



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E**  
**DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGeo**

**LÍLIAN DANIELE PANTOJA GONÇALVES**

**ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADAS PELA EXPLORAÇÃO  
MINERAL NO GARIMPO DE CAXIAS, MUNICÍPIO DE LUÍS DOMINGUES –  
MA**



São Luís – MA

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E**  
**DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGeo**

**LÍLIAN DANIELE PANTOJA GONÇALVES**

**ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADAS PELA EXPLORAÇÃO**  
**MINERAL NO GARIMPO DE CAXIAS, MUNICÍPIO DE LUÍS DOMINGUES –**  
**MA**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia, na área de concentração em Geografia Natureza e Dinâmica do Espaço, com linha de pesquisa em Dinâmica da Natureza e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra

São Luís - MA

2018

Gonçalves, Lílian Daniele Pantoja.

Alterações socioambientais provocadas pela exploração mineral no garimpo de Caxias, município de Luís Domingues – MA. / Lílian Daniele Pantoja Gonçalves – São Luís – MA, 2018.

173f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

1. Exploração mineral. 2. Garimpo de Caxias. 3. Município de Luís Domingues I. Título.

CDU 502.14:622.3(812.1)

LÍLIAN DANIELE PANTOJA GONÇALVES

ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADAS PELA EXPLORAÇÃO  
MINERAL NO GARIMPO DE CAXIAS, MUNICÍPIO DE LUÍS DOMINGUES –  
MA

Dissertação apresentada como requisito  
para obtenção do título de Mestre em  
Geografia, na área de concentração em  
Geografia Natureza e Dinâmica do  
Espaço, com linha de pesquisa em  
Dinâmica da Natureza e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando  
Rodrigues Bezerra

Aprovada em 22/01/2018

BANCA EXAMINADORA

  
Dr. ANTONIO CORDEIRO FEITOSA, UFMA

Examinador Externo à Instituição

  
HERMENEILCE WASTI AYRES PEREIRA CUNHA, UEMA

Examinador Interno

  
JOSE FERNANDO RODRIGUES BEZERRA, UEMA

Presidente

*Dedico este trabalho ao Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - UEMA e todos seus professores, que me concederam esta valiosa oportunidade, e de todo coração, sempre me reclinarei aos ensinamentos dos mestres desta casa.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial:

A Deus, por me conduzir para a realização deste sonho.

A Universidade Estadual do Maranhão e ao Programa de Pós Graduação em Geografia-PPGEO, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado e o privilégio de ter ingressado na primeira turma.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão- FAPEMA, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Professor José Fernando Rodrigues Bezerra pela competente orientação, paciência e dedicação em todos os momentos dessa trajetória, demonstrando sempre muito carinho, amizade, e acima de tudo, pelo exemplo de profissional.

Aos Professores Antônio Cordeiro Feitosa, Hermeneilce Wasti por suas colaborações, sugestões para a melhoria dessa dissertação.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo e pelos grandes momentos compartilhados. Em especial, Gissely, Danilo Serra e Laécio Dutra pela ajuda durante a pesquisa.

À Cecília Rodrigues, por todo sentimento bom, amizade presente, e quem tanto me incentivou e ajudou-me nos estudos para ingressar no mestrado.

À Mârcia Furtado, Marcia Fernanda Gonçalves, pela amizade e grande colaboração nos trabalhos de campo.

À Nana Alves, Secretária da Pós-Graduação pelo incentivo, amizade e ajuda no trabalho de campo.

À todos os integrantes do GEOMAP que me receberam com muito carinho durante o tempo do mestrado. Em especial a Gilberlene Serra, pela escuta nas horas de aflições e disposição em ajudar sempre, tornou-se uma grande amiga. Paula Ramos, Anny Karoline, Jefferson Viana, Daniela Barros, Cristiane Mouzinho pela acolhida, colaboração, ajuda e ensinamentos sobre realização de procedimentos no laboratório e demais atividades.

Ao laboratório de Solos da UEMA e Prof. João Reis, responsável pela realização das análises laboratoriais.

Ao Professor Dr. Ricardo Rodrigues, pela disponibilidade e empréstimo do Drone.

À todos os garimpeiros do Garimpo de Caxias que ajudaram, em especial, Sr. João Batista - Fiscal do garimpo, Geremias Teixeira Presidente da Cooperativa de

Garimpeiros de Luís Domingues, ao Sr. Pedro um dos moradores mais antigos do garimpo. Por suas contribuições, bem como todos aqueles que me auxiliaram, pela paciência e cooperação durante a aplicação do formulário de perguntas específicas.

Aos meus pais, Moacir Gonçalves e Iolanda Pantoja, pelo eterno apoio. Com eles, aprendi o valor da educação e que é possível a realização de sonhos.

Ao meu irmão Audry Pantoja, pelo apoio e disponibilidade.

E finalmente, agradeço ao destino, que me colocou ao lado de uma maravilhosa família, destacando ao meu esposo, sempre companheiro e incentivador, Jonas Alves e ao meu filho, Heitor Pantoja, que se sacrificaram e se privaram, com muita paciência, de vários momentos bons e de lazer, nos fins de semana e feriados, para se solidarizarem com o meu desafio, incentivando-me a seguir avante em busca do triunfo. Portanto, à minha família, o meu mais profundo agradecimento pelo apoio imprescindível e pelo carinho dignos de suas almas.

## RESUMO

Este estudo investiga as alterações ambientais e sociais em área de extração de ouro-Garimpo de Caxias-município de Luís Domingues - MA. A descoberta de ouro na porção Norte do Estado do Maranhão, na região localizada entre os rios Gurupi e Maracaçumé, remonta ao ano de 1624, com os primeiros aventureiros europeus em território maranhense. Sendo até hoje considerada um grande potencial de recurso mineral, neste caso, o ouro. A área de estudo dá-se no garimpo de Caxias, que está localizado a 8 km da sede do município de Luís Domingues - MA, na porção Noroeste do Estado. A potencialidade aurífera da área foi identificada em 1934, mas somente em 1980 ocorreu o período de maior exploração. É notório a interferência do homem na natureza com a finalidade de exploração dos recursos naturais resultando em problemas ambientais, onde o solo e a água são os primeiros recursos afetados. Essas áreas podem ser inutilizadas caso haja teores de elementos-traço acima do estipulado pelas legislações em vigor, sendo que esses podem permanecer no ambiente por um longo período. O estudo apoia-se em autores que abordam sobre a referida temática. Quanto ao arcabouço metodológico está centrado na metodologia sistêmica, conforme proposto por Bertrand (1968), o qual entende o Geossistema como uma estrutura dinâmica resultante da interação entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica, sendo que todos esses componentes se inter-relacionam e influenciam o funcionamento do geossistemas. Os objetivos do estudo consistem na identificação da concentração de mercúrio nos corpos líquidos das superfícies dos lagos do garimpo e teor do metal mercúrio em água do poço comunitário, o que diante dos primeiros resultados obtidos já apresentou considerável teor do elemento químico nos corpos líquidos. Para a identificação das características, fragilidades e desencadeamento dos processos erosivos do solo, ocorreu a análise morfológica de solos, densidade, porosidade solo e análise granulométrica. Com relação ao entendimento dos aspectos sociais e percepção ambiental da comunidade, investigou-se através da aplicação de quatro entrevistas semi - estruturadas alcançando líderes da comunidade, garimpeiros e Presidente da Cooperativa de garimpeiros do Município de Luís Domingues - MA. Portanto, é na perspectiva de totalidade que entende-se a importância desta pesquisa, visando compreender como a atividade de exploração mineral tem se manifestado aos elementos da natureza a partir de toda a dinâmica gerada e suas inter - relações com os aspectos socioambientais.

**Palavras-chave:** Exploração mineral. Garimpo de Caxias. Município de Luís Domingues - MA



## **ABSTRACT**

This study investigates the environmental areas in the area of gold extraction - Garimpo de Caxias - municipality of Luís Domingues - MA. A gold discovery in the northern portion of Maranhão State, in the region located between the Gurupi and Maracaçumé rivers, dates back to the year of 1624, with the first European adventurers in Maranhão territory. Being to this day a great potential of mineral resource, in this case, the gold. The study area is located in the garimpo of Caxias, which is located 8 km from the headquarters of the municipality of Luís Domingues - MA, in the Northwest portion of the State. A gold potentiality of the area of identification in 1934, but in 1980, in the expansion phase. Man's interference in nature with the exploitation of natural resources is notorious, resulting in environmental problems, where soil and water are the first affected resources. These areas may be rendered unusable if trace element levels are stipulated above in existing legislation and can remain in the environment for a period. The study is based on renowned authors who deal with the subject. As for the methodological framework, it is centered in the systemic methodology, as proposed by Bertrand (1968), who understands the geosystem as a dynamic structure resulting from the interaction between the ecological potential, a biological exploration and anthropic action, all components being interrelated and influence the functioning of geosystems. The objectives of the study are to identify the concentration of mercury in the liquid bodies of the surfaces of the garimpo lakes and the content of the mercury metal in water of the community well, which is the result of the original results obtained already presented considerable content of the chemical element in the liquid bodies. For the identification of the characteristics, fragilities and triggering of erosive processes of the soil, morphological analysis of soils, density, soil porosity and particle size analysis will occur. Regarding the understanding of the social aspects and environmental perception of the community, investigate through the application of four semi - structured interviews, communities, garimpeiros and President of the Cooperative of Garimpeiros of the Municipality of Luís Domingues - MA. Please see how the activity of mining has been manifested in elements of nature from all this generated dynamics and its interrelations with the socioenvironmental aspects.

