decisão na hora de repor ou se prevenir pela ausência do recurso natural que podem resultar em enormes transtornos para a saúde dos usuários do entorno.

Porquanto, a valoração econômica apresenta alguns métodos que podem ajudar a quantificar um serviço ambiental dessa magnitude, com cálculos baseados em preço de mercado para a recomposição de seu serviço ambiental. O primeiro, apresenta-se como custos de reposição com o objetivo repor o serviço perdido, e o segundo, pelos gastos para prevenir a sua degradação, no caso, os custos evitados.

### 3.2 MÉTODO CUSTO DE REPOSIÇÃO (MCR)

O Método Custo de Reposição (MCR) como é conhecido, também pode receber a denominação de custo de substituição, de restituição e reconstrução. O método como o nome sugere, consiste em estimar o custo de repor ou restaurar o recurso ambiental danificado, de maneira a restabelecer a qualidade ambiental inicial (ORTIZ, 2003). O bem ou o serviço ambiental será calculado em cima de todos os gastos realizados para a reposição ou reparação depois de ter sido degradado ou danificado.

O MCR pode ser entendido como uma aproximação da variação de medida de bem-estar relacionada ao recurso em que os custos para reparação serão comparados aos benefícios proporcionados por tal ação. O ponto fundamental da teoria consiste que os benefícios proporcionados pela reparação do ativo ambiental devam ter pelo menos, o mesmo valor gasto para a reposição ou recuperação para que seja viável.

Outra forma de utilização do método é quando a reparação de um recurso ambiental está associada a uma restrição ambiental, p.e., assegurar o padrão da qualidade da água, a fim de manter o bem-estar dos indivíduos presentes e no futuro. Pearce (1993) acrescenta que o método é frequentemente utilizado como uma medida do dano causado. Embora isto não queira dizer sempre, que os benefícios proporcionados pela reparação do ativo ambiental serão sempre maiores que os custos para repor o serviço.

Bem como, ele também pode ser utilizado quando se configura numa restrição total a não permitir o declínio da qualidade ambiental, “restrição a sustentabilidade” então nesse caso é justificável, mesmo que os custos incorridos tenham a possibilidade de se apresentarem maior que os benefícios advindos dessa reposição. Esse tipo de restrição fundamenta projetos voltados à restauração do meio ambiente por causa da restrição à sustentabilidade, chamados “projeto-sombra” cujo valor é o mínimo do dano provocado (SANTOS, 2015, p.32).

As vantagens atribuídas ao uso do MCR segundo Castro, J; Nogueira e Castro, M. (2015) e Portugal et al., 2012):

- a. O MCR é de fácil aplicação, pois não envolve pesquisa de campo, necessita de poucos dados e pertence ao grupo dos métodos de valoração com baixo custo financeiro;
- b. É um método de menor complexidade se comparado aos outros métodos de valoração;
- c. É muito utilizado para restabelecer os valores de uso;
- d. As estimativas do valor econômico baseiam-se no comportamento efetivo dos agentes;
- e. A abordagem do MCR pode ser útil quando um efeito tem causado no ambiente um gasto significativo para repor um recurso físico.

As fragilidades correspondentes ao MCR consistem segundo Castro. J; NOGUEIRA e Castro, M., 2015) e Portugal Jr et al., (2012):

- a. O MCR, em caso de dano ambiental, não busca resgatar o valor de todas as espécies animais e vegetais afetadas em decorrência das complexas relações dos recursos da natureza;
- b. É um método reducionista quando se refere aos problemas ecossistêmicos subestimando seus valores;

- c. É incapaz de refletir o verdadeiro valor da disposição a pagar dos indivíduos por uma melhoria ambiental pela dificuldade técnica de realmente devolver ao ativo ambiental ao seu estado pré - degradação;
- d. Subestima os benefícios totais;
- e. A validade do resultado obtido depende da inclusão dos custos considerados relevantes e dos fatores envolvidos na reposição, na ausência de algum fator pode subestimar o valor final;
- f. O MCR tende a superestimar o valor do recurso, porque há muitas maneiras de estimar os custos e normalmente é utilizado a estimativa mais direta, mais fácil e mais onerosa;
- g. O MCR exclui qualquer possibilidade de se estimar o valor de opção e o valor de existência;
- h. O método por não considerar os efeitos das mudanças na produção, supõe-se que os valores obtidos são inferiores ao custo de substituição;
- i. Os produtos de reposição e serviços devem ser idênticos ou, pelo menos, bons substitutos.

Para corroborar com o mencionado acima, Vélez (2002), considera que a sua grande limitação consiste em não conseguir refletir o verdadeiro valor da disposição a pagar dos indivíduos por uma melhoria ambiental, excluindo a possibilidade de calcular o valor de existência. Portanto, ele só capta para o cálculo do valor econômico do serviço, bens representados por preço de mercado que possam ser utilizados na reparação do dano causado, ou que por ventura possa ocorrer. Finalizando essa ideia, Portugal Jr et al., (2012) argumentam que ao utilizar o método é importante antes de tudo conhecer bem o tipo de dano que se pretende reparar, obtendo como parâmetro para a sua valoração a utilização de preços de mercados definidos que determinará o valor do serviço ambiental.

A sua operacionalização segundo Nogueira, Medeiros e Arruda (2000, p. 17) é feita “pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção”. Podemos citar alguns exemplos para a sua aplicação conforme elucidam Castro. J; Nogueira e Castro, M. (2015), na valoração:

- a. da melhoria da qualidade da água, medindo o custo de controlar as emissões de efluentes;

- b. dos serviços de proteção a erosão de uma floresta ou zonas úmidas, medindo o custo de remoção de sedimentos erodidos de áreas a jusante;
- c. dos serviços de purificação de água de uma zona úmida, medindo o custo de filtragem e tratamento químico da água;
- d. dos serviços de proteção tempestade de zonas úmidas costeiras, medindo o custo de construção de muros de arrimo;
- e. de habitat dos peixes e dos serviços de berçário, medindo o custo de programas de melhoramento genético e de estoque de peixes.

O Método Custo de Reposição pode ser aplicado para valorar diretamente um ativo ambiental, como, monumentos, pontes, estradas e etc. Como também pode ser utilizado para valorar por técnicas indiretas as funções ecossistêmicas através da água, solo, ar, habitat de peixes e etc. Neste caso, em grande parte das vezes, segundo destaca Castro, J; Nogueira e Castro, M. (2015) a abordagem costuma trazer externalidades físicas para dentro da análise relacionadas as incertezas em relação às completas substituições de suas funções, o que neste caso, não compete ao método, porque o seu papel é apenas quantificar os custos necessários para repor os benefícios perdidos com a degradação ocorrida no ambiente, e não devido ao seu desgaste natural. Segundo argumenta Dixon (1994) dá-se preferência ao método quando revela o verdadeiro custo de reposição, se o dano estiver mesmo ocorrendo.

A divulgação envolvendo pesquisas empíricas pelo mundo sobre o MCR começou por meados da década 1970, um dos primeiros estudos foi realizado pelo custo de substituição de “casas perdidas por ré-encaminhamento em Adelaide na Austrália, para a construção de uma rodovia. A base de dados foram os benefícios da manutenção do acesso na avaliação do Noarlonga Freeway” (NAIRN, 1971 apud CASTRO. J; NOGUEIRA e CASTRO, M., 2015, p.9).

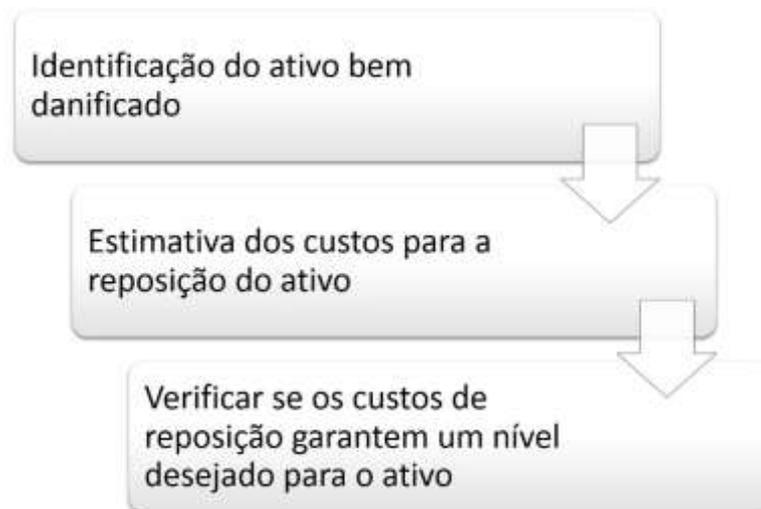
A partir disso, outros trabalhos surgiram, com maior destaque, na década de 1990 sobre perda de nutrientes do solo, como: Samarakoon e Abeygunawardena (1995), Bojo (1996), Predo et al. (1997), Niskanen (1998), Erstein (1999) apud Castro. J; Nogueira e Castro, M. (2015) e justificam que isso pode ter ocorrido pela facilidade relativa na aplicação e dados da perda de nutrientes disponíveis, por serem os preços de mercado de fertilizantes. A maioria dos estudos utilizando esse método no exterior, está relacionado a erosão do solo por causa da agricultura, recomposição das florestas e acidentes pelo uso de petróleo.

A partir disso, outros trabalhos surgiram, com maior destaque, na década de 1990 sobre perda de nutrientes do solo, como: Samarakoon e Abeygunawardena (1995), Bojo (1996), Predo et al. (1997), Niskanen (1998), Erstein (1999) apud Castro. J., Nogueira e Castro, M (2015) e justificam que isso pode ter ocorrido pela facilidade relativa na aplicação e dados da perda de nutrientes disponíveis, por serem os preços de mercado de fertilizantes. A maioria dos estudos utilizando esse método no exterior, está relacionado a erosão do solo por causa da agricultura, recomposição das florestas e acidentes pelo uso de petróleo

No Brasil, os estudos só passaram a ser descritos teoricamente pela primeira vez em 1998 através de Nogueira e Medeiros (1999) e Seroa da Motta (1997), e os trabalhos empíricos após três décadas. Em grande parte, os temas são relativos a água (como este estudo), resíduos, recomposição florestal, saneamento e acidentes com produtos de petróleo e etc (CASTRO. J., NOGUEIRA e CASTRO, M., 2015):

Na (FIGURA 3) é apresentado o demonstrativo das etapas a seguir para a aplicação do MCR.

### FIGURA 3 – ETAPAS PARA A ESTIMAÇÃO DO MCR



Fonte: MME e Eletrobrás, 2000

A título de ilustração apresentamos (TABELA 4) como estão distribuídas as aplicações do MCR no Brasil no período de 2000 até 2014.

**TABELA 4 - APLICAÇÃO DO MCR NO BRASIL 2000 À 2014**

<b>Aplicação do Método Custo de Reposição</b>	<b>(%)</b>
Erosão do solo por agricultura	37
Água	26
Petróleo	11
Mineração	5
Resíduos	5
Saneamento	5
Outros	5

Fonte: Castro. J; Nogueira e Castro, M. (2015).

Após verificarmos a moldura conceitual do MCR e de como consiste a sua aplicação, verificamos que como os demais métodos ele possui vantagens e limitações ocorridas principalmente pela falta de maiores informações sobre os ecossistemas. Mas dentro de suas limitações, o método é muito indicado na recuperação de florestas e outras ações necessárias para repor um serviço ambiental. Algumas vezes, pode ocorrer uma interpretação errônea, pelo fato que o valor é adquirido por preço real de mercado, as oscilações no preço desses bens podem passar a ideia que o valor para a recomposição é menor (CASTRO. J; NOGUEIRA e CASTRO, M. 2015).