**Keywords:** Mineral exploration. Garimpo de Caxias. Municipality of Luís Domingues-MA

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Mapa de situação e localização da área de estudo.....	20
Figura 2	- Representação do sistema tripolar proposto por Bertrand (1997) .....	46
Figura 3	- Imagem de localização dos pontos de coleta de amostras de água.....	62
Figura 4	- Limites do cráton São Luís e cinturão Gurupi.....	79
Figura 5	- A) Localização do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi. (B) Mapa geológico simplificado do Cráton São Luís com localização dos principais depósitos e ocorrências minerais.....	81
Figura 6	- (A) Vista geral do garimpo Caxias (visada para SW). A área alagada corresponde à porção mineralizada e lavrada pelos garimpeiros. Figura 6- (B) Fotomicrografia (luz refletida) mostrando partículas de ouro (Au) no contato entre quartzo (qz) e clorita (clo) em amostra do prospecto Caxias.....	85
Figura 7	- Microtonalito Garimpo de Caxias.....	87
Figura 8	- Mapa de relevo do Município de Luís Domingues.....	92
Figura 9	- Mapa de hipsometria do Município de Luís Domingues.....	93
Figura 10	- Mapa de declividade topográfica das formas de relevo – Município de Luís Domingues.....	94
Figura 11	- Mapa de hidrografia do Município de Luís Domingues.....	96
Figura 12	- Mapa de cobertura vegetal do município de Luís Domingues.....	98
Figura 13	- Mapa de solos do município de Luís Domingues.....	103
Figura 14	- Imagem de localização dos pontos de coleta de amostras dos solos.....	108
Figura 15	- Diagrama textural das amostras de solos.....	114

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	- Impactos ambientais negativos e suas respectivas causas.....	51
Quadro 2	- Padrões de relevo da área de estudo associado à declividade e hipsometria.....	90
Quadro 3	- Análise das propriedades físicas do solo no Garimpo de Caxias.....	106
Quadro 4	- Concentração de mercúrio dos corpos líquidos do Garimpo de Caxias - Coleta de água - Campanha de campo julho 2016.....	118
Quadro 5	- Concentração de mercúrio dos corpos líquidos do Garimpo de Caxias – Coleta de água- Campanha de campo novembro de 2016.....	119
Quadro 6	- Aspectos e impactos ambientais.....	138
Tabela 1	- Temperatura e tempo de sedimentação das amostras.....	73
Tabela 2	- Análise granulométrica de solos degradados por mineração...	112

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Infiltração da água no solo – pontos coletados de 1 a 5.....	117
Gráfico 2	- Profissão dos trabalhadores entrevistados no garimpo.....	126
Gráfico 3	- Local de nascimento.....	127
Gráfico 4	- Quantidade de mercúrio utilizado semanalmente.....	128
Gráfico 5	- Remuneração semanal dos garimpeiros.....	129
Gráfico 6	- Produção semanal do ouro – Au.....	130
Gráfico 7	- Doenças acometidas- garimpeiros entrevistados.....	134
Gráfico 8	- Grau de Instrução.....	134

## LISTA DE FOTOS

Foto 1	- Dronne utilizado para sobrevôo na área minerada e captura de imagens aéreas.....	49
Foto 2	- Entrevista com garimpeiro no garimpo de Caxias.....	53
Foto 3	- (A) Preparo de medição para coletas de amostras deformadas do solo. (B) Medição do perfil do solo com fita métrica. (C) Amostras de coletas deformadas de solos.....	54
Foto 4	- Coleta de amostras indeformadas do solo da área de mineração.....	55
Foto 5	- Teste de infiltrômetro na área de mineração do garimpo de Caxias.....	57
Foto 6	- Coleta de água superficial em lago formado por mineração.....	63
Foto 7	- Medição com trena para coleta de água de lago.....	64
Foto 8	- Expectômetro de Absorção Atômica.....	67
Foto 9	- Materiais utilizados para ensaio da Densidade de Partículas.....	69
Foto 10	- Amostras de solos- processo de secagem.....	71
Foto 11	- Pesagem das amostras.....	72
Foto 12	- Veios de quartzo do Grupo Aurizona – Garimpo do Caxias.....	88
Foto 13	- Superfície aplainada degradada com ocorrência de lixo, rodovia MA-301 que dá acesso ao Garimpo de Caxias- Município de Godofredo Viana – MA.....	91
Foto 14	- Plintossolo amarelo e saprolitos mineralizados do garimpo de Caxias.....	101
Foto 15	- Vista parcial da comunidade do garimpo de Caxias.....	122
Foto 16	- Vista aérea da comunidade do garimpo.....	122
Foto 17	- Atividade de desmonte de encosta do barranco.....	123
Foto 18	- Equipamentos utilizados para mineração nos barrancos. (A) Motor diesel. (B) Mangotes / mangueiras. (C) bateia.....	124
Foto 19	- Garimpeiros trabalhando na caixa de sedimentos.....	125

Foto 20	- Lavagem de tapete que serve de instrumento para retenção de sedimentos e ouro.....	125
Foto 21	- Pepita de ouro garimpada na área de estudo- estado final de comercialização.....	131
Foto 22	- Lago utilizado pelos moradores do garimpo para uso comum (2005).....	132
Foto 23	- Modificação da paisagem – área minerada próximo ao lago principal.....	133
Foto 24	- Escola da comunidade.....	135
Foto 25	- Formação de crateras do solo no garimpo de Caxias.....	137
Foto 26	- Desmoronamento de barrancos área de mineração do garimpo.....	137
Foto 27	- Fragilidade de área com solo exposto no garimpo de Caxias.....	140
Foto 28	- Derramamento de combustível no solo do garimpo de Caxias....	140
Foto 29	- Residências localizadas próximas à área minerada.....	141
Foto 30	- Mudança da paisagem com formação de lago em antigo barranco.....	141
Foto 31	- Trabalhador em ambiente insalubre instituído pela atividade garimpeira.....	142
Foto 32	- Garimpeiro e sua condição de trabalho dentro de barranco.....	143

## LISTA DE SIGLAS

<i>Au</i>	Ouro
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COOPERGAN	- Cooperativa de Garimpeiros do Guanani
CPRM	- Serviço Geológico do Brasil
DNPM	- Departamento Nacional de Produção Mineral
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
EPA	- Agência de Proteção Americana
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
<i>Hg</i>	- Mercúrio
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOF	- Imposto sobre Operações Financeiras
<i>Pb</i>	- Chumbo
PAH	- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
PNMA	- Política Nacional de Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2</b>	<b>Objetivos da pesquisa</b> .....	24
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	24
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	24
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL</b> .....	25
<b>3.1</b>	<b>A mineração no Brasil: uma retrospectiva histórica</b> .....	25
<b>3.2</b>	<b>Legislação mineral e ambiental</b> .....	26
<b>3.3</b>	<b>Meio ambiente e mineração em garimpo de ouro</b> .....	29
<b>3.4</b>	<b>Contaminação dos ecossistemas aquáticos</b> .....	34
<b>3.5</b>	<b>Impactos da mineração no ambiente e na saúde humana</b> .....	36
<b>3.6</b>	<b>Garimpo de ouro e mercúrio</b> .....	38
<b>3.7</b>	<b>Toxicologia do mercúrio e saúde humana</b> .....	41
<b>3.8</b>	<b>Efeitos de patologias da intoxicação por mercúrio</b> .....	42
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	44
<b>4.1</b>	<b>Procedimentos técnicos-operacionais</b> .....	48
<i>4.1.1</i>	<i>Levantamentos bibliográficos e cartográficos</i> .....	48
<i>4.1.2</i>	<i>Campanhas de campo</i> .....	49
<i>4.1.3</i>	<i>Entrevistas e considerações éticas</i> .....	52
<i>4.1.4</i>	<i>Coleta de amostra de solos e material inconsolidado</i> .....	54
<i>4.1.5</i>	<i>Coleta e preservação das amostras de água superficial</i> .....	58
<b>4.2</b>	<b>Procedimento de laboratório: determinação de teor de mercúrio em amostras de água</b> .....	64
<b>4.3</b>	<b>Análises das propriedades físicas dos solos</b> .....	67



<b>4.4</b>	<b>Análise e sistematização de dados produzidos.....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>76</b>
<b>5.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>76</b>
5.1.1	<i>Histórico do garimpo de Caxias.....</i>	76
<b>5.2</b>	<b>Características geoambientais da área de estudo.....</b>	<b>78</b>
5.2.1	<i>Geologia.....</i>	78
5.2.2	<i>Relevo.....</i>	88
5.2.3	<i>Hidrografia.....</i>	95
5.2.4	<i>Vegetação.....</i>	97
5.2.5	<i>Clima.....</i>	99
5.2.6	<i>Solos.....</i>	100
<b>5.3</b>	<b>Propriedades físicas dos solos degradados por mineração.....</b>	<b>104</b>
a	<i>Densidade e porosidade.....</i>	105
b	<i>Análise morfológica.....</i>	107
c	<i>Análise granulométrica.....</i>	111
d	<i>Teste de infiltração in situ.....</i>	115
<b>5.4</b>	<b>Teor de mercúrio total dos corpos líquidos <i>in situ</i>.....</b>	<b>118</b>
<b>5.5</b>	<b>Perfil socioeconômico dos garimpeiros .....</b>	<b>120</b>
<b>5.6</b>	<b>Reflexos socioambientais do Garimpo de Caxias.....</b>	<b>136</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>146</b>
	REFERÊNCIAS.....	149
	ANEXOS.....	163

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, ao longo dos tempos, têm representado papel determinante nas relações do homem com a natureza, sendo direcionadas para os mais variados aspectos dessas relações. Nesse contexto, a atividade mineradora constitui uma das primeiras expressões das atividades humanas no sentido da manufatura, através da manipulação de rochas e minerais para a produção de artefatos que facilitassem a vida em sociedade, tanto pela melhoria das condições de comodidade como pela possibilidade da produção de bens e acumulação de capital.

O ouro é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado natural, apresentando brilho natural e grande beleza. Por estas propriedades, e que provavelmente pode ter sido o primeiro metal que chamou à atenção do homem primitivo, embora sua utilização só tenha ocorrido na idade do bronze, com o desenvolvimento da arte da fundição.

A mineração de ouro é realizada de forma artesanal nas Américas desde as primeiras décadas após o descobrimento. Estima-se que para todo o continente, cerca de 156.000 e 250.000 toneladas de Hg tenham sido liberadas para a atmosfera, solos e ambientes aquáticos nos últimos 430 anos. Rejeitos dessas atividades humanas e naturais, ainda representam um risco ambiental devido ao longo tempo de residência do Hg em solos (DE- PAULA *et al.*, 2006).

O garimpo na sua forma manual de exploração do solo tem por finalidade a extração de minerais valiosos, o que traz uma função importante para a economia do país, tal atividade é normalizada pelo Governo através do Código de Mineração (Decreto-Lei nº227/1967). Porém, existe uma série de contradições que difere o modo como é praticado e o que preconiza a constituição. Uma vez que o trabalho é realizado, em muitos casos, de forma independente e clandestina.

Para o Ministério de Meio Ambiente (BRASIL, 2001, p.8)

[...] ao se tratar da extração de recursos naturais não renováveis da crosta terrestre, a mineração geralmente é vista como uma atividade altamente impactante e não sustentável. Por outro lado, a mineração é a base da sociedade industrial moderna, fornecendo matéria-prima para todos os demais setores da economia, sendo portanto essencial ao desenvolvimento. Os efeitos ambientais e socioeconômicos do aproveitamento destes jazimentos dependem, principalmente, da forma na qual esta atividade será planejada e, principalmente, como será desenvolvida

A História do Brasil tem íntima relação com a busca e o aproveitamento dos seus recursos minerais, que sempre contribuíram com importantes insumos para a economia nacional, fazendo parte da ocupação territorial e da história nacional.

De acordo com a interpretação de Nery e Silva (2001), acredita-se que no Brasil, as primeiras notícias sobre a existência de ouro datam de 1552, quando foi comunicado a D. João III a descoberta desse mineral na Capitania de São Vicente; em 1578. Tinham-se notícias da lavagem de ouro em Paranaguá - PR, e, posteriormente, em várias partes do Brasil. Porém, descobertas de reservas significativas desse mineral só ocorreram no final do século XVII, entre 1693-1695 como resultado de um movimento intenso à procura de riquezas.

De acordo com Pastana (2001, p 15), no Maranhão, a descoberta de ouro na porção Norte do Estado, região localizada entre os rios Gurupi e Maracaçumé, remonta ao ano de 1624, com as primeiras incursões de aventureiros europeus em território brasileiro. Segundo relatos da época os primitivos índios que viviam na região já conheciam o metal considerando-o, todavia, de pouca importância.

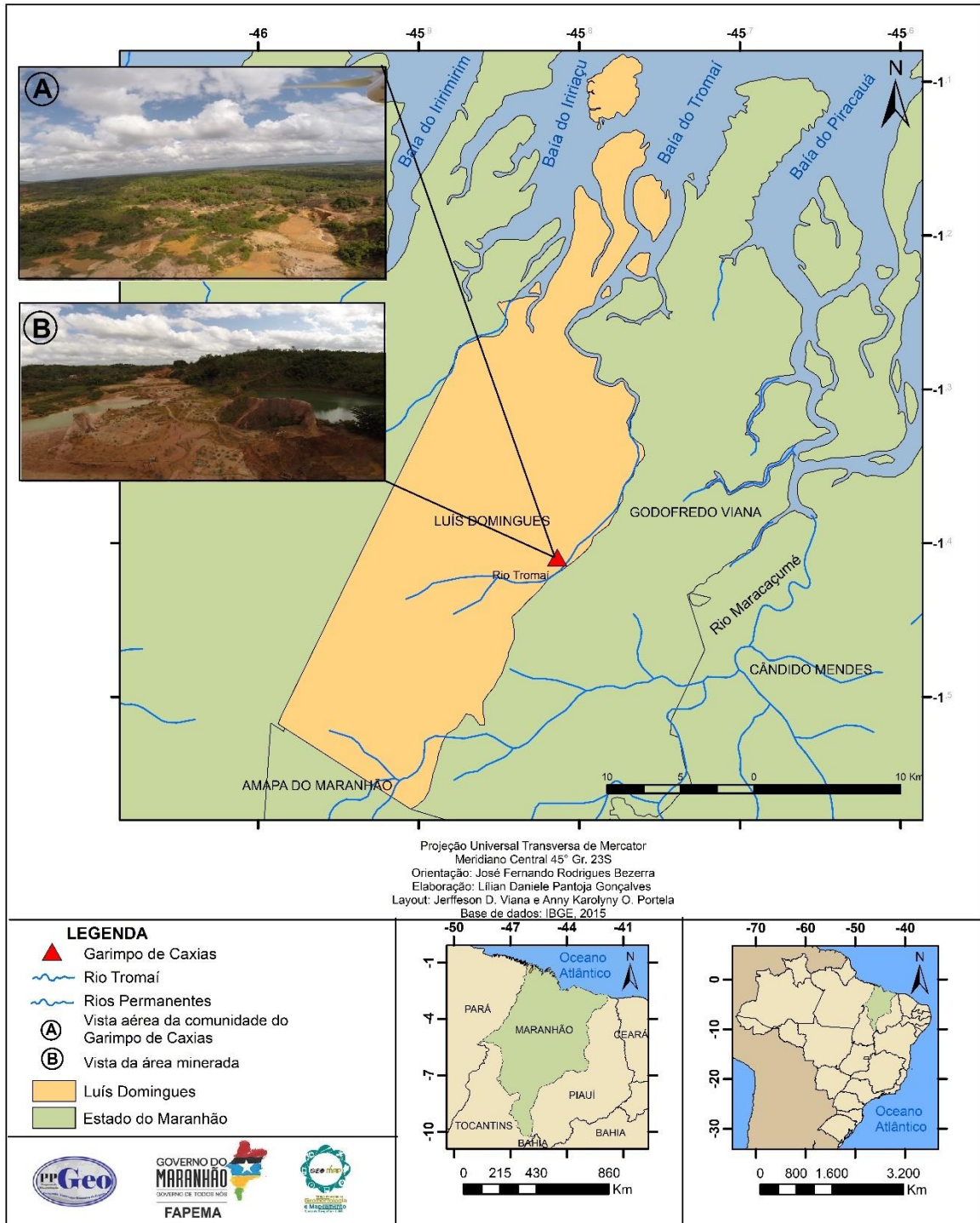
Os primeiros exploradores do ouro na região Noroeste do Maranhão foram os religiosos da Companhia de Jesus que no século XVII, por volta de 1678, utilizavam da mão-de-obra dos índios e escravos africanos para retirar o metal das aluviões e se instalaram nas margens dos rios Gurupi e Piriá. A busca do ouro espalhou-se para além das bacias dos rios Turiaçu e Maracaçumé, onde se destacam os garimpos de Caxias, área de estudo, e do Aurizona.