### 3.3 MÉTODO DE CUSTOS EVITADOS (MCE)

O Método de Custos Evitados também é conhecido como gastos defensivos ou preventivos. Parte da ideia que gastos com produtos substitutos ou complementares para alguma característica ambiental, podem ser utilizados como aproximações para mensurar monetariamente a “percepção dos indivíduos” das mudanças nessa característica ambiental (PEARCE, 1993). Ou sob o ponto de vista de Maia (2002 apud ALIPAZ, 2010) aquele que estima o valor de um recurso ambiental através dos gastos com atividades defensivas substitutas ou complementares, que podem ser consideradas uma aproximação monetária sobre as mudanças destes atributos ambientais.

Exemplificando, um indivíduo diante da ameaça ou a perda de seu bem-estar provocado pela variação da qualidade ambiental, ele tende tomar medidas a fim de se proteger. Dessa forma, é estimado o gasto que seria incorrido em bens substitutos para não alterar a quantidade consumida ou a qualidade do recurso ambiental analisado (MOTA e BURSZTYN, 2013; MAIA, ROMEIRO e REYDON, 2004). Quando um indivíduo passa a comprar água mineral, ou resolve fervê-la ou adquirir filtros, ele

está realizando gastos para se proteger contra a poluição da água que poderia ocasionar-lhe doenças. Já um indivíduo quando resolve comprar uma central de ar condicionado, ele também está tomando medidas para se proteger do desconforto causado pelo calor (questões climáticas).

É observado que o método considera todos os gastos realizados pelo indivíduo para não permitir a redução de seu bem-estar. E o que incentiva os gastos é a necessidade de substituir por outro insumo (ou melhorar os existentes) devido a mudança na qualidade do recurso anteriormente utilizado no processo (HANLEY SPASH, 1993 apud NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000). Assim “a grosso modo ele está valorando essa perda” (NOGUEIRA, MEDEIROS e ARRUDA, 2000, p. 101).

O MCE é bem semelhante ao MCR, a diferença fundamental segundo FGV/GVces (2013) o MCE estima valores relacionados à prevenção de perdas em quantidade ou qualidade dos serviços ecossistêmicos, enquanto o MCR estima os valores relacionados à recuperação dessas perdas. Conforme descrito pela análise econômica, ambos os métodos fazem parte da função de produção doméstica e seguem critérios que são observados durante o processo de produção entre eles, a garantia da qualidade do insumo ou recurso utilizado no processo produtivo.

Furio (2006) observou em sua análise que o P é o produto que depende de R, e S representa os gastos realizados pelo consumidor para não alterar o produto P. O autor deu como exemplo, os gastos efetuados com produtos químicos para tratamento de águas contaminadas por esgotos, ou gastos efetuados pelos consumidores na reposição de outros bens para substituir os que foram perdidos, por exemplo, na enchente provocada pelo desmatamento nas margens do rio.

Segundo Santos (2015) normalmente a aplicação do método envolve estudos ligados a avaliação da mortalidade e morbidade humana, e estudos relacionados com a poluição e suas implicações na saúde humana. Temos o exemplo citado por Maia; Romeiro e Reydon (2004) nos estudos de mortalidade o valor humano é estimado a partir de todos os ganhos previstos ao longo da vida daquele trabalhador, observando sua produtividade presente e sua expectativa de vida.

No que se refere a sua operacionalização, Pearce, (1993) argumenta que o método geralmente se utiliza de uma modelagem econométrica e daí a necessidade de técnicos qualificados. Nogueira; Medeiros e Arruda (2000, p.101) chamam a atenção para alguns cuidados que devem ser observados com essa ferramenta, “pelo

(risco de viés provocados por variáveis omissas, multicolinearidade, escolha da forma funcional, heterocedasticidade e etc) e dupla contagem de fatores”.

Contudo, normalmente, o método não pede análises matemáticas ou estatísticas complexas. A determinação final dos valores econômicos associado ao serviço ecossistêmico se dá pela somatória dos valores dos custos com a prevenção das perdas em quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos ou dos impactos negativos delas decorrentes, observa-se que em algumas situações, as análises de regressão múltiplas podem ser necessárias (FGV/GVces, 2013, p. 84).

Outrossim, o MCE pode ser utilizado como análise ex-ante (através da estimação de custos para prevenir perda dos ecossistemas ou danos que poderiam ou podem ocorrer no futuro) ou ex-post para estimar valores que seriam gastos com a prevenção de perdas de serviços ecossistêmicos ou os impactos que já aconteceram (FGV/GVces, 2013).

Como todos os métodos de valoração econômica, os custos evitados apresentam vantagens e limitações para a sua aplicação. Uma das vantagens é porque permite estimar o valor do ativo a ser valorado através de outros bens e serviços substitutos que apresentam preço de mercado. Quanto as suas limitações, estão atreladas principalmente ao fato de só conseguir captar no VET o valor de uso direto e indireto. Para Maia, Romeiro e Reydon (2004) primeiramente, o MCR tende a ser subestimado por não considerar a existência de comportamento altruísta do indivíduo, e outro, pela falta de informação do real benefício do bem ou serviço ambiental. A dificuldade para encontrar bens que exerçam o papel de substitutos perfeitos para os métodos de mercado de bens substitutos, pode ocasionar uma subvaloração do recurso ambiental (FURIO, 2006).

Este método vem sendo aplicado em alguns países, principalmente em empresas com o objetivo de reduzir custos e evitar que estes sejam maiores na recuperação do meio ambiente, e ao mesmo tempo, mostrar à sociedade que possuem comportamento preventivo (apresentando uma melhor imagem de suas empresas). Portugal et al (2012) apresenta um estudo de caso tendo o setor automobilístico como foco, eles citam como exemplo uma indústria de autopeças, em que custos podem ser evitados por inovações de embalagens (tornando-as retornáveis) e operações logísticas.

Entre outros estudos, Santos (2015) destaca a utilização do MCE na avaliação dos custos econômicos da poluição do ar na cidade de Volta Redonda no Rio de

Janeiro, baseado nas preferências individuais, onde demonstraram um custo econômico anual associado a poluição atmosférica estimado em R\$ 58.328,94, incluindo gastos públicos e privados.

Elucidamos aqui alguns exemplos para a aplicação do MCR (MÉTODOS DE CUSTOS EVITADOS...[201?]), valorar:

- a. a melhoria na qualidade da água através da medição do custo de controle de emissões de efluentes;
- b. os serviços de uma floresta para proteção contra erosão, medindo o custo de remoção de sedimentos erodidos de áreas a jusante;
- c. os serviços de floresta tropical para purificação de água, medindo o custo de filtragem e tratamento químico da água;
- d. serviços dos mangues para proteção de tempestade medindo o custo de construção dos muros de arrimo;
- e. os habitats dos peixes e dos serviços de berçário, medindo o custo de criação de peixes.

De qualquer forma, quando há investimento para a perda em função de variações de qualidade de serviços de ecossistêmicos, ou na prevenção de impactos negativos relativo a essas perdas, constituem estimativas plausíveis, ou pelo menos parte, dos benefícios que esses serviços representam ou para uma empresa (FGV/GVces, 2013) ou indivíduo.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS: CONTEXTO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS.

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho iniciaram com uma revisão analítica da literatura teórica sobre mineração. Em especial, analisou-se a atividade de extração artesanal com um enfoque maior no garimpo de Lourenço no município de Calçoene, no Estado do Amapá. Como será destacado na próxima seção do presente capítulo, nesse município, a prática de extração mineral é realizada de forma rudimentar com o manuseio do mercúrio no processo de separação do ouro. O resto de mercúrio é arrastado junto com os sedimentos extraídos das rochas diretamente para o leito do rio e, em virtude da ausência de matas ciliares, provoca a poluição da água e o assoreamento da BRC.

O capítulo seguinte, fez uma abordagem sobre os aspectos relativos aos tipos de águas originárias da região amazônica que apresentam algumas peculiaridades. Essas peculiaridades originam sua classificação em três tipos de águas: brancas, pretas e claras, que são resultado das características do tipo de formação do solo e rochas dessas regiões. Essas informações consubstanciaram elementos para analisar os tipos de águas da hidrografia amazônica com o resultado de dois estudos sobre as amostras das águas coletadas na BRC.

O primeiro estudo foi realizado pelo Projeto Redd+Flota (2011), denominado “Estudo da Potencial Contribuição dos Serviços Ambientais no Módulo 4 da Floresta Estadual de Amapá (FLOTA/AP) para o Desenvolvimento Sustentável Local e Regional”, uma parceria entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e a Embrapa Amapá sob a Coordenação da Pesquisadora-Doutora Eleneide Doff Sotta. Foram coletadas as amostras de água em toda extensão do rio Cassiporé nos seguintes pontos denominados (alto, médio e baixo) em dois períodos, de chuva e estiagem para análise dos seguintes parâmetros: **pH, O.D, S.T.D, Turbidez, Cloreto Total e Nitrato** analisadas no Laboratório do Instituto Estadual de Pesquisa do Amapá – IEPA.

O segundo trabalho foi realizado pela pesquisa de Mestrado de Daniel Pandilha Lima pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP (2013), para o qual foram coletadas as amostras em quatro pontos em toda a extensão do principal rio (em sua nascente, no rio Reginá, na metade do rio, onde está localizado a ponte do Cassiporé e próximo a sua foz em Vila Velha e Vila Taperebá) no período de chuva e

estiagem para os seguintes parâmetros: **pH, O.D, Cádmo (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Mercúrio (Hg)** no Laboratório de Solos Embrapa Amapá e no Laboratório do Instituto Estadual de Pesquisa do Amapá – IEPA, onde estão detalhados todos os resultados encontrados em relação a contaminação desses metais.

O terceiro capítulo fez uma abordagem teórica relacionada aos métodos de Valoração Econômica, como ferramenta capaz de auxiliar gestores públicos no direcionamento de políticas públicas, a partir da estimação do valor econômico de um bem ou serviço ambiental. Entre os métodos, foram indicados para esta pesquisa o o Custo de Reposição – MCR e o Custos Evitados – MCE ou Gastos Defensivos para estimar o valor econômico da bacia.

#### 4.2 ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO MINERAL EM LOURENÇO (AP)

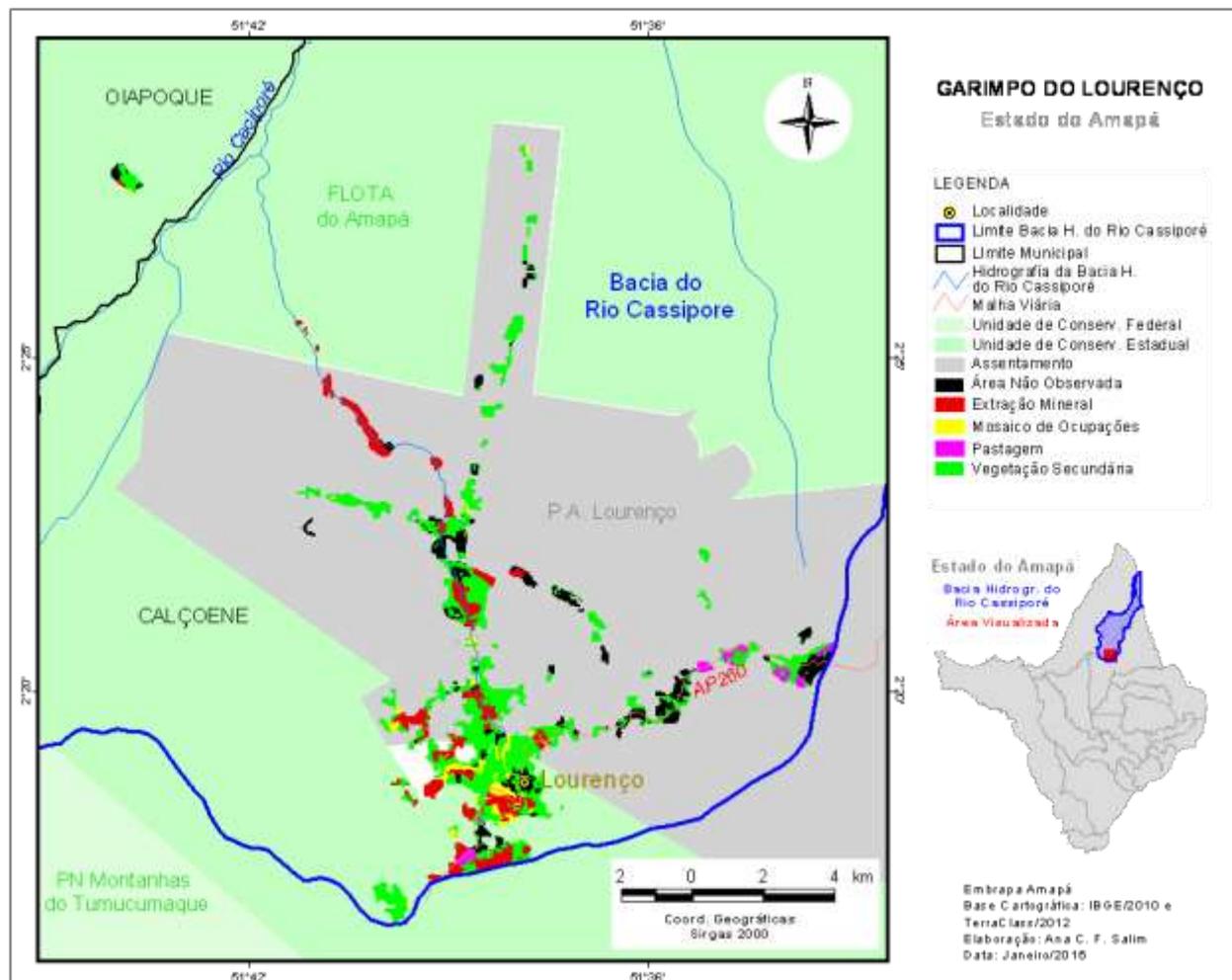
O distrito de Lourenço fica a cerca de 80 km ao oeste do município de Calçoene dentro das coordenadas 51°38'00" de longitude oeste e 02°18'11" de latitude norte (LIMA, 2013) nas cabeceiras do rio Cassiporé, num alto topográfico conhecido como Serra Lombarda (OLIVEIRA,2010). A região do garimpo de Lourenço (FIGURA 4) localiza-se na área de conservação da Floresta Estadual do Amapá – FLOTA. Esta por sua vez, diferentemente de outras categorias de Unidades de Conservação – UC's permite a atividade de exploração mineral, sendo esta a única Unidade do Estado com previsão para cessão de direitos de uso sustentável de recursos naturais não renováveis (MME, SEICOM, IEPA, 2010 apud AMAPÁ, 2013).

A maioria dos garimpeiros possui famílias residentes na área urbana de Lourenço. Essa tradição centenária é semelhante aos garimpos coloniais de Minas Gerais (NISHIDA e RIBEIRO,2012) o que proporcionou a elevação da região em distrito. Contudo, para se chegar as áreas de garimpo é necessário percorrer 2 km de estrada cascalhada (DA SILVA, 2005). Quanto à população local, esta apresenta-se na maioria das vezes inconstante resultado da alta e baixa da produção de ouro da localidade (DA SILVA, 2005). Contudo, segundo dados do IBGE (2010)<sup>19</sup> o número de residentes no período apresentava-se distribuído em torno de 1.626 pessoas na área urbana e 240 pessoas na área rural.

---

<sup>19</sup> Site: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/default.shtm>

**FIGURA 4 - GARIMPO DE LOURENÇO (AP)**



Fonte: IBGE (2010) e Projeto TerraClass (2012)

A exploração mineral na região iniciou por volta de 1890 com a descoberta de ouro, gerando uma invasão de estrangeiros residentes nas fronteiras (AMARAL, 1980). O crescente número de imigrantes fez surgir algumas vilas, como Lourenço, Regina e Limão. O número de garimpeiros na região durante o ápice do ouro chegou a atingir cerca de 6.000 pessoas (DA SILVA, 2005). Mas foi no final da década de 1960, com a implantação da extração mecanizada que proporcionou o aumento da capacidade de desmonte que acelerou o desmatamento e o processo erosivo nas encostas dos morros, provocando deslizamentos de taludes e queda de blocos rochosos (DNPM, 1997 apud LIMA, 2013). Conseqüentemente, todo esse material removido mais o derramamento de óleo, de combustíveis fósseis, graxas, o uso de mercúrio e reagentes químicos contribuíram fortemente para o aumento da poluição química. Segundo Da Silva (2005), eles foram os responsáveis pelo aumento dos impactos nos cursos d'água e da mudança na topografia da região.

A exploração mineral em Lourenço foi marcada por dois momentos importantes: o primeiro, a predominância da extração artesanal; e o segundo a entrada de empresas extrativas minerais, como: a Mineração Novo Astro S/A - MNA e Mineração Yukio Yoshidome - S/A – MYISA (1986 e 1989), respectivamente. A Empresa MNA em suas extrações na área, chegou ainda a utilizar o método de precipitação e lixiviação com cianeto e zinco para a produção de ouro primário (CHAGAS, 2010) produtos altamente poluentes.

Após a saída das mineradoras da região houve um grande êxodo populacional. Mas alguns garimpeiros permaneceram no local retomando o trabalho sobre o material deixado por elas nos baixões e no próprio leito dos rios Cassiporé e Reginá (LIMA, 2013) provocando a desestruturação do solo e a formação de cavas em diversas dimensões. Os garimpeiros que permaneceram na área buscaram reabrir as minas Salamangone e Labourie interditas por representarem perigo de vida para os garimpeiros. Estes justificavam que as minas ainda possuíam reservas de minério primário<sup>20</sup>.

Os garimpeiros que permaneceram em Lourenço formaram a Cooperativa dos Garimpeiros (COOGAL) que funcionava nas instalações da antiga mineradora da

---

<sup>20</sup> Fato este comprovado tempo depois pelo Relatório de Subprograma de Políticas de Recursos Naturais do PPG7 (Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil) do Estado do Amapá que verificaram em estudo a existência de 14,4 toneladas de ouro para o morro de Salamangone e 1,4 para a área do Labourie (RELATÓRIO PPG7, 1997 apud DA SILVA, 2005).

empresa MNA. A Coogal tinha como objetivo organizar melhor os garimpeiros na tentativa de estabelecer negociações junto ao poder público e demais instituições para a conquista do direito de lavra do local e regularização das atividades. Quando a Coogal assumiu em 1995 a área de garimpo, foi assinado entre a MNA e a Cooperativa um “Instrumento Particular de Cessão de Direitos” onde aquela transferia todos os direitos decorrentes das áreas oneradas por Portaria de Lavras nº291/86 292/86 aos garimpeiros e a Cooperativa se responsabilizaria em assumir e cumprir todos os ônus e obrigações aos direitos minerais e as obrigações junto aos órgãos do meio ambiente. Desta forma, estaria isentando a MNA de quaisquer encargos provenientes da referida Cessão. Este documento<sup>21</sup> foi encaminhado à Brasília para ser protocolado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM para iniciação do processo de lavra.

Neste mesmo ano, foi aprovado em Assembleia Geral o Estatuto Social da Cooperativa, dando destaque para o Artigo 2º que contemplava os seus principais objetivos:

- Adquirir diretamente bens de consumo e produtos necessários à atividade garimpeira, quer de fontes produtoras, quer de fontes distribuidoras, nacionais ou estrangeiras, e fornecê-los nas melhores condições de preço possíveis ao seu quadro social;
- Realizar a prospecção, pesquisa e lavra de jazidas minerais;
- Prestar assistência técnica, educacional e social ao quadro social e seus familiares;
- Transportar, classificar, armazenar, beneficiar, industrializar, embalar e comercializar a produção dos seus cooperados.

O Termo de Ajustamento de Conduta – TAC assinado em 2001 entre as instituições: Procuradoria da República do Estado do Amapá, o DNPM, a COOGAL, Empresa JI Almeida Monteiro – Raio Explosivos e a Empresa TNTCOM. Mineração e Serviços Ltda, com vigência de 90 dias, não permitia a exploração da mina subterrânea, apenas a céu aberto e tinha como objetivo amparar juridicamente as atividades dos garimpeiros até que soluções definitivas fossem alcançadas para os

---

<sup>21</sup> Até 1998 a cessão dos direitos ainda não havia sido dada a Coogal e neste mesmo ano por uma série de denúncias envolvendo acidentes na área de garimpo, o DNPM resolveu interditar o uso das atividades na mina.

problemas sociais, dando início ao processo de regularização das atividades da Coogal.

Apesar da Cooperativa ter recebido os direitos minerários após ter se comprometido a trabalhar dentro da legalidade de acordo com o seu Plano de Adaptação de Lavra, a sua situação continuava delicada, porque não poderia abarcar o estabelecido pelo Código de Mineração de gerir a atividade conforme uma empresa de mineração, uma vez que os depósitos secundários se encontravam em exaustão. Este fato contribuiu para que a mesma solicitasse em 2002 um pedido para adiantamento também da exploração de tantalita e a utilização estéril para a transformação em brita e um pedido de exploração subterrânea (DA SILVA, 2005).

A exploração subterrânea foi iniciada em maio de 2003, com a montagem de toda uma estrutura de maquinários resultando no crescimento da produção e no aumento da imigração, chegando a quase quadruplicar no período de um ano (DA SILVA, 2005). No entanto, a sua permissão só foi concedida por meio do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) em setembro de 2003 assinado pelo Ministério Público Federal, Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e a Coogal. O TAC assegurava por um prazo de 180 dias o estudo do reaproveitamento econômico da exploração subterrânea, sendo depois prorrogado pelo prazo de mais 180 dias com a condição da Cooperativa aplicar 20% dos lucros em prol dos cooperados incluindo saúde, educação, segurança e equipamentos. Porém, a estrutura e a atuação da Coogal inviabilizaram esta condição imposta pelo TAC assinado.

Também em 2003 foi eleito o primeiro Presidente da Cooperativa pelo voto da maioria. No ano seguinte ele foi envolvido em denúncias pelos garimpeiros por abuso de poder, desvio de verba, trabalho escravo e etc. Isso motivou o Ministério Público a afastar a diretoria para uma investigação contábil e nomear uma Junta Governativa para administrar a Coogal até novembro do corrente ano. Contudo, com a entrada da Junta Governativa essa produção de ouro caiu bastante, diminuindo o número de trabalhadores já que parte dessas minas foram fechadas por conter muitos rejeitos que eram jogados da parte superior para a parte inferior da mina e também pelo excesso de água devido ao período de intensa chuva na região.

No mesmo ano de 2004, em novembro precisamente, assume a nova Diretoria da Coogal encontrando uma dívida em torno de R\$ 40.000,00 e um patrimônio avaliado em torno de R\$ 300.000,00 entre tratores, bombas e etc. Da

mesma forma que a direção anterior, esta também teria que cumprir o estabelecido no TAC, e, entre outras coisas, investir 20% de seus lucros em educação, social e segurança dos cooperados, além de estabelecer medidas de exploração menos impactantes ao meio ambiente, visto que, naquela região vastas áreas já haviam sido desmatadas (mata ciliar) para dar início a formação de garimpos e povoados utilizando forma rudimentar de exploração, causando impactos aos recursos hídricos, como a mudança no curso d'água da bacia e o aumento da quantidade de solos suspensos, turvamento das águas e assoreamento (PINTO et al., 1999 apud LIMA, 2013). O represamento dos rejeitos ocasionou a formação de lagoas que se transformaram em criatórios para insetos transmissores de malária provocando a morte de alguns garimpeiros (PINTO et al., 1999 e COUTO et al., 2001 apud LIMA, 2013). Os principais impactos causados pela COOGAL a partir de 1995 estiveram voltados para o desmonte dos morros, desmatamento e liberação de rejeitos com substâncias contaminantes nos cursos d'água e assoreamento dos mesmos (PINTO et al., 1999 apud LIMA, 2013).