A importância desta pesquisa está centrada no resultante desta caracterização, ou seja, investigou-se o garimpo de Caxias, que está localizado a 8 km da sede do município de Luís Domingues - MA, na porção Noroeste do Estado (Figura 1).

O referido garimpo teve sua potencialidade aurífera identificada em 1934, iniciando-se pelo processo de exploração incipiente. Inicialmente os garimpeiros tinham acesso aos barrancos, e todo o trabalho era executado manualmente. Segundo relato do mais antigo morador da área, os instrumentos usados neste período eram: pilão de ferro, pesando aproximadamente 200 kg, e a bateia, que de acordo com Ferreira (1990, p. 88) é uma “gamela que se usa na lavagem das areias auríferas ou do cascalho diamantífero”.

Somente na década de 1980, a disseminação da notícia de que havia grande quantidade de ouro no garimpo de Caxias atraiu grande contingente de imigrantes para a área, fazendo com que os garimpeiros se fixassem no local construindo casebres até hoje ocupados por moradores que presenciaram a formação deste garimpo.

Figura 1: Mapa de situação e localização da área de estudo



Cabe destacar ainda que o garimpo do Caxias intercalou períodos variados de intensidade de extração mineral, sobretudo nos anos de 1980 e 2002, o trabalho nos barrancos foram sempre executados com o uso do mercúrio afim de recuperar as partículas finas de ouro. Assim, desde então vêm causando danos visíveis à área, tanto no ponto de vista físico como no ponto de vista humano.

Desde a sua descoberta, enquanto terra promissora de ouro, a extração do mineral era realizado com o emprego de tecnologia rudimentar como motores e bombas para a lavagem do cascalho e seleção do material. Essa “facilidade” de exploração do ouro resultou em maior produtividade e tornou a área muito mais atrativa.

No processo de extração do minério, o mercúrio no seu formato metilmercúrio é utilizado para auxiliar na separação do ouro, pelo processo da “amalgamação<sup>1</sup>” em que tal componente adere ao ouro formando o amálgama.

Gonçalves (2004, p.33), diz que:

[...] a extração aurífera no garimpo de Caxias é feita de forma intensa e continuada, chegando a provocar o esgotamento pontual com a escassez total do minério. Tal situação obriga os garimpeiros a abandonarem os locais esgotados deslocando os equipamentos para outras áreas passíveis de exploração. Nos locais abandonados, os barrancos ficam expostos às intempéries, transformando-se em novas áreas de risco ambiental pelo perigo que representam para a população em face da presença de resíduos tóxicos e de fragmentos de ferramentas abandonadas.

Nos termos etimológicos, a palavra *alteração* têm sua significância ainda sob a ótica de Figueiredo<sup>2</sup> (1913, p.95).

É nesse contexto que utilizar-se-á, com frequência, o termo alteração ambiental, que está em consonância com a NBR ISO 1401/2015, que caracteriza ser “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” ABNT (2015, p.3).

Nessa perspectiva, a importância desta pesquisa está centrada na identificação das alterações que ocorrem no meio ambiente e no âmbito social, ou seja, a comunidade que vive nos arredores do garimpo de Caxias, e as consequências desta atividade ao longo de toda a exploração da área. Este trabalho tem sua importância por estudar uma área do Maranhão onde a prática de garimpagem manual de ouro é exercida historicamente, porém, ainda há

---

<sup>1</sup>Uma amálgama é uma solução de um ou vários metais em mercúrio ou liga de um determinado metal e mercúrio. As amálgamas são utilizadas na extração de ouro e prata a partir de fios de minério (amalgamação) (LIMA, 2005, p.15).

<sup>2</sup>No sentido de definição para a palavra *alteração*, os termos etimológicos sob a ótica do dicionário Figueiredo (1913, p. 95), alteração é “modificação na forma ou na qualidade; mudança”.

poucos estudos científicos, necessitando assim, de um entendimento da dinâmica desse ambiente e as interferências socioambientais quem têm ocorrido na área durante as últimas décadas.

Soma-se a essa problemática a carência de estudos de caráter técnico na área de estudo, principalmente voltados para a questão da dinâmica do ambiente bem como o uso dos recursos naturais. Salientam-se os estudos realizados por Gonçalves (2002-2004) abordando os impactos ambientais das atividades exploratórias, neste caso, da extração de ouro o que ocasiona a fragilidade no ambiente pela retirada de recursos naturais refletindo-se como prática danosa para uma porção da região Noroeste do estado do Maranhão e Klein (2008) que aborda estudos geológicos e geocronológicos da região.

[...] é de suma importância que o seu desenvolvimento aconteça de forma harmônica, tendo fundamentalmente uma relação mais equilibrada entre o processo econômico e a preservação do ambiente. Pelo seu elevado potencial mineral, o Estado precisa disciplinar atividades mineradoras, notadamente nas regiões de Godofredo Viana e Carutapera (MARANHÃO, 1991, p. 145).

Em destaque, têm-se alguns pontos que devem ser investigados no estudo, tais como:

Os garimpeiros tem como prática o uso de mercúrio na sua forma líquida sem nenhum controle. Assim, o risco de contaminação do ambiente por mercúrio, tem sido alvo de preocupação de estudiosos da área ambiental e uma questão de atenção especial aos problemas socioambientais que ocorrem nas áreas;

Desse modo, partindo de tais pressupostos, a realização desta pesquisa se justifica por meio de três fatores conjugados, sobretudo nas áreas com efeito da mineração:

- Primeiro, identificar as alterações ambientais e sociais decorrentes da extração do ouro, na área objeto do estudo; seja na água, no solo e a questão social.

- Segundo, os efeitos físico-químicos dos corpos hídricos, para a comunidade e garimpeiros da região.

- Terceiro, o desenvolvimento local, ou seja, colaborar com a comunidade local e garimpeiros, proporcionando conhecimento mais amplo do conjunto de questões relacionadas à área minerada.

O estudo reforça a preocupação com o meio ambiente e todo o comprometimento que a área vem sofrendo ao longo do tempo, a comunidade que vive no garimpo bem como os garimpeiros que trabalham na área. Traz ainda um olhar voltado para o uso do mercúrio e a contaminação de corpos líquidos das áreas do garimpo, bem como os estudos do solo para identificar as características físicas e suas fragilidades decorrentes da mineração.

Em suma, é na perspectiva de totalidade que faz-se necessário a referida pesquisa visando compreender como os elementos da natureza tem se manifestado a partir de suas dinâmicas e suas inter-relações com os aspectos socioambientais.

Logo, a estrutura da dissertação foi organizada em seis capítulos da seguinte forma:

No capítulo 1, uma introdução acerca do tema proposto relacionados em tópicos, perpassando sobre a ocorrência da mineração no Estado do Maranhão, a área de estudo e suas características de início da mineração bem como a importância da pesquisa.

No capítulo 2, têm-se os objetivos da pesquisa, tanto geral como específicos.

No capítulo 3 por sua vez, apresenta uma incursão acerca da mineração no contexto teórico – referencial, perpassando pela legislação mineral, meio ambiente, mineração e garimpo de ouro, em seguida traz uma literatura sobre o tema de implicações de uso de mercúrio e os efeitos na saúde.

O capítulo 4 aborda-se a caracterização do método, os procedimentos metodológicos das etapas que ocorreram na pesquisa, relatando sobre as campanhas de campo, e as etapas de procedimentos de coleta de amostras de solo, água e investigação socioambiental com a comunidade e garimpeiros.

O capítulo 5 explica-se os aspectos geoambientais da área de estudo, bem como uma abordagem sobre o contexto socioeconômico dos garimpeiros, descrevendo sobre a caracterização do garimpo e seus aspectos socioambientais. Bem como, a prática do uso de mercúrio e o teor do elemento encontrado nos corpos líquidos.

Por fim, são apresentadas as conclusões da dissertação e sugestões para trabalhos futuros.