As técnicas de extração e beneficiamento do ouro realizadas pelos garimpeiros artesanais, são: a céu aberto ou em minas subterrâneas (MATHIS et al., 1997 apud DA SILVA, 2005).

#### **A céu aberto**

- Procedem primeiramente com a limpeza do local ou decapeamento;
- A escolha do método a ser utilizado conforme as condições da rocha: picareta, trator, martelo hidráulico, bico-jato ou explosivos.

#### **Lavras subterrânea**

- Abertura de um poço que é rebaixado até a camada de cascalho aurífero ou a rocha mineralizada, posteriormente os garimpeiros podem seguir horizontalmente a direção do veio aurífero com a construção de galerias;
- Os equipamentos utilizados são: pá, picareta, martelos hidráulicos e explosivos.

Segundo Da Silva (2005) a extração de ouro utilizando o mercúrio na região de Lourenço pode ser:

- I. A céu aberto do minério secundário é realizada por meio de bico-jato, chupadeira e bateia – o mercúrio é adicionado diretamente neste utensílio a “bateia” para fazer o amálgama do metal. Em seguida, o material é queimado com o auxílio do maçarico e sem proteção. A introdução do bico-jato e da

chupadeira facilitou o trabalho e também a quantidade de material a ser processado. Logo em seguida, o material que é desmanchado com o auxílio da água (desmonte hidráulico) é chupado pela chupadeira e conduzido até as caixas concentradoras que tem a finalidade de diminuir a velocidade da água e reter o ouro, que por ser mais denso ficam contidos nas placas. A autora também argumenta que o mercúrio pode ser adicionado diretamente nas caixas, ou se quiser, em um segundo selecionamento em contentores específicos;

- II. A lavra de minério primário é realizada com a abertura de galerias ou “shafts”, com o auxílio de picaretas, pás e utilização de dinamites e maçaricos. Na época que a mina foi reaberta em 2003, a maioria do trabalho foi concentrado no bombeamento das águas dos túneis para a liberação da mina no processo de lavra e todo o rejeito do material era ensacado e conduzido até os túneis principais da mina e depois transportado até o moinho. A partir do moinho é realizado o mesmo procedimento de beneficiamento do ouro descrito, com a raspagem das placas (essas placas também são queimadas diretamente com maçaricos porque a recuperação do ouro fica retida e só a raspagem não é o suficiente) e a queima do material que são realizados sem o menor cuidado com a inalação do vapor do mercúrio. Nesta mesma mina<sup>22</sup> existia outra frente de trabalho envolvida na abertura de poços e galerias utilizando o mesmo mecanismo de exploração e beneficiamento do minério.

#### 4.3 MEDIDAS MITIGADORAS NA REGIÃO DE GARIMPO EM LOURENÇO (AP)

A Mineradora Novo Astro – MNA foi a única que atuou na redução dos impactos ambientais por meio da realização de dois Planos de Recuperação de Áreas degradadas (PRAD's) recomendados pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Amapá. O primeiro PRAD's foi elaborado em 1989, sendo iniciado em 1990 e concluído em 1995 pela empresa Ampla Engenharia. As ações realizadas no PRAD's não contemplaram a recuperação dos recursos hídricos, apenas o controle da erosão, adubação e plantio de gramíneas e de algumas árvores frutíferas. Após a sua

---

<sup>22</sup> Na Mina Salamagone estava concentrada a maior quantidade de minério, por isso o grande interesse dos garimpeiros em trabalhar lá. Inclusive, devido ao trabalho intenso até os pilares de sustentação deixados pela MNA foram lavrados.

conclusão, a área foi fiscalizada e aprovada pelos órgãos ambientais da época (DA SILVA, 2005).

Não obstante, em 2002 através de uma nova denúncia sobre as condições da região de Lourenço, após averiguação na área, foi estabelecido um novo TAC em dezembro 2002 assinado pelo Ministério Público Federal, Coogal, a MNA, o DNPM e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) que previa a Empresa MNA que por ter esta a posse do passivo ambiental e este por ser intransferível, ela deveria recuperar novamente a área. Foi realizado um outro PRAD novamente pela Empresa Ampla Engenharia no período (2003/2004) com as seguintes medidas: controle de encostas, drenagens dos rios e igarapés e a criação de sistemas agroflorestais a começar pela retirada de alguns tambores contendo contaminantes que ainda se encontravam na área. Desta vez, conforme se observa as ações também foram voltadas para os recursos hídricos.

Outro mais, aquelas áreas que não pudessem ser reparadas naquele momento, por haver ainda garimpeiros trabalhando, os recursos disponibilizados para isso deveriam ser depositados em uma conta no nome da Coogal no total que fossem necessários para uma recuperação posterior. Contudo, como a Coogal até meados de 2004 ainda não havia aberto uma conta para o depósito deste valor, o mesmo foi depositado em juízo na conta do Ministério Público Federal. Da mesma forma, como também ainda não havia apresentado no referido ano o Plano de Controle Ambiental da área e o licenciamento das atividades junto ao órgão ambiental responsável conforme exigências da Resolução CONAMA nº 10/90.

#### 4.4 PROCESSO PARA O LEVANTAMENTO DOS CUSTOS

Considerando o contexto da nossa pesquisa, apresentada em (4.2 e 4.3) podemos agora destacar que para a estimação do valor econômico da bacia, foram identificadas algumas ações para restabelecer a qualidade do serviço ambiental: o reflorestamento da área desmatada, a dragagem do rio assoreado e a implantação de tecnologias limpas em substituição ao uso do mercúrio (**TABELA 5**).

O MCR foi aplicado para o **reflorestamento**. O primeiro passo foi a identificação da área da região afetada pelo desflorestamento (em ha) ocasionado pela extração mineral. Os dados foram obtidos pelo Projeto TerraClass (2012) através do PRODES (monitoramento das florestas brasileira por via satélite) que realiza a classificação por tipo de uso e cobertura.

O segundo passo foi o levantamento de todos os custos auferidos para o reflorestamento da área, por hectare. Os custos envolveram o meio biótico (espécies de mudas nativas prontas para o plantio), abiótico (insumos para a preparação do solo para receber o plantio) e o socioeconômico (mão-de-obra) para a execução dos serviços.

O MCR foi utilizado para a realização da **dragagem** do rio. Para calcular o volume de sedimento removido, por ano, pela atividade de exploração de garimpo, utilizou-se os estudos de Bezerra, Veríssimo e Uhl (1998) aplicados no rio Tapajós no Estado do Pará, estimou-se que uma operação típica de extração por par-de-máquinas de alta à média potência (informação verbal)<sup>23</sup> altera, por ano, em média 5.700 m<sup>2</sup> de superfície de solo e remove 10.500 m<sup>3</sup> de sedimentos anuais.

Para estimar o valor econômico do serviço ambiental da BRC pelo MCE utilizou-se o levantamento dos gastos na prevenção da contaminação por mercúrio, por meio do uso de equipamentos para manter o serviço de provisão de água. A **tecnologia limpa** apontada foram os concentradores gravitacionais em substituição ao uso do mercúrio. O funcionamento do equipamento consiste na separação do ouro utilizando a força gravitacional por diferença de gravidade, de acordo com o tamanho, peso e forma da partícula (BURT, 1999 apud VIEIRA 2006). Elas atualmente têm sido utilizadas com sucesso nas grandes indústrias de mineração, com capacidade de alcançar a recuperação dos minerais de partículas mais grossas em até 96% (VIEIRA, 2006).

**TABELA 5 – IDENTIFICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA A VALORAÇÃO**

<b>Etapas</b>	<b>Métodos</b>	<b>Procedimentos</b>
Reflorestamento	MCR	Custos para o reflorestamento da área por hectare.
Dragagem da Bacia	MCR	Custos por metro cúbico para a remoção de rejeitos (Metodologia Bezerra, Veríssimo e Uhl, 1998)
Tecnologia Limpa	MCE	Custos do concentrador gravitacional

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.5 PROCEDIMENTOS PARA O ESTABELECIMENTO DO VE

A estimação do Valor Econômico - VE pelo uso direto e indireto do serviço de provisão de água da bacia foi estabelecido pela equação da soma dos custos de repor mais os custos na prevenção de perdas.

<sup>23</sup> Os mesmos equipamentos utilizados em Lourenço (AP) conforme entrevista realizada com o Sr. José Haroldo (Diretor da Coogal), outubro(2015).

Para o estabelecimento da equação do MCR verificou-se (Equação 3) que (D) representa a disponibilidade da água que está em função dos custos de reflorestamento (CR) e dos custos de dragagem (CD).

**Equação 3:**

$$D = f (CR + CD)$$

Para a composição (Equação 4) do MCE, o (D) representa a disponibilidade da água em função de (P) que representa o serviço de provisão de água, mais os custos realizados em substituto que é a implantação de tecnologia limpa (CITL) para não alterar o produto (P) e manter a disponibilidade da água (D).

**Equação 4:**

$$D = f (P + CITL)$$

Deste modo, a formação do VE consistiu em somar todos os custos necessários, em reais, com o reflorestamento, dragagem e tecnologias limpas em substituição ao mercúrio. Formando assim a,

**Equação 5:**

$$VE = CR + CD + CITL$$

Onde,

O Valor Econômico do Serviço Ambiental – VE estimado para a BRC é a soma dos Custos de Reflorestamento e mais os Custos de Dragagem **CD** que representam o MCR, somados aos Custos de Implantação de Tecnologias Limpas **CITL** que representou o MCE.

Os parágrafos acima, detalharam todos os procedimentos para chegar a (Equação 5) que calculou o VE estimado da BRC através da soma das três ações. De uma certa forma, os cálculos concernentes aos dois métodos, são relativamente simples porque envolvem custos operacionalmente tangíveis e fáceis de captar, conforme demonstrado no capítulo seguinte.

## 5 VALOR DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA: UMA PROPOSTA PARA A BRC

Baseadas nos procedimentos que acabamos de apresentar, as estimativas que são apresentadas nas próximas páginas refletem os gastos iniciais necessários para o reflorestamento, a dragagem do rio e a implantação de um centrifugador (para substituir o mercúrio). Esses gastos podem ser interpretados como o valor do investimento inicial necessário para viabilizar o restabelecimento do serviço de provisão de água da BRC. Por outro lado, a agregação desses três componentes de custos reflete os elementos da equação do VET que identificamos no Capítulo 4 (ver Equação 5) como atributos de uso direto e indireto do serviço.

### 5.1 CUSTO DE REPOSIÇÃO DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA

#### Reflorestamento

O reflorestamento é considerado a melhor alternativa quando se quer restabelecer o equilíbrio de um ciclo hidrológico, permitindo que a floresta proteja a nascente de um rio e servindo como cortina para evitar o assoreamento, regulação do volume das águas, evitar que os ciclos aquáticos sejam interrompidos (MARTINS, 2011). Em nossa pesquisa, a técnica adotada no reflorestamento foi a seleção de espécies (frutíferas) que para Martins (2011) é a mais indicada para aquelas áreas que sofreram grande impacto causado pela mineração. Essa alternativa vem apresentando um relativo sucesso no Brasil na recuperação de áreas degradadas (EMBRAPA, 2003; DF, 2010; EDP, 2013). Segundo Amapá (2008) o solo da região apresenta potencial para plantações frutíferas e madeireiras (GONÇALVES e DA COSTA, 2013).

Os procedimentos por nós adotados para o reflorestamento foram baseados nos estudos de Gonçalves e Da Costa (2013) e por Martins (2011), composto das seguintes etapas:

**Preparação do solo**<sup>24</sup> – compreende a limpeza da área manualmente e a realização de coroamento ao redor da cova das espécies arbóreas. Não cabe a área a presença de máquinas porque podem danificar ainda mais o terreno.

---

<sup>24</sup> Os responsáveis por cada frente de trabalho, após finalizar a atividade, devem retornar para dentro das cavas exauridas, todo o solo orgânico e material estéril que foram armazenados ao longo da extração de minério. Para depois, começar a readaptação do solo (Nishida e Ribeiro, 2012, p. 7).

**Combate as formigas cortadeiras** – essas podem provocar danos consideráveis nas mudas e até altas taxas de mortalidade, e isto em grande parte ocorre na fase inicial do plantio. O combate compreende a aplicação de insumos químicos;

**Coveamento** - foi sugerido com 40 cm de largura com 30 cm de profundidade. Esta medida é recomendável para áreas mineradas.

**Adubação das covas** – em virtude do empobrecimento do solo provocado pelo tipo de atividade, as mudas precisam se desenvolver rapidamente para proteger o solo da erosão e servir como cortina para o leito do rio, havendo a necessidade da adubação química.

**Plantio das mudas** – as mudas são compostas por plantas nativas da região, dando prioridade às frutíferas que atraem a fauna e servem como alimento e devem ser plantadas em nível, obedecendo uma distância de 3x3, ou seja, 3,0 metros entre mudas nas linhas de plantio e 3,0 metros entre linhas de plantio para incentivar o crescimento de sub-bosque o que determinará o plantio de 1.111 mudas/ha.

**Replântio** – após o plantio, geralmente, há uma perda em torno de 20% por algumas razões, entre elas as mais comuns, são: no próprio plantio mesmo, no transporte e durante o armazenamento (DF, 2010). Havendo necessidade de após dois meses voltar a área e fazer o replântio.

A primeira etapa das estimativas de custos correspondeu ao meio abiótico, estimados por hectare (ha). O detalhamento dos componentes de custos e seus valores estimados estão resumidos na Tabela 6. O valor total obtido equivale a R\$ 21.133,74 (Vinte e um mil, cento e trinta e três reais e setenta e quatro centavos), a valores monetários de 2014. A esse valor devem ser adicionados os custos relativos ao meio socioeconômico (também por hectare), compostos essencialmente com gastos com mão de obra necessária para as diferentes etapas detalhadas na Tabela 7. Esse segundo grupo de custos de reflorestamento alcançou um valor por hectare de RS 7.980,00 (Sete mil, novecentos e oitenta reais). Dessa maneira, o custo total por hectare reflorestado corresponde à R\$ 29.113,74 (Vinte e nove mil, cento e treze reais e setenta e quatro centavos).

O Projeto TerraClass (2012) identificou 401,2 hectares de áreas degradadas pelo uso do solo por atividade mineral em Lourenço. Assim, para reflorestar uma área de 401,2 ha o custo total estimado alcanço R\$ 11.680.432,49 (Onze milhões,

seiscentos e oitenta mil, quatrocentos e trinta e dois reais e quarenta e nove centavos) (TABELA 8).

**TABELA 6 - CUSTOS DO MEIO ABIÓTICO (por ha).**

Meio abiótico	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Mudas + 20%	1.333 und.	15,00	19.995,00
NPK	133.300 kg	2,50	333,25
FTEBR 12	39.990 kg	3,50	139,97
Calcário dolomítico	133, 300 kg	0,60	79,98
Inseticida	2000 ml	39,50*	79,00
Superfosfato triplo	133,300 kg	3,80	506,54
<b>Total</b>			<b>21.133,74</b>

Fonte: Secretaria Estadual de Desenvolvimento Rural – SDR (2015). (\*) preço por litro.

**TABELA 7 - CUSTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO (por ha).**

Descrição da atividade	Mão de obra	Qtd de diárias	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Roçada	06	10	35,00	2.100,00
Coroamento	06	4	35,00	840,00
Aplicação de defensivo	06	4	35,00	840,00
Abertura de covas	06	4	35,00	840,00
Adubação de covas	06	4	35,00	840,00
Plantio	06	6	35,00	1.260,00
Replanteio	06	6	35,00	1.260,00
<b>Total</b>				<b>7.980,00</b>

Fonte: Secretaria Estadual de Desenvolvimento Rural – SDR(2015).

**TABELA 8 – CUSTO TOTAL DA RECUPERAÇÃO FLORESTAL**

Descrição da atividade	Área (ha)	Valor por ha (R\$)	Valor total (R\$)
Reflorestamento	401,2	29.113,74	<b>11.680.432,49</b>

Fonte: Projeto TerraClass (2012).

### Dragagem do rio

Apesar da sua inegável importância para a recuperação da qualidade da água do Rio Cassiporé, o reflorestamento é apenas uma das medidas iniciais necessárias

para a redução ou eliminação desse dano decorrente da atividade de garimpo de ouro ao garantir a manutenção das margens do entorno da bacia. Uma outra medida essencial para essa recuperação é retirar todo o rejeito que se encontra depositado no fundo do rio.

No garimpo de Lourenço, no município de Calçoene (AP) estão localizadas, em média, 75 frentes de trabalho. Em cada uma delas possui um par de máquinas de média à alta potência<sup>25</sup> com a capacidade de retirar cerca de 5.700 m<sup>2</sup> de superfície de solo e remover 10.500 m<sup>3</sup> de sedimentos<sup>26</sup> por ano. Isso totaliza um acumulado de 787.500 m<sup>3</sup>/anual que são depositados tanto em rios como nas partes planas ao redor das caixas concentradoras.

Para estimar o custo de retirada do rejeito depositado no fundo rio, o primeiro passo é estimar o volume de sedimentos a ser retirado do fundo do rio. Nossa hipótese foi assumir o total acumulado ao longo de vinte anos<sup>27</sup> de atividade garimpeira. Nosso cálculo gerou um total de 15.750.000 m<sup>3</sup> de sedimentos depositados tanto em rios como nas partes planas ao redor das caixas concentradoras. Do total de 15.750.000 m<sup>3</sup> estimamos que, aproximadamente, 2.362.500 m<sup>3</sup> vão diretamente para o leito do rio por se tratar de partículas finas. A outra parte restante do material mais grosso, fica retida nas caixas concentradoras (BEZERRA, VERÍSSIMO e UHL, 1998). Os custos totais de remoção estão resumidos na Tabela 9.

**TABELA 9- CUSTO DE DRAGAGEM DE SEDIMENTOS DA BRC**

Nº	Especificação	Sedimentos	Preço Unitário (R\$/m <sup>3</sup> )	Total (R\$)
1	Draga de sucção entre 8" à 12" (polegadas)	2.362.500 m <sup>3</sup>	22,60	<b>53.392.500,00</b>

Fonte: Rio Amazonas Dragagem e Empreendimentos (out/2015).

## 5.2 CUSTOS DA PREVENÇÃO DO SERVIÇO DE PROVISÃO DE ÁGUA

### Custos de Tecnologias Limpas

Nós já destacamos as consequências do uso de mercúrio no garimpo de ouro. Apesar da diversidade e relevância dessas consequências, em particular sobre a saúde humana, elas não foram mensuradas nesta pesquisa, por absoluta ausência

<sup>25</sup> Entrevista realizada com o Sr. José Haroldo Farias (membro da Diretoria da Coogal) outubro (2015).

<sup>26</sup> Fonte: Bezerra, Veríssimo e Uhl (1998).

<sup>27</sup> Período de 1995 à 2015 quando a Coogal assumiu à área.

de dados confiáveis. Aqui, nos restringimos a estimar os custos de eliminar o uso de mercúrio da exploração do ouro, substituindo-o por um procedimento alternativo.

A tecnologia limpa apontada, como já destacado, baseia-se nos concentradores gravitacionais em substituição ao uso do mercúrio. O funcionamento do equipamento consiste na separação do ouro utilizando a força gravitacional por diferença de gravidade, de acordo com o tamanho, peso e forma da partícula. O centrífugador mais apropriado para a área de estudo é o modelo STL20 com capacidade de recuperar o ouro natural de tamanho 0,074 mm até 98% e para partículas até 0,04 mm a recuperação do ouro é de 97%.

Após obter o preço de um separador gravitacional multiplicamos esse preço por o número médio de frentes de trabalho existentes na área estudada e chegamos ao custo de investimento total de R\$ 1 852 500,00, em valores de 2015, como apresentado na Tabela 10.

**TABELA 10 - CUSTO DA IMPLANTAÇÃO DO SEPARADOR GRAVITACIONAL**

Quantidade	Modelo	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
75*	Feeding Capacity (T/h) – STL20 de 0-600 kg/h.	24.700,00 <sup>28</sup>	1.852.500,00

Fonte: Empresa Jiangxi Well-tech International Mining Equipment Co. Ltda.(2015). \* Quantidade média de frentes de trabalho.

### 5.3 CÁLCULO DO VALOR ECONÔMICO (VE)

Ao finalizar os cálculos dos três componentes considerados para refletir o valor econômico dos investimentos necessários para recuperar a degradação provocada pelo garimpo de ouro na BRC, chegamos ao estágio final desta pesquisa que é explicitar esse valor econômico. Assim, nesta seção foram somados todos os custos com a reposição e prevenção para estabelecer o serviço de provisão de água representados na Equação 5 do VE apresentada no Capítulo 4.

Por meio de procedimentos do Método Custo de Reposição/Recuperação (MCR) obtivemos os custos com reflorestamento, CR = **11.680.432,49**, mais os custos com a dragagem de sedimentos do rio, CD = **53.392.500,00**. Já ao seguir a lógica do Método Custos Evitados (MCE), estimamos os custos com a tecnologia limpa, os

<sup>28</sup> Preço do centrífugador U\$ 6.500,00. Cotação do Dólar U\$ 3, 8 (aproximadamente) em 06/11/2015

centrifugadores, para evitar que os danos causados pelo mercúrio continuem, que alcançaram o montante de CITL = **1.852.500,00**

**Equação 5:**

$$VE = CR + CD + CITL$$

$$VE = 11.680.432,49 + 53.392.500,00 + 1.852.500,00 = \mathbf{R\$ 66.925.432,49}$$

(Sessenta e seis milhões, novecentos e vinte e cinco mil, quatrocentos e trinta e dois reais e quarenta e nove centavos).

A partir deste ponto, precisamos interpretar cuidadosamente o significado deste valor para que possamos, posteriormente, avaliar a importância da sua magnitude.

O valor estimado representa o montante do investimento necessário para que a recuperação da BRC possa ser iniciada na busca de tornar a Bacia capaz de voltar a ofertar um serviço ecossistêmico essencial: provisão de água em quantidade e qualidade adequadas. Se esse serviço ecossistema for recuperado na BRC ele poderá garantir o bem-estar das pessoas que residem no seu entorno e que dependem do serviço para garantir a manutenção das atividades econômicas que desenvolvem.

Deve ficar claro, então, que o valor obtido representa apenas o valor inicial dos custos envolvidos para a eliminação de todos os danos causados pela atividade de garimpo de ouro na BRC. O valor obtido abrange apenas os gastos iniciais (e alguns gastos com o replantio de mudas)<sup>29</sup>. Representa, portanto, apenas uma parcela do VET dos danos causados pela atividade mineral na área. Dito de uma outra forma, uma parte dos custos econômicos/sociais/ambientais da atividade mineradora é equivalente a R\$ 66.925.432,49.