## **2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Diante da necessidade de entender os problemas ocasionados pela atividade mineradora no garimpo de Caxias, os objetivos deste trabalho consistem em:

### **2.1 Objetivo geral**

- Analisar as consequências socioambientais decorrentes da extração do ouro no Garimpo do Caxias e implicações da contaminação pelo uso do mercúrio.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar características geoambientais da área de estudo;
- Verificar o teor de mercúrio em amostras dos corpos líquidos superficiais dos lagos (antigos barrancos) de exploração do garimpo;
- Verificar o teor do metal mercúrio em água do poço comunitário;
- Analisar as propriedades físicas dos solos degradados por atividade de mineração no garimpo de Caxias, através de amostras de solos para fim de análise morfológica, densidade, porosidade solo e análise granulométrica;
- Analisar aspectos sociais e de saúde da comunidade e garimpeiros através de entrevistas e depoimentos;
- Detectar as áreas de maiores impactos ocasionados pela extração mineral.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO CONCEITUAL

Neste ítem, a pesquisa irá expor abordagens de autores com relação às bases teórico conceituais de temas como o histórico da mineração no Brasil , dando ênfase à legislação mineral e ambiental, meio ambiente e o uso do mercúrio em garimpo e seus efeitos na saúde humana.

#### 3.1 A mineração no Brasil: uma retrospectiva histórica

A mineração de ouro no Brasil foi iniciada no século XVIII. Essa etapa da nossa mineração “significa uma produção – sem precedentes na história – de enormes quantidades do metal, visto que as outras grandes jazidas de ouro do planeta, só foram descobertas no século XIX” (NUNES, 2009, p.114).

Pode-se afirmar que a importância das substâncias metálicas na indústria mineral brasileira remonta aos tempos da colônia: as incursões dos bandeirantes em busca de metais preciosos definiram novas rotas para a ocupação do interior do Brasil e culminaram com a exploração de ouro, inicialmente na região das Minas Gerais (BRASIL, 2016, p.1).

Ao longo da nossa história, conforme aumentou a ocupação do território e o conhecimento geológico, novas descobertas de depósitos minerais metálicos foram feitas e outras substâncias como o manganês e o ferro juntamente com o ouro passaram a ter maior importância. Tais descobertas tiveram impacto relevante na economia nacional e foram fundamentais para fomentar o processo de industrialização brasileiro.

Nunes (2009), comenta que a normatização da atividade mineradora teve início ainda no período colonial, onde os principais atos foram: ordenações Manuelinas-1512, Ordenações Filipinas-1603, I Regimento da Terras Minerais do Brasil-1603, II Regimento das Terras Minerais do Brasil-1618, Regimento do Superintendente, Guarda-Mores e Oficiais Deputados para as minas de ouro-1702.

O autor aborda ainda, que no período republicano foram produzidos os principais regulamentos da atividade mineradora, isto é, vários códigos de mineração. Os primeiros códigos foram criados na Era Vargas (1930-1945). O primeiro foi o Decreto 24.642 de 10.07.1934; em seguida, o Decreto Lei 1985 de 29.01.1940. O “atual” Código de Minas (Decreto Lei 227 de 28.02. 1967) foi aprovado no período da última ditadura militar, a qual assolou o Estado inteiro.

Segundo Freitas (2016), a partir da década de 70 o governo brasileiro elevou seu olhar para o Estado do Pará, onde aplicou diversos investimentos em prol da estruturação, favorecendo assim, as condições de extração bem como o transporte e o processamento de minérios. Na região, os garimpeiros aceitaram uma condição de trabalho bastante degradante e condições precárias de higiene, moradia e alimentação, mas se sujeitavam a essa situação pela ilusão e busca do enriquecimento através da extração de minerais. Esse ideal de uma vida melhor movimentou um grande fluxo de pessoas. O que não difere da situação atual, principalmente devido ao cenário de instabilidade econômica e política do país.

### 3.2 Legislação mineral e ambiental

Este item tem como objetivo evidenciar alguns pontos relacionadas à questão legal, como as excessivas regulamentações trazidas pela legislação mineral brasileira. Discutir-se-á de maneira objetiva, a legislação mineral e sua relação com a legislação ambiental, dando ênfase para a tramitação processual existente atualmente.

Antes, serão tecidos breves comentários sobre a Constituição Federal demonstrando o grau de importância dos setores mineral e ambiental para a sociedade brasileira.

#### ➤ Constituição Federal

A Constituição Federal, no seu artigo 20, item IX, já inicia o tema apresentando como bens da União os recursos minerais, incluindo aqueles do subsolo.

O **artigo 21** coloca como uma das competências da União:

- Estabelecer as áreas e as condições para o exercício da atividade de garimpagem, em forma associativa.

O **artigo 22** salienta que compete privativamente à União legislar sobre:

- Jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.
- Sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacionais.

No **artigo 49**: é competência exclusiva do Congresso Nacional:

Autorizar em terras indígenas, a exploração e o aproveitamento de recursos hídricos e a pesquisa e lavra de riquezas minerais.

A Constituição também menciona no artigo 174, § 3º, o seguinte:

O Estado favorecerá a organização da atividade garimpeira em cooperativas, levando em conta a proteção do meio ambiente e a promoção econômico-social dos garimpeiros.

No **artigo 176**, a Constituição enfatiza que:

As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem a União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

Adentrando à questão ambiental a Carta Magna registra (Art.24), dentre outros itens, a competência da União, Estados e Distrito Federal em legislar concorrentemente sobre florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição.

E no **artigo 225**, a Constituição assinala:

Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

No § 2º **desse artigo**, salienta que:

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

Portanto, pode-se observar o destaque que a Constituição atribui aos recursos minerais, considerando-os como bens da União e mencionando a competência privativa desta em legislar sobre jazidas minerais. Por outro lado, a Constituição Federal, no capítulo dedicado ao meio ambiente, incluiu no parágrafo 2º do artigo 225, a previsão quanto à obrigação daquele que explorar os recursos minerais de recuperar o meio ambiente degradado. Essa tendência visa amenizar a séria carga imposta às presentes e futuras gerações, tal obrigação quanto à recuperação dessas áreas refere-se à prática que fora adotada em distintos países como instrumento de política pública com o objetivo de assegurar a correção de impactos ambientais considerados negativos e importantes.

#### ➤ **Código de mineração (Decreto-Lei nº 227 de 28/02/1967)**

Este tema possui caráter específico, ao ser tratado como Lei pelo Código de Mineração, instituído pelo Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, validado na época para dar nova redação ao Código de Minas anterior. Onde um dos objetivos do código era dar cumprimento à definição da política de governo visando a adaptação legal às necessidades do desenvolvimento econômico e ao equilíbrio do balanço de pagamentos da época.

Recentemente, este mesmo Código recebeu uma nova versão, por intermédio da Lei 9.314/96, publicada no Diário Oficial da União – DOU, de 18/11/1996, que o alterou, adaptando-o à nova ordem política, econômica, social e ambiental.

A nova versão do código também ratifica os preceitos constitucionais, logo no seu artigo 1º, mencionando a competência da União em administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral, a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais. Para a pesquisa em questão, enfatiza-se o regimento jurídico ligado à lavra mineral, entretanto, especificamente no garimpo objeto desta pesquisa tal aparato jurídico não é utilizado uma vez que sua atividade não é legalizada.

Desta forma, cita-se inicialmente o artigo 2º do Código de Mineração, que versa sobre os regimes jurídicos de aproveitamento mineral, a saber:

I – *Regime de Concessão*, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Minas e Energia, liberando a jazida mineral para a atividade de lavra e produção comercial;

II – *Regime de autorização*, quando depender da expedição de alvará de autorização do Diretor Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Engloba a fase de pesquisa mineral;

III – *Regime de licenciamento*, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro de licença no DNPM. Compreende a efetivação da extração de substâncias minerais utilizadas *in natura* para a indústria de construção, no preparo de agregados e argamassas, como areia, argila vermelha, rochas usadas como paralelepípedo, ardósias, cascalhos e outros.

IV – *Regime de permissão* de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor Geral do DNPM;

V – *Regime de monopolização*, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta e indireta do Governo Federal, a exemplo dos minerais nucleares.

E o parágrafo único do artigo 2º, cita o registro de extração de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, definidas em Portaria do Ministério de Minas e Energia, para uso exclusivo em obras públicas executadas diretamente pelos órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, sendo vedada, neste caso, à comercialização da produção mineral.

Os regimes de aproveitamento mineral apropriados para o tema em questão são de permissão de lavra garimpeira, por se tratar obviamente de garimpo e os regimes de autorização e concessão, que possuem aspecto legal generalizado ao envolverem todas as

substâncias minerais regidas pelos preceitos do Código de Mineração<sup>3</sup>, com exceção dos minerais nucleares e petróleo.

Cabe ainda ressaltar o Código de Proteção do Meio Ambiente do Estado do Maranhão (Lei Estadual nº 5.405 de 08.04.92, p. 124) em seu artigo 90 que trata *Dos recursos minerais* para fins de exploração de atividade minerárias, não poderão ser outorgados títulos de extração mineral sem a obtenção prévia, por parte do empreendedor, de licença pelo órgão ambiental estadual, após apresentação e exame do Estudo de Impacto Ambiental e o relatório correspondente.

Todo esse aparato legal que diz respeito a mineração no Brasil e em seus Estados, é sem dúvida importante para que haja controle e legitimação das práticas de exploração. Porém, a contramão da excessiva legislação acaba sendo usada como justificativa das explicações para a clandestinidade na mineração.

### **3.3 Meio ambiente e mineração em garimpo de ouro**

A mineração tem uma especificidade que se diferencia das outras atividades industriais, visto que ela possui um rigor locacional, ou seja, só é possível minerar onde existe minério. Tal assertiva parece óbvio, porém gera desgastes entre mineradores e ambientalistas. A solução da questão passa por estudos que contemplem os benefícios e problemas gerados pela mineração local versus os benefícios e problemas decorrentes da mineração não local.

No início do século XX observou-se uma preocupação voltada para temas relacionados à consciência ambiental, nesse período foram divulgadas fotos do planeta Terra pelo projeto espacial soviético *Vostok*, atentou-se que a Terra era um lugar limitado e que seus recursos e ambiente são finitos. Tal revelação trouxe um despertar para a sensibilização ambientalista mundial e assim foram desenvolvidas diferentes ações voltadas para esse contexto.

Segundo Matta (2006, p. 22)

As degradações ambientais crescentes, produzidas pelo homem e ocasionadas pelo modelo de desenvolvimento capitalista, incitaram a adoção das primeiras reações

---

<sup>3</sup>O Código de Mineração, originalmente o Decreto-Lei Nº 227 de 28/2/67, vem sofrendo desde aquela época várias alterações, culminando com o advento da Lei Nº 9.314 de 14/11/96, que entrou em vigor a partir de 17/1/97. Pode-se dizer que, basicamente, o Código regula os direitos sobre os recursos minerais do País, os regimes de aproveitamento de tais recursos (concessão, autorização, licenciamento, permissão de lavra garimpeira e monopolização), e, a fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

contra as posturas unidirecionais da produção desenfreada que alterava negativamente o meio: produzir é sempre importante, mas controlando os impactos e recuperando ambiente. Assim começava a nova visão do desenvolvimento econômico, evidenciada nos acontecimentos internacionais como a Conferência de Estocolmo, em 1972, ou nacionais, com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente- SEMA, ainda nos anos setenta (30/10/1973).

No Brasil, essa nova ordem econômica-ambiental ganhou mais força nos anos de 1980, quando se promulgou a Lei 6.938/1981, com a criação da **Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA – e a Resolução do CONAMA n° 001/86**, que obrigava a realização de Estudo de Impacto Ambiental - EIA para algumas atividades produtivas.

Nos anos 1990 do século XX, na tentativa de conciliar as interações entre o desenvolvimento humano e o meio ambiente, realizou-se a Conferência das Nações Unidas, em junho de 1992, denominada de Rio-92. Esta teria continuidade já no século XXI, com a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio + 10. Esta Cúpula Mundial dedicou-se analisar, em setembro de 2002, em Joanesburgo, África do Sul, o avanço socioeconômico-ambiental que teria acontecido desde 1992 com a Rio-92, destacando as mudanças positivas ocorridas na década e os obstáculos contínuos para a conquista de um mundo mais sustentável.

Na Conferência das Nações Unidas que aconteceu no Rio de Janeiro, em 1992, novos rumos para a gestão ambiental foram apresentados, quando se discutiu sobre o engajamento do setor produtivo nas soluções para o meio ambiente. Neste caso, a questão da redução dos custos de produção passaria a ser avaliada nos processos de controle ambiental.

Assim, surgiram os conceitos de prevenção da poluição e produção limpa, onde a redução de custos de produção, a otimização do uso dos recursos naturais, a minimização da geração de resíduos, marketing de produtos e processos mais limpos, se tornariam a tônica do momento, e o enfoque da gestão ambiental passaria para “além” do controle da poluição (ANDRADE *et al.*, 2001).

Nesse momento, enquanto se discute a redução dos níveis de impacto ambiental no mundo, aumenta a preocupação com as alterações negativas sobre o meio físico, no meio rural ou urbano, o que tem direcionado as atenções para alguns setores produtivos da economia mundial, como, por exemplo, o da indústria mineral. Ou seja, começa a preocupação de que os recursos naturais são finitos.

Acrescenta-se que a partir da era industrial, as atividades de mineração vêm aumentando bastante, levando à ampliação das áreas afetadas e da grande carga de detritos despejados no ambiente, que depois se transformam em sedimentos transportados em direção ao mar.

De acordo Mata (2006), confirmou essa ideia ao fazer a seguinte avaliação: retiramos da terra, a cada ano, 50 bilhões de toneladas de rochas, três vezes mais a quantidade de sedimentos transportada por ano por todos os rios do mundo. Ao fazermos isso estamos danificando seriamente a superfície do planeta e lançando uma fantástica quantidade de resíduos por toda à parte, dentro da nossa pequena casa.

Nunes (2009) diz que “os recursos naturais constituem todos os bens dadivosamente fornecidos pela natureza: o ar, a água, o alimento, o sol (como fonte de luz e calor), a vegetação, a fauna, os minerais, etc”. Os recursos naturais constituem o que tem se chamado atualmente de capital natural. A lei da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) no seu artigo 3º, VI, considera recursos ambientais “a atmosfera, as águas interiores, superficiais, subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora”. A Lei 9.985/2000 inclui todos esses elementos em sua definição de recursos ambientais e acrescenta subsolo. Sendo considerados recursos não renováveis os minerais. De um modo geral, o modo como o homem vem conduzindo suas necessidades na retirada dos recursos naturais é o modelo exploracionismo.

Contudo, há tempos a extração mineral é uma atividade importante para o desenvolvimento social e econômico. Ela é a base da formação da cadeia produtiva, do processo de transformação de minérios até os produtos industrializados e, na medida em que as cidades crescem, criam-se demandas por infraestrutura e serviços, o que induzem a instalação de indústrias de transformação. Neste contexto, a mineração é reconhecida internacionalmente como atividade propulsora do desenvolvimento, tendo grande participação no desenvolvimento econômico de muitas das principais nações do mundo (SILVA, 2010).

Apesar dos impactos causados pela mineração no ambiente serem, na sua maioria, pontuais, atingindo “pequenas áreas” no meio físico, em comparação com outros setores, como a agricultura, por exemplo, eles são intensivos e alteram negativamente o ambiente através de diversas formas de impactos, tais como: impactos de origem física e química sobre as águas, sobre o solo, na atmosfera, sobre a flora e fauna, na topografia original do terreno e sobre o ambiente urbano.

Com relação ao Brasil, o autor conclui:

Somando-se aos bens minerais a movimentação de rochas estéreis ou de baixo teor, necessária para a extração desses, calcula-se em dois bilhões de toneladas ao ano o peso das rochas extraídas e/ou movimentadas no Brasil. Esse número pode mais que duplicar, levando-se em conta a extração de material de construção (MATTA, 2006, p. 24).

Para ter uma melhor noção, observando as construções realizadas pelo homem, como uma casa, por exemplo. Para se construir uma casa com grande frequência utiliza-se tijolos, telhas, cimento, pedra britada, aço, vidro, dentre outros itens. Todos esses são obtidos da indústria mineral, em particular, do setor relacionado à construção civil. Pode-se, portanto, imaginar a quantidade de material extraída da natureza para se construir uma cidade como Dubai por exemplo. Da mesma forma, faz-se um paralelo com a atividade de extração mineral, que deixa um aspecto oneroso para o meio ambiente.

Porém, um dos maiores problemas ambientais inerentes à mineração encontra-se nas atividades clandestinas de lavra mineral, normalmente conduzidas pela extração rudimentar em nível de garimpo. Garimpo este que foi definido por Barreto; Damasceno (2000) como sendo uma atividade de aproveitamento mineral simplificado de depósitos secundários e primários a pequenas e médias profundidades, não excedendo 50m.

Mata (2006, p.24) analisando também esta situação, salientando que o garimpo tradicional que utilizava equipamentos manuais simples, como a bateia, está agora sendo substituído pela mineração clandestina ligada a grandes investimentos, possuidora de equipamentos pesados tipo, dragas, tratores, balsas, escavadeiras, etc. Esta mudança de característica da ação garimpeira, muitas vezes estimulada pela excessiva regulamentação atualmente existente, aumenta a degradação do meio físico, haja vista o acréscimo do volume de material removido com a extração mineral, através de equipamentos pesados para produção em larga escala e sem controle.

Segundo Bacocoli & Gamboa (1992, p. 26)

A exploração mineral se tornou mais evidente a partir da Primeira Revolução Industrial (final do século XVIII, início do século XIX), quando a produção em massa intensificou a extração de minérios para abastecer a crescente indústria. Com o crescimento populacional mundial houve a necessidade de retirar da natureza um volume cada vez maior desse tipo de recurso.