Uma pergunta que surge: por que não foi obtido o valor econômico total desses danos? Diversas são as possíveis explicações. A primeira delas diz respeito à não disponibilidade de informações empíricas. Pensamos em estimar, por exemplo, o custo econômico dos efeitos do mercúrio sobre a saúde humana. Estamos cientes, como já evidenciamos nesta dissertação, que esses efeitos tendem a ser os mais significativos efeitos negativos do garimpo. Não obstante, não conseguimos informações confiáveis sobre a ocorrência de doenças derivadas do mercúrio na região ou no estado do Amapá.

---

<sup>29</sup> A probabilidade de perda das mudas após o plantio é de 20% (MARTINS, 2011).

Uma segunda explicação para termos um valor que subestima o verdadeiro valor econômico total está relacionada com os métodos de valoração que utilizamos. Conforme já observado, ambos os métodos não captam todos os componentes do VET (valor de opção, quase opção e de existência) apenas parte dele. Contudo, é preciso lembrar que o valor encontrado é uma estimativa plausível, apesar de não a desejável. Para Christie (2012, p. 11, tradução nossa) o MCR e MCE têm abordagem de “preço de mercado” focando o “lado da oferta” da prestação de bens e serviços ambientais [...] como tais, não correspondem diretamente a noção de valor econômico total.

Nossa preocupação foi com a plausibilidade – confiabilidade – do valor estimado, não com a busca de todos os componentes de VET. Tentamos evitar chegar a um valor superestimado. Por exemplo, em relação ao procedimento da retirada de rejeitos da bacia, evitar superestimação se mostrou muito importante. Embora alguns estudos defendam que só o reflorestamento, na maioria das vezes, consiga restabelecer o ciclo hidrológico dependendo do grau de degradação de um ecossistema (ARONSON, DHILLION e LE FLOC’H, 1995). No entanto, as incertezas que ainda persistem em relação as mudanças climáticas e a diversidade de cada região, não possibilitam definir com clareza quanto tempo seria necessário para que a natureza ofereça condições de expelir todos os resíduos, o que poderia levar um longo tempo para a recuperação da bacia.

Por este motivo, mostrou-se importante considerar os custos com o serviço de dragagem fortalecido pelo argumento da “restrição a sustentabilidade”, que é a ideia de manutenção dos estoques da natureza ou a garantia de sua reposição por processos naturais ou por intervenções humanas.

Ainda em relação a nossa preocupação de não superestimar valores, são relevantes alguns comentários relativos à escolha de nossa alternativa tecnológica de exploração do ouro. Nos últimos anos, a mineração artesanal tem causado, em geral, mais danos ao meio ambiente do que a mineração por empresas modernas, requerendo a adoção de tecnologias adequadas e evoluídas com pessoas capacitadas. A motivação para essa mudança pode ser atribuída à percepção da redução da qualidade de bem-estar das pessoas e da necessidade de adequação por exigências das leis ambientais. Contudo, ainda persiste a falta de informação sobre os métodos acessíveis para reduzir impactos e a falta de incentivos para mudar a realidade atual.

Recentemente, alguns garimpos como o Suriname, Guiana e Guiana Francesa vêm efetuando gastos preventivos com a instalação de equipamentos de separação por gravidade em substituição ao mercúrio. Esses equipamentos são considerados relativamente eficientes dependendo do tamanho da alimentação com capital relativamente baixo e de fácil de operacionalização. No entanto, esses equipamentos ainda não são considerados um substituto perfeito ao mercúrio porque ainda possuem algumas limitações, entre elas, quanto ao tamanho das partículas extraídas, pois não conseguem ser tão eficientes quando se tratam de partículas bem mais finas. Portanto, o mercado de produção mineral vem se ampliando na busca de desenvolver a cada dia separadores por gravidade mais aperfeiçoados para partículas mais finas < 100  $\mu\text{m}$  (KOKKILIC, LANGLOIS e WATERS, 2015) sendo de fácil operacionalização, mais especializados na captação de partículas finas e com custos menores quando comparados há 10 anos atrás.

É nosso entendimento que está claro que o valor por nós estimado representa apenas uma parcela do “verdadeiro” VET do dano causado pelo garimpo de ouro na Bacia do Rio Cassiporé. Isto posto, precisamos agora avaliar a dimensão desse valor de R\$ 66.925.432,49 (Sessenta e seis milhões, novecentos e vinte e cinco mil, quatrocentos e trinta e dois reais e quarenta e nove centavos). Apesar de ser um valor econômico parcial, ele é um valor muito elevado para a realidade social e econômica da região onde a atividade aurífera ocorreu.

De uma perspectiva da tomada de decisão econômica seria essencial comparar os custos econômicos da atividade de garimpo de ouro com os benefícios econômicos por ela gerados. Esses benefícios tendem a se materializar em aumento da renda, do emprego, do efeito multiplicador de renda, do incremento de outras atividades econômicas, etc. A esses benefícios devemos contrapor os custos econômicos da exploração do ouro, nesta dissertação materializado em redução da qualidade e da quantidade de água.

Infelizmente, não foi possível conseguir informações nas diversas Instituições direta ou indiretamente envolvidos com a atividade de exploração mineral no Amapá. Sem elas não foi possível estimar os benefícios econômicos da mineração de ouro e não podemos, em consequência, afirmar que a atividade tem sido vantajosa (B maior do que C) ou desvantajosa (C maior do que B). Sem essa comparação não é possível afirmar de maneira peremptória que o garimpo de ouro é uma atividade social e economicamente recomendável de uma perspectiva econômica (social e ambiental).

Não obstante, o valor por nós estimado precisa ser avaliado em sua dimensão, mesmo que seja uma avaliação parcial. Para isso, comparamos o valor obtido com o orçamento de um município relevante da BRC que tem sua economia voltada para o setor primário com potencialidades para as atividades extrativa e agrícola. De acordo com informações locais,<sup>30</sup> o orçamento estimado para o município de Calçoene referente ao exercício de 2014 foi de R\$ 16.046.036,00 (Dezesseis milhões, quarenta e seis mil, trinta e seis reais).

Quando comparamos aos custos do investimento inicial, por nós estimados, necessários para iniciar o processo de recuperação da BRC em termos do serviço ecossistêmico de provisão de água - que é de R\$ 66.925.432,49 (Sessenta e seis milhões, novecentos e vinte e cinco mil, quatrocentos e trinta e dois reais e quarenta e nove centavos) - verificamos que esse valor equivale a quatro anos de receita orçamentária da Prefeitura de Calçoene. Em outras palavras, se a decisão de recuperar a BRC fosse tomada e se os recursos necessários fossem municipais, a Prefeitura não poderia realizar nenhum outro gasto e dedicar seu orçamento integralmente à empreitada durante quatro anos.

O valor estimado para os custos da degradação do serviço ecossistêmico de provisão de água em quantidade e qualidade adequada (ou dos benefícios de iniciar a recuperação do serviço ecossistêmico de provisão de água) é elevado para as condições sociais e econômica da Bacia do Rio Cassiporé. Fica a esperança de que os benefícios econômicos da atividade garimpeira de ouro tenham sido pelo menos igualmente elevados. Em caso contrário, a atividade de garimpo foi uma escolha econômica e socialmente ineficiente.

---

<sup>30</sup> Portal da Transparência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo estimou o valor monetário do serviço de provisão de água da Bacia do Rio Cassiporé (BRC), degradado por atividades de garimpo de ouro que existem na região há décadas. Como é de conhecimento geral esse serviço ecossistêmico de provisão de água não possui preços de mercado, apesar de ser essencial à vida. Decisões individuais e coletivas baseadas apenas em sinais do mercado tendem a subestimar a importância desse serviço ecossistêmico e estimulam a sua super-exploração.

Recorremos aos pressupostos da economia ambiental para desenvolver procedimentos que nos permitisse obter uma estimativa monetária do valor desse serviço ecossistêmico. Utilizamos a valoração econômica como ferramenta para estabelecer o valor dos recursos naturais em razão de seus atributos de uso e não uso, expressos na equação do Valor Econômico Total – VET. Para isso, utilizamos os métodos de custo de reposição (MCR) e custos evitados (MCE) baseados na função de produção de mercados de bens substitutos. É nossa hipótese de trabalho que estimativas monetárias do valor de serviços ecossistêmicos podem iluminar a busca de um padrão de desenvolvimento sustentável para a atividade extrativa mineral.

O Brasil, nas últimas décadas, vem buscando acompanhar outros países no sentido de criar critérios de sustentabilidade socioambiental em todas as atividades econômicas visando conservar os recursos naturais, entre eles, a disponibilidade das águas. A legislação brasileira tem procurado atribuir bases para a gestão ambiental em cada setor, mas ainda existem alguns entraves que dificultam esse objetivo. Na maioria das vezes, não há interação das políticas setoriais com a ambiental, as decisões tendem a ser tomadas por interesses particulares ou setoriais e que muitas vezes trazem consequências irreversíveis para o bem-estar das pessoas.

Outro desafio é compatibilizar legislação ambiental com legislação mineral. Aquela, por sua vez, é mais recente, proveniente das décadas de 1970 e 1980 e advém dos três níveis da federação brasileira “cabendo à União estabelecer as normas gerais, e aos estados, as normas específicas” (GANEM, 2015, p. 88). Embora a legislação ambiental hoje se apresente como avançada, ela não vem sendo aplicada em todas as unidades federativas por falta de recursos e qualificação técnica. Já a legislação mineral por sua vez é muito antiga e necessita de reformulações, e como emana da esfera federal, a maioria de suas decisões advém dos atos administrativos,

especialmente do Poder Executivo, assumindo um aspecto centralizador priorizando o desenvolvimento do país sem dar muita importância as questões ambientais e sociais de cada região.

Deste modo, verificamos que a atividade garimpeira desenvolvida em Lourenço (AP) tem representado ameaça para o serviço de provisão de água da BRC em razão da retirada da mata ciliar, do assoreamento do rio e da contaminação de seu leito pelos metais-traços, principalmente, o mercúrio. Os resultados obtidos pelas análises de água realizados pelo Projeto Redd+Flota (2011) e Lima (2013) apontaram valores elevados de turbidez, cloreto total e nitrato nas águas do Rio Reginá onde estão localizadas as atividades de garimpo, como também, a presença significativa dos metais: Cd, Cr, Cu, Pb, Zn e Hg, principalmente o mercúrio, em toda a extensão do principal rio da bacia.

O município de Calçoene é conhecido por suas intensas chuvas. No entanto, os resultados observados nas análises de águas não apontaram para essa tendência, o que fortalece a ideia que a turbidez elevada possa ser atribuída a presença do garimpo. O índice elevado de cloreto total apresentado na parte alta do rio, especificamente, o rio Reginá e o Igarapé do Elique (pontos de localização das atividades de garimpo) podem ter duas causas. A primeira, a formação do tipo de solo e rochas da região; a outra, a dissolução de minerais nas águas superficiais. Os demais pontos de coleta nas proximidades (alto do Cassiporé) não apresentaram valores elevados. As amostras de água identificaram também um valor significativo de nitrato no Rio Reginá, geralmente valores elevados são atribuídos aos problemas sazonais quando a coleta de água é realizada no período de chuva e com a ausência de mata ciliar, as mesmas tendem a arrastar todas as impurezas para o fundo do rio.

Em relação aos metais-traços, a presença deles em toda a extensão do Rio Cassiporé pode significar um risco para a vida humana e aquática, principalmente o mercúrio, devido ao seu poder de mobilização. Este pode ficar retido nos sólidos em suspensão e ser arrastado por todo o rio provocando a contaminação das águas e ingerido na forma de metil-Hg formado na natureza pela metilação. Segundo Bastos e Lacerda (2004) a sua biodisponibilidade e sua capacidade de bioacumulação do metilmercúrio na biota aquática através do peixe é um risco para a vida humana.

A partir dessas informações e dessa realidade, nossa pesquisa indica algumas ações e o levantamento de seus respectivos custos para restabelecer o serviço de provisão de água da BRC. Essas ações são o reflorestamento da área

desmatada, a dragagem do rio em razão de seu assoreamento e a implantação de centrifugadores para evitar a contaminação das águas através do uso do mercúrio pelos garimpeiros.

Os custos totais das ações representam o valor econômico do serviço de provisão de água da bacia conforme proposta dos MCR e MCE. Ambos os métodos não captam todo o VET, ou seja, todos os valores de uso e não uso provenientes de seus atributos se apresentando como uma das limitações que lhe são imputadas em razão do serviço prestado pelo ecossistema que não tem preço observado em mercado. Nesse caso, o seu valor foi estimado por outros bens de mercado para repor e prevenir o recurso natural sem levar em conta outros fatores que podem estar sendo comprometidos ou perdidos, como a fauna, a flora e outros ecossistemas, podem subestimar o valor final do serviço.

O valor representou apenas o valor inicial para o investimento necessário para recuperar o serviço de provisão de água da BRC e deve ser entendido como as primeiras ações para a recuperação do mesmo. Contudo, sugerimos a necessidade de mais estudos que se proponham a utilizar outros métodos de valoração que capturem todo o VET do serviço de provisão.

Embora o garimpo artesanal tenha contribuído para absorver a mão-de-obra e a economia local da região, as técnicas utilizadas ainda são, em sua grande maioria, precárias, consequentemente causando danos ao meio ambiente. Diferentemente das grandes mineradoras brasileiras que vêm procurando se adequar às exigências ambientais através de medidas que vão aos poucos deixando para trás a ideia que empresas ao abandonarem o local de exploração, a área fica totalmente degradada e sem nenhum tipo de perspectiva futura. Mas, diante da impossibilidade do fechamento do garimpo por algumas razões já explicitadas, é importante investimento no setor em novas tecnologias acessíveis e qualificação técnicas para os garimpeiros.<sup>31</sup>

Para finalizar, é importante destacar que as ações propostas neste estudo para restabelecer o serviço de provisão, por questões técnicas, dificilmente conseguirão reconstituir integralmente as condições originais porque as perdas de alguns dos supostos ecossistemas já aconteceram e dificilmente poderão ser identificados. Diante dessas perdas referentes aos custos que o garimpo vem impondo à sociedade,

---

<sup>31</sup> O norte é a segunda região responsável pela Contribuição Financeira da Exploração de Recursos Minerais – CFEM, atingindo um percentual de 29% do total Ganem (2015).

é importante definir agora o que é prioridade para a sociedade hoje antes que ocorra a deterioração total do serviço.

É possível concluir que as decisões tomadas até hoje para a região, na grande maioria, sempre estiveram presentes razões setoriais, sem levar muito em conta as questões ambientais, talvez o motivo possa ser justificado pela falta de conhecimento de todos os benefícios proporcionados pelo recurso natural ao bem-estar da comunidade. Isto geralmente acontece por falta de uma avaliação técnica que forneça dados suficientes sobre o serviço e de seus benefícios para nortear agentes públicos à tomar a decisão mais plausível para os indivíduos da região do entorno da bacia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIPAZ, Suzana M. F. **Quantificação e valoração econômica dos serviços ambientais redutores de sedimentação na Bacia do Ribeirão Pipiripau**.86f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília – UnB, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2010.

AMADE, Pedro; LIMA, Hernani Mota de. Desenvolvimento sustentável e garimpo: o caso do garimpo Engenho Podre em Mariana, Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, v. 62, p-237-242. Ouro Preto, 2009.

AMAPÁ, Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá**: primeira aproximação do ZEE, ed.3, Macapá, 2008.

AMAPÁ, IEF/SEMA (Instituto Estadual de Florestas do Amapá/Secretaria Estadual de Meio Ambiente). Plano de Manejo da Floresta Estadual do Amapá: **Diagnóstico da FLOTA/AP**, v 1. Macapá, 2014, 527-f.

AMAPÁ. A socioeconomia e o setor florestal do Estado do Amapá (**Diagnóstico**). Macapá, 2013, p. 1-76.

AMARAL, E. V. **Inventário socioeconômico da província aurífera do Lourenço**. Belém: DNPM,1980, p-55.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Conjuntura dos Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2013, disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/pr ojeto/index.html](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/pr ojeto/index.html). Acesso em: 22 janeiro, 2016.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**, Brasília: ANA, 2005, disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20Caderno%20Qualidade Agua.pdf>>. Acesso em: 19 janeiro, 2016.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Região Hidrográfica da Amazônia**: a maior do mundo em disponibilidade geográfica [201-?]. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2016.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Balanco das águas 2**. Brasília, 2012. Disponível: [http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/BalancodasAguas/Balanco\\_das\\_ag uas\\_2012.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/BalancodasAguas/Balanco_das_ag uas_2012.pdf). Acesso em: 02 de fevereiro de 2016.

ARAÚJO. Lincoln Eloi de et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica** p.1-18, 2003. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/399/366>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2016.

ARONSON, J; DHILLION, S; LE FLOC'H, E. On the need to select an ecosystem of reference, however imperfect: a reply to pickett and parker. **Restoration Ecology**, v.3, p. 1 – 3, 1995.

BARRETO, Paulo et al. A impunidade de infratores ambientais em áreas protegidas da Amazônia. **O Estado da Amazônia**. Imazon, nº 13, agosto, 2009.

BASTOS, W. R; LACERDA, L. D. A contaminação por mercúrio na Bacia do Rio Madeira: Uma Breve Revisão. **Geochimica Brasiliensis**, v.18: 2004, p- 99-114.

BATEMAN, I.; TURNER, K. **Valuation of the environment, methods and techniques: the contingent valuation Method**. In: TURNER, R. K., ed. Sustainable environmental economics and management. Principles and practice. Cap. 5, London and New York: Belhaven, 1992, p. 120-179.

BATISTA, I. C. M et al. Caracterização física e microbiológica da água do rio Itapicuru. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; 2013, p. 64.

BEZERRA, Oswaldo; VERÍSSIMO, Adalberto; UHL, Christopher. Impactos da garimpagem de ouro na Amazônia Oriental. **Série Amazônia** nº 2 – Belém – Imazon. 1998.

BLOG G1. **MP instaura inquérito civil para apurar rompimento de barragens em MG**. Belo Horizonte, 05 de nov de 2015. Disponível em <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/11/mp-instaura-inquerito-civil-para-apurar-rompimento-de-barragem-em-mg.html>. Acesso em: 28 de jan de 2016.

BRASIL, **Decreto-Lei nº 227 de 28 de fev de 1967**. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Presidência da República – Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 1967.

BRASIL, **Decreto-Lei nº 97.634/1989**. Dispõe sobre o controle da produção e da comercialização de substância que comporta risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente, e dá outras providências. Presidência da República – Brasília, 1989.

BRASIL, FNS (Fundação Nacional da Saúde). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, 2014, p. 112.

BRASIL, Ibama ((Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) – **Instrução Normativa nº 8**, Brasília, 3 de setembro de 2012.

BRASIL, Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) - **Lauda Técnico Preliminar**. Brasília, 2015.

BRASIL, **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art.

1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL, **Lei nº 11.685 de 02 de junho de 2008**. Institui o Estatuto do Garimpeiro e dá outras providências. Presidência da República – Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 2008.

BRASIL, **Lei nº 7.805 de 18 de julho de 1989**. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. Presidência da República – Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 1989.

BRASIL. **Código de Mineração** (1967): e legislação correlata. – 2. ed. Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas (Coleção ambiental) v. 2, Brasília, 2011, p. 112.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/publicacaoLegislacaoAnotada/anexo/Completo.pdf>. Acesso: 21 de fevereiro, 2016.

CAHETÉ, Frederico Silva. A extração de ouro na Amazônia e implicações para o meio ambiente. **Novos Cadernos NAEA** – Universidade Federal do Pará, Vol. 1, nº 2 - Belém, 1995.

CALÇOENE, **Lei Orçamentária nº 243/2013**. Estima a receita e fixa a despesa do Município de Calçoene para o exercício de 2014. Calçoene, 2013. Disponível em <http://www.calcoene.ap.gov.br/>. Acesso: 15 de julho, 2016.

CARVALHO, F et al. Mineração sustentável: os desafios de conciliar a exploração de recursos não renováveis a uma prática sustentável geradora de desenvolvimento econômico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. XXIV. Salvador. **A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão**. de 06 à 09 de out. 2009, p. 1-10.

CASTRO, J.D.B; NOGUEIRA, J.M; CASTRO, M.C.G. Retirar e (re)colocar não é a mesma coisa quando se trata do custo reposição para o meio ambiente. In. IV Congresso Internacional de Patrimônio e Desenvolvimento Sustentável PYDES. **Empresa, meio ambiente e sustentabilidade**. UNESP – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais/ Câmpus de Franca 01 a 03 de dezembro de 2015.

CHAGAS. Marco Antônio Augusto. **Conflitos, gestão ambiental e o discurso do desenvolvimento sustentável da mineração no Estado do Amapá**, 232f (Doutorado em Desenvolvimento Sócioambiental). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Amapá, Belém, 2010.

CHAVES, Arthur Pinto. **Estado da arte em tecnologia mineral no Brasil. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE** (Ciência, Tecnologia e Inovação). Secretaria Técnica do Fundo Setorial Mineral. São Paulo, 2002.

CHRISTIE, Mike. Approaches to Valuing Ecosystem Services in Developing Countries. In: Regional Workshop on “Mainstreaming Ecosystem Services Approaches into Development: Application of Economic Valuation for Designing Innovative Response Policies”. Bangkok, 6 à 9 de fevereiro 2012. **Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences**. Aberystwyth University, 2012.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução n. 010** de 06 de dez de 1990. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. Brasília, 1990.

DA SILVA, Eva de Fátima Grêlo. **Análise da implementação dos planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração em Lourenço (Ap)**. 175f. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) Universidade Federal do Pará – UFPA. Belém, 2005.

DeFRIES.R; PAGIOLA, S. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. In. Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. **Island Press**, dezembro, 2005.

DETONI, Terezinha L; DONDONI, Paulo C; PADILHA, Eder Antônio. A escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Foz do Iguaçu – PR. **A energia que move a produção**: um diálogo sobre integração, projeto de sustentabilidade, out de 2007, p. 1-10. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR650479\\_9043.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650479_9043.pdf). Acesso: 02 de fevereiro de 2016.

DF/EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Governo do Distrito Federal). **Relatório Técnico de diagnóstico socioambiental da Bacia do Ribeirão Pipiripau**, Brasília, 2010.

DIXON, J.A. et all. Economic Analysis of Environmental Impacts. **Earthscan Publications Ltd**. London, 1994.

DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília. 2010.

EDP (Ecotumucumaque: Protecting Amazônia). **Plano Básico Ambiental de Aproveitamento Hidrelétrico Cachoeira Caldeirão**. vol. II, Macapá, maio, 2013. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5031868-Pba-plano-basico-ambiental-do-aproveitamento-hidreletrico-cachoeira-caldeirao.html>. Acesso: 20 de dezembro de 2015.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. **Documentos 90**. Rio Branco – Acre, 2003, 29p.

FGV-GV/ces (Fundação Getúlio Vargas/ Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP). **Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos**. TESES, v.2.0. São Paulo, 2013

FURIO, P. Roberto. **Valoração Ambiental**: aplicação de métodos de valoração em empresas dos setores mineração, papel e celulose e siderurgia. 114p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas). Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006.

GALVÃO, R.C.F et al. Variação sazonal de elementos-traço associados aos sólidos em suspensão no alto rio madeira, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23(1,) 2009, p. 67-79.