**O Código de Mineração**, Decreto-Lei nº 227/67 em seu artigo 70, define a garimpagem da seguinte forma:

O trabalho individual de quem utiliza instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis, na extração de pedras preciosas, semipreciosas e minerais metálicos ou não metálicos, valiosos, em depósitos de aluvião ou aluvião, nos álveos de cursos d'água ou nas margens reservadas, bem como nos depósitos secundários ou chapadas, vertentes e altos de morros, depósitos esses genericamente denominados garimpos (BRASIL, 1978).



Contudo, há que se observar que no conjunto das atividades mineradoras, a mineração de um modo geral, implica em grande desequilíbrio ecológico não só pelos impactos diretos e indiretos ao meio ambiente, mas também pelas consequências deixadas à saúde humana a curto, médio e longos prazos.

De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (2013), quando se fala em produção de ouro de garimpo que chegou a atingir dezenas de toneladas na década de 1980, em 2006, a estimada sobre a arrecadação do Imposto sobre Operações Financeiras (IOF) foi de aproximadamente 5,2 toneladas, apresentando pelo segundo ano consecutivo redução (38,0%) em relação a 2005.

Para o Ministério de Meio Ambiente (BRASIL, 2013, p.44)

[...] Em 2006 a distribuição das atividades garimpeiras nos principais estados produtores de ouro foi: Pará (45,7%), Mato Grosso (20,3%), Amapá (15,5%), Rondônia (8,0%) e outros (10,5%). Estima-se que a emissão total de Hg foi em torno de 6,9 ton, sendo 3,8 ton como resíduos sólidos. Em 2007, a produção de ouro de garimpo também estimada a partir da arrecadação do IOF, atingiu valor similar ao de 2006 (5,17 toneladas), contribuindo com cerca de 10% da produção nacional de ouro. Os principais estados produtores de ouro de garimpo foram os mesmos de 2006, e estima-se a emissão total de Hg em 6,7 ton, sendo 3,6 ton como resíduos sólidos.

Entretanto, estes valores oficiais de produção de ouro podem não necessariamente refletir a verdadeira produção. Pois existem garimpos ativos onde são desenvolvidas atividades de forma ilegal. De acordo com informações da instituição “*Artisanal Gold Council*”, o total de mercúrio emitido ao meio ambiente a partir do uso na mineração de ouro artesanal no Brasil foi entre 25 e 50 toneladas em 2010. Entretanto, essa estimativa é baseada no número de minas, o que pode compreender este valor de emissão superestimado, já que muitas minas encontram-se fora de operação e também pelo fato de que alguns garimpeiros utilizam outras formas para destilação em suas atividades.

Porém, uma prática conhecida na garimpagem de ouro no Brasil, é o uso constante do mercúrio utilizado para o aprisionamento do ouro durante a separação do mineral com os demais sedimentos. Mesmo durante últimas três décadas do século XX, como ficou conhecida historicamente a chamada “corrida do ouro” estima-se que cerca de 4.000 toneladas de Hg foram liberadas para o meio ambiente, sendo cerca de 60% em rejeitos sólidos de mineração Lacerda (2003, *apud* BRASIL, 2013, p.43).

Ocorreu ainda neste século XX, uma diminuição considerável no uso mercúrio - Hg nos garimpos de um modo geral, o que não impediu que os rejeitos da atividade representem ainda hoje um passivo ambiental, cujo inventário e manejo apropriado devem ser

considerados de extrema importância. O método da amalgamação manual, ou em pequenas unidades misturadoras do concentrado do minério resulta em emissão significativa de *Hg* para o meio ambiente.

Em 1998, Pfeiffer, estimou as perdas de *Hg* no processo para a atmosfera, rios e solos. O autor indica que para cada quilograma de *Au* produzido, 1,32 quilos de *Hg* eram liberados para o meio ambiente. A maior parte, 55% a 65%, era perdida para a atmosfera sendo, eventualmente, depositada em ecossistemas terrestres e aquáticos.

### **3.4 Contaminação dos ecossistemas aquáticos**

Ao se tratar da presença de mercúrio no meio aquático tem-se, na realidade, que imaginar dois sistemas distintos, separados, mas que interagem profundamente: a água propriamente dita (fase líquida) e os sedimentos (fase sólida) (AZEVEDO, 2003).

A contaminação por mercúrio dos ecossistemas aquáticos é resultado de emissões pontuais diretas, deposição atmosférica, erosão do solo e lixiviação, sendo que a distribuição das diversas espécies de mercúrio que entram no sistema aquático é regulada por processos físicos, químicos e biológicos, que ocorrem na interface ar/água e água/sedimento (ALEXANDRE, 2006).

Em águas contaminadas, o mercúrio encontra-se predominantemente ligado à matéria fina em suspensão, que tem grande capacidade de adsorvê-lo (AZEVEDO, 2003). Já os sedimentos de fundo, desempenham um papel muito importante na avaliação da contaminação de corpos hídricos, pois refletem a qualidade atual do sistema aquático e podem ser utilizados para detectar a presença de contaminantes, que permanecem insolúveis após lançamentos nas águas superficiais, funcionando como verdadeiros depósitos. Assim, os sedimentos de rios, lagos e oceanos contaminados por mercúrio são perigosos porque o mercúrio confinado pode permanecer ativo como substrato para a metilação por vários anos, mesmo quando a fonte poluidora é eliminada (TINÔCO, 2008).

A atividade garimpeira, em destaque a de ouro, é um ramo que gera a liberação de vários metais para o meio aquático. Nos processos de lavra em que a polpa (água+terra) é trabalhada, metais pesados presentes no solo (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) são desprendidos, concentrados e liberados junto aos rejeitos nos rios (ARTAXO *et al.*, 2000; FOSTIER *et al.*, 2000; TINÔCO *et al.*, 2010). Segundo Lima (2013), isso ocorre devido à garimpagem de ouro ser realizada de maneira inadequada, gerando anomalias geoquímicas dos referidos elementos. Há também relatos de que a garimpagem em áreas ricas em Al, Fe,

Cd e Cr no solo, ocasiona a concentração destes elementos nos sedimentos despejados e conseqüentemente na água. Isto estaria ligado à formação de sulfetos dos respectivos metais, os quais facilitam a fixação ao sedimento e transporte pela água (MARTINS *et al.*, 2010).

Entretanto, o principal metal pesado liberado pelos garimpos é o mercúrio, pois seu uso no beneficiamento do ouro é imprescindível para captura e retenção deste elemento, formando a amálgama. Verifica-se que para cada 1 kg de ouro produzido são utilizados 1,5 kg de Hg, do qual 70 % são recuperados e 30% são perdidos para o ambiente. Deste valor perdido, 20% vão para atmosfera, durante a queima da amálgama, e retornam para os rios pela chuva; os outros 10% são despejados diretamente nos corpos d'água (BONUMÁ, 2006; CESAR *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2008).

O vapor de mercúrio é liberado para atmosfera durante a queima da amálgama, onde é oxidado formando o mercúrio ionizado ( $Hg^{2+}$ ), que se condensa nas nuvens e por meio da chuva volta para o solo ou para água, onde é transformado em mercúrio orgânico ( $CH^3Hg^+$ ), uma constituição já tóxica. Na forma orgânica o Hg é absorvido pelo organismo dos seres vivos e convertido em metilmercúrio, sua forma mais tóxica (MEDEIROS *et al.*, 2006; TRINDADE; BARBOSA FILHO, 2002).

Ao cair no sistema aquático, o mercúrio liberado pelo beneficiamento do ouro ou pela chuva, passa pela mesma transformação ( $Hg^0 \rightarrow CH^3Hg^+$ ). O transporte do mercúrio na sua forma metálica no sistema fluvial depende das características hidrográficas do rio, como correnteza, relevo, mudanças no nível de água e outros (MATHIS *et al.*, 1997; LIMA, 2013). Estudos mostraram que parte do mercúrio é transportada por pequenas partículas de sedimentos e depositada em lugares com correnteza fraca, em áreas de várzea ou em lagos formados durante a época menos chuvosa (GONÇALVES *et al.*, 2000).

Fatores como o pH, temperatura e oxigênio dissolvido (O.D.) também influenciam a mobilidade e conseqüentemente a potencialidade tóxica do cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco e mercúrio no meio aquático (CARVALHO *et al.*, 1991).

Os metais possuem inerentes características atômicas, dando-lhes elevada resistência à degradação química, física e biológica no sistema aquático. Tal episódio os leva a persistirem no ambiente aquático por vários anos, mesmo depois da proibição de sua utilização ou despejo nos cursos d'água (MORAES; JORDÃO, 2002). Ao se apresentar no sistema aquático, o metal tem sua concentração gradualmente aumentada, o que facilita sua maior concentração na água e absorção pelos organismos (RODRIGUES *et al.*, 2003).