GANEM, Roseli Senna (Org). **Políticas setoriais e meio ambiente**. Câmara dos Deputados (Séries temas dos interesses dos Legislativos; n. 28). Edições Câmaras, 2015, p. 374.

GEENEN, Sara. Dispossession, displacement and resistance: Artisanal miners in a gold concession in South-Kivu, Democratic Republic of Congo. **Resources Policy**. 2014, p-90-9.

GONÇALVES, Raul Furtado; DA COSTA, Adrian V. Cunha. **Plano de Controle Ambiental – PCA**: Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço - COOGAL. Elaboração Empresa Consultoria e Serviços Ltda, Abril/2013.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. **Cost-benefit analysis and the environment**. Hants, publicação Edward Elgar, Inglaterra, 1993, 278p.

HUFSCHMIDT, M. M.et al. **Environment, natural systems, and development**: an economic valuation guide. Johns Hopkins University Press. Baltimore, EUA, 1983, 338p.

INSTITUTO PRISTINO. **Laudo Técnico**. Belo Horizonte, 2013.

JORNAL HOJE. **Lama de rompimento de barragens contamina água da região**. Colatina, ES, 09 de nov de 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2015/11/lama-de-rompimento-de-barragens-contamina-agua-da-regiao.html>. Acesso em: 28 de jan de 2016.

KOKKILIC, Ozan; LANGLOIS, Ray; WATERS, Kristian E. A design of experiments investigation into dry separation using a Knelson Concentrator. **Minerals Engineering**, v.72, p. 73 – 86, 2015.

KUGLER, Henrique. Em nome do. **Revista Eletrônica Ciência Hoje**. Vol 51. Junho, 2013.

LACERDA, L.D. Contaminação por mercúrio no Brasil: Fontes industriais Vs garimpo de ouro. **Revista Química Nova**. 20(2). 1997.

LACERDA, Luiz Drude de; MALM, Olaf. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. **Estudos Avançados** 22 (63), 2008.

LIMA, Daniel Pandilha de. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes na bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Amapá.** 147f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2013.

LINHARES, D.P et al. Mercúrio em diferentes tipos de solos marginais do baixo rio Madeira – Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23(1), 2009, p.117-130.

MAGALHÃES FILHO, L.N.L et al. Valoração de danos ambientais em corpos hídricos: o Caso do assoreamento do ribeirão Taquaruçu Grande no município de Palmas-TO. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n1, 2012, p. 73 – 86.

MAIA, A. G; ROMEIRO, A.R; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. **Texto para Discussão**. IE/UNICAMP, Campinas, n. 116, mar. 2004.

MANFREDINI, F.N. **Pagamentos por serviços ambientais e a economia verde.** Estudo de caso: simulação da aplicação do programa do “Produtor de Água” da Bacia do Rio Pirajibu. 200f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Sorocoba, 2015.

MARMOS, José Luiz et al. **Avaliação da qualidade das águas Subterrâneas da cidade de Parintins** – AM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM Serviço Geológico do Brasil. 2005.

MARTINS, S. V. In: **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011, p -143.

MÉTODO DE CUSTOS EVITADOS, substituídos, reposição. **Economia do Meio Ambiente Ltda – EMA**. [201?] Disponível em: <http://www.economiadomeioambiente.com.br/metodo-de-custos-evitados,-substituidos,-repositivos>. Acesso 14 de fevereiro de 2016.

MIRANDA, Jocy Gonçalo de et al. Atividades garimpeiras no Brasil: aspectos técnicos, econômicos e sociais. (**Série Estudos e Documentos**) Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ. 1997, p. 61.

MMA /ANVS (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Diagnóstico preliminar sobre o mercúrio no Brasil**. Brasília, 2013.

MMA/CNRH (Conselho Nacional dos Recursos Hídricos). **Resolução n. 32** de 15 de outubro de 2003. Brasília-DF, dezembro de 2003.

MMA/ANVS (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Gerenciamentos dos resíduos de mercúrio nos serviços de saúde**. Brasília, 2010, p. 46.

MMA/IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Plano de recuperação de áreas degradadas**. Brasília. 1990, 56p.

MME (Ministério de Minas E Energia). **Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com Vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico**. Centrais Elétricas Brasileiras. DEA. Rio de Janeiro, Eletrobrás, 2000.

MOTA, José Aroudo; BURSZTYN, Marcel. O Valor da Natureza como Apoio à Decisão Pública. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v.34, n.125, Curitiba, Jul./dez. 2013, p. 39-56.

NASCIMENTO SANTOS, Ana Carolina. **Análise do custo da erosão do solo na microbacia hidrográfica do Ceveiro**. 98f. Tese (Doutorado em Ciências. Área de Concentração: irrigação e drenagem). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura: Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2014.

NISHIDA, Renato; RIBEIRO, Francisco Michael de Brito. **Relatório Técnico Ambiental**: sobre a avaliação de atividade garimpeira potencialmente poluidora – Distrito de Lourenço no Município de Calçoene – Ap. Empresa Amapá.2012. Disponível em [http://www.mpap.mp.br/images/stories/PRODEMAC/documentos/Relat%C3%B3rio%20T%C3%A9cnico\\_Minera%C3%A7%C3%A3o%20Amap%C3%A1\\_NF%20007\\_2011-Cal%C3%A7oene.pdf](http://www.mpap.mp.br/images/stories/PRODEMAC/documentos/Relat%C3%B3rio%20T%C3%A9cnico_Minera%C3%A7%C3%A3o%20Amap%C3%A1_NF%20007_2011-Cal%C3%A7oene.pdf). Acesso em 20 de dezembro de 2015.

NOFFS, Paulo da Silva. Áreas degradadas: Recuperação de Áreas Degradadas da Mata. **(Orgs)**. Atlântica. São Paulo, p-11-21, CETESB/MMA, 2000.

NOGUEIRA, J.M. MEDEIROS, M. A. A. de e ARRUDA, F. T. D. de. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou Empiricismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.17, n.2, maio/ago. 2000, p.81-115.

NOGUEIRA, J.M., MEDEIROS, M. A.A. Valoração econômica do meio ambiente: Aspectos teóricos e operacionais. **50ª Reunião Anual da Sociedade para o Progresso da Ciência – SBPC**, Natal, 12 – 17 jul., 1998.

OLIVEIRA, M. J. (org.). **Diagnostico do setor mineral do Amapá**. Macapá: IEPA, 2010. 148p.

ORTIZ, Ramom Origoni. **Valoração Econômica Ambiental**, In: Economia do Meio Ambiente, May, P.H., Editora Campus, São Paulo, 2003.

**Os rios amazônicos: rios de água branca, rios de água clara e rios de água preta**: in IBGE, Geografia do Brasil - Região Norte. Rio de Janeiro, Vol I. 1977, p. 123-125. Disponível em: <http://tupi.fflch.usp.br/sites/tupi.fflch.usp.br/files/OS%20RIOS%20AMAZ%3%94NICOS%20-%20RIOS%20DE%20%3%81GUA%20BRANCA,%20RIOS%20DE%20%3%81GUA%20CLARA%20E%20RIOS%20DE%20%3%81GUA%20PRETA.pdf>. Acesso: 02 de fevereiro de 2016

PEARCE, D. Economic values and the natural world. Londres: **Earthscan Publications**, 1993.

PINHEIRO, M. C. N et al. Exposição humana ao metilmercúrio em comunidades ribeirinhas da Região do Tapajós, Pará, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 33(3):maio - jun, 2000, 265-269p.

PORTUGAL, N, dos S.; et al. **Contribuições da Logística Reversa Ao Método de Valoração Ambiental dos Custos Evitados**: um Estudo de Caso em uma Indústria de Autopeças. In. IX SIMPÓSIO DE GESTÃO EM EXCELÊNCIA E TECNOLOGIA. 2012. Disponível: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/41621.pdf>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2016.

QUEIROZ, Maria Mireide Andrade et al. Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas – Brasil. **Acta Amazônica**, v. 39. Amazonas, 2009, p. 943-952.

RAMOS, Antônio José L de Andrade; PEREIRA FILHO, Saulo Rodrigues. **Diagnóstico ambiental das áreas submetidas à garimpagem de ouro em Rio Preto – MG**. CETEM/CNPQ. Rio de Janeiro, 1996.

RODRIGUES FILHO et al. **Garimpo e Inclusão Social no Brasil**: dois estudos de caso. 2009. Disponível em: [www.cetem.go.br/publicação/Garimpo\\_Inclusão\\_Social\\_no\\_Brasil.pdf](http://www.cetem.go.br/publicação/Garimpo_Inclusão_Social_no_Brasil.pdf). Acesso em: 10 de junho de 2011.

SÁNCHEZ, Liz Stefanny Hidalgo et al. Variação espaço-temporal do material inorgânico dissolvido na bacia Amazônica. **Acta Amazônica**, v 45. Amazonas, 2015, p.175-186.

SANTOS, Larissa Soares. **A necessidade de critérios objetivos na avaliação econômica do dano ambiental difuso para fins de indenização**. 2015, 58f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Direito). Universidade de Brasília-Faculdade de Direito, Brasília, 2015.

SÃO PAULO, Cetesb Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**: Série Relatórios, 2009. Disponível: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/agua-doce-parte1-corrigido.pdf>. Acesso: 02 de fevereiro de 2016.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. **Manual para a valoração econômica dos recursos naturais**. Publicações CEMA/IPEA e COBIO/MMA. Rio de Janeiro, setembro de 1997.

SILVA, Ana Elisa Pereira; ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo. Impactos da precipitação e uso do solo na qualidade da água do Rio Purus. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, Natal, **Anais**, Brasil, 25-30, INPE, abril, 2009, p. 4867-4874.

SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente / Instituto Florestal). **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo - SIFESP, Sistema de Informações Florestais do Estado de São

Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/ibge.html>>  
Acesso: 22 de fevereiro de 2016.

SMERMAM, Wagner. **Ictiofauna de riachos formadores do rio Teles Pires, drenagem do rio Tapajós, Bacia Amazônica**. 88f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2007.

SOUSA, Rodolfo et al. Policies and regulations for Brazil's artisanal gold mining sector: analysis and recommendations. **Journal of Cleaner Production**. v. 19, p-742-50, 2011.

SOUZA, Jurandir Rodrigues de; BARBOSA, Antonio Carneiro. Contaminação por mercúrio e o caso da Amazônia. **Revista Química e Sociedade**. nº12, novembro de 2000.

TEODORO, Valter Luiz Lost et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniária**, n. 20, 2007, p.137-156.

TUCCI, Carlos E. M; MENDES, Carlos André. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. **Ministério do Meio Ambiente – MMA e Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos – SQA**, Brasília, MMA, 2006. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/sqa\\_3.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf). Acesso: 03 de fevereiro de 2016.

TUNDISI, José Galízia. **Recursos Hídricos**. MultiCiência: Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp, O Futuro dos Recursos, out de 2003, p-1-15. Disponível: [https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A3\\_Tundisi\\_port.PDF](https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF). Acesso: 02 de fevereiro de 2016.

UNEP (United Nations Environment Programme). **Global Mercury Assessment Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport**, jan. 2013.

VEIGA, M. M.; SILVA, A. R. B.; HINTON, J. J. O garimpo de ouro na amazônia: aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. In: **Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente**. Cap.11. Rio de Janeiro: CETEM/MCT,, 2002, p. 277-305.

Vélez. D. F. V. **Uso do método custo-reposição para a estimativa de Custos e benefícios ambientais do Tratamento de esgotos por *lemnaceae***. 101f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) Departamento de Economia – Universidade Federal de Brasília – UnB. 2002

VIEIRA, Rickford. Mercury-free gold mining technologies: possibilities for adoption in the Guianas. **Journal of Cleaner Production**, vol.14, 2006, p. 448 – 454.