Em suma, todas as espécies de mercúrio são absorvidas diretamente das águas, pelos organismos aquáticos através dos alimentos ou da ingestão de sedimentos, porém o

metilmercúrio acumula-se de forma mais eficiente na maioria dos organismos, adquirindo maiores concentrações em peixes de topo de cadeia pela biomagnificação, resultando em risco para o homem, principalmente pelo consumo de peixes e frutos do mar de águas contaminadas.

### **3.5 Impactos da mineração no ambiente e na saúde humana**

A atividade extrativa decorrente da mineração têm causado por suas práticas sem técnicas adequadas e sem controle um visível quadro de oneração no ambiente. Quando se trata de exploração de recurso natural, a atividade de mineração provoca impactos no meio ambiente seja no que diz respeito à exploração de áreas naturais ou mesmo na geração de resíduos.

De acordo com Brasil (1986), que consta a Resolução do CONAMA n.º 001 de 23/01/86, cita impactos ambientais,

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais.

Neste sentido, dá-se uma ênfase ao impacto gerado por ações antropogênicas e que ocasionam efeitos, sem considerar os efeitos danosos gerados por agentes naturais como os terremotos, furacões, inundações e movimentos de massa em áreas até então intactas e livres da intervenção direta do homem. Deve-se aceitar noções de que os impactos naturais são muitas vezes acelerados e aumentados pela intervenção antrópica, contudo sem ser, muitas vezes, seu principal fator causador.

Segundo CPRM (2002), os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em cinco categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno, incêndios causados pelo carvão e rejeitos radioativos.

Os efeitos ambientais negativos da extração mineral (lavragarimpeira) estão associados às diversas fases de exploração dos bens minerais, desde o início da lavra até o transporte e beneficiamento do minério, podendo estender-se após o fechamento da mina ou o encerramento das atividades.

Ainda, o efeito da mineração é intensa e afeta o meio físico de forma substancial, provocando desmatamentos, erosão, contaminação dos corpos hídricos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações da paisagem, do solo, além de comprometer a fauna e a flora. Afeta, também, bem estar e a qualidade de vida das populações estabelecidas na área minerada e em seu entorno.

De acordo com Mechi; Sanches (2010, p. 209), abordam o tema mineração e os impactos negativos no meio ambiente,

Praticamente, toda atividade de mineração implica supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração. Em muitas situações, o solo superficial de maior fertilidade é também removido, e os solos remanescentes ficam expostos aos processos erosivos que podem acarretar em assoreamento dos corpos d'água do entorno. A qualidade das águas dos rios e reservatórios da mesma bacia, a jusante do empreendimento, pode ser prejudicada em razão da turbidez provocada pelos sedimentos finos em suspensão, assim como pela poluição causada por substâncias lixiviadas e carreadas ou contidas nos efluentes das áreas de mineração, tais como óleos, graxa, metais pesados. Estes últimos podem também atingir as águas subterrâneas. Com frequência, a mineração provoca a poluição do ar por particulados suspensos pela atividade de lavra, beneficiamento e transporte, ou por gases emitidos da queima de combustível. Outros impactos ao meio ambiente estão associados a ruídos, sobrepressão acústica e vibrações no solo associados à operação de equipamentos e explosões.

Outra contribuição sobre a definição de impactos ambientais também foi definida por Canter, (1997, apud OLIVEIRA; MEDEIROS, 2007) "Qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e socioeconômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alternativas em estudo, para satisfazer as necessidades de um projeto".

A atividade de extração mineral com impactos negativos, pode ser vista assim, como uma relação de causa e efeito (MACEDO, 2002), considera impacto ambiental,

Todos os efeitos sensíveis provenientes das alterações de ordem física, química, biológica, social, econômica e cultural do ambiente, adversos e benéficos causados por qualquer processo de transformação ambiental, antrópico ou não, que, diretamente ou indiretamente, afetem: I – a saúde e o bem-estar presente e futuro do indivíduo e das comunidades de que participa; II – as atividades sociais, econômicas e culturais ocorrentes e previstas; III – a qualidade presente e futura dos recursos e fatores ambientais; IV – a estabilidade presente e futura dos ecossistemas, constituídos ou em transição; V – as possibilidades de reabilitação de recursos e fatores ambientais.

Os reflexos dos impactos ambientais em áreas de garimpo podem ser observados no conjunto da paisagem e em todos os seus elementos como o solo, fauna, flora e na geomorfologia. Assim, as mudanças que ocorrem no meio físico geram grande impacto no ambiente minerado.

Um outro fator agravante nesse processo, trata-se da poluição mercurial, decorrente da atividade garimpeira, tem sido objeto de estudos no Brasil e no mundo. O mercúrio metálico lançado no meio ambiente, é volátil, podendo ser oxidado e metilado para a forma mais tóxica, o metil-mercúrio, incorporando-se aos organismos vivos pela cadeia alimentar. Dessa forma, pode ocasionar sérios danos à saúde dos animais e do ser humano (TANNÚS *et al.*, 2001). Assim, os impactos causados ao ambiente minerado ultrapassam a barreira do ambiental, chegando até o social da comunidade e garimpeiros que convivem com essa atividade.

Estudos dessa natureza possibilitam ajudar a compreender as relações entre meio ambiente e saúde pública, possibilitando o desenvolvimento de novas medidas de prevenção e controle ambiental.

### **3.6 Garimpo de ouro e mercúrio**

Na década de 80, a corrida do ouro na América Latina levou milhares de pessoas a ingressarem na atividade artesanal de ouro, onde vislumbraram o garimpo como forma de melhoria econômica e escape da marginalização social.

Desde então, a crescente utilização do mercúrio na formação do amálgama - liga de Au-Hg -, e sua emissão para os diferentes nichos ambientais tem sido fonte de preocupação da comunidade científica em todo o mundo, devido aos efeitos danosos que tal metal provoca no meio ambiente e ao seu potencial tóxico à saúde humana.

No ano de 1980, há que se destacar o marco histórico no Brasil, quando foi encontrado ouro na Região Amazônica, transformando o garimpo de Serra Pelada conhecido no País e com repercussões internacionais.

A interferência do homem na natureza com a finalidade de exploração dos recursos naturais, sem ações que venham mitigar esses impactos gera problemas ambientais, com consequências para toda biota. Normalmente a recuperação natural dessas áreas pode levar décadas. Essas áreas podem ser inutilizadas caso haja teores de elementos- traço acima do estipulado pelas legislações em vigor, sendo que esses podem permanecer no ambiente por um longo período (RAMOS, 2005).

O uso descontrolado do mercúrio nos garimpos de ouro representa um grande problema ambiental, cuja magnitude ainda é pouco conhecida. Os estudos científicos disponíveis até o momento referem-se muito mais à região amazônica e buscam avaliar, em

sua maior parte, os impactos sobre o meio ambiente. Já os estudos que avaliam o impacto na saúde também são oriundos de grupos de pesquisa de universidades.

De acordo com Tannús *et al* (2001) [...] O garimpo de ouro, além de acarretar problemas, como a descaracterização da morfologia original do terreno, a supressão da vegetação e o assoreamento dos cursos d'água, pode gerar rejeitos contendo mercúrio metálico.

Com relação ao quesito rejeito, existe uma dificuldade de generalização sobre a toxicidade de rejeitos da mineração, uma vez que este apresenta ampla variação dos seus efeitos, já que possui grandes quantidades de metais pesados e outros compostos, além da problemática que envolve o armazenamento desse material.

Observa-se que o mau uso da terra também pode aumentar os níveis de metilação do mercúrio, assim como o escoamento superficial pode transportar o mercúrio para corpos d'água locais e contaminar o lençol freático. Fatores, tais como, pH, condutividade elétrica, disponibilidade de oxigênio, temperatura, atividade biológica e concentração de nutrientes, entre outros.

A poluição por mercúrio é comum em áreas de garimpo, afetando vastas regiões do Brasil. Os garimpeiros usam mercúrio para coletar o ouro dos concentrados na forma de um amálgama e recuperam o ouro metálico “queimando-o”, volatilizando o mercúrio, o qual é levado pelo vento e logo se precipita (SCARPELLI, 2003). Pelo total desconhecimento técnico-operacional desse processo e pela ausência da cultura para reciclagem do mercúrio aliadas ao custo relativamente baixo do metal líquido, grandes quantidades de mercúrio têm sido lançadas no solo, na água e no ar.

Teixeira (2001, p. 455), afirma que a produção e o uso inadequado do bem mineral podem, direta ou indiretamente, acarretar diferentes formas da degradação ambiental, causando efeitos locais.

A conservação dos recursos minerais e a preservação ambiental estão diretamente relacionadas, uma vez que os minerais fazem parte do ambiente. Um agravante notável neste processo é que, na maioria dos casos, a exaustão do recurso mineral se dá de forma tão intensa para o equilíbrio ecológico que a recuperação das áreas degradadas torna-se quase irreversível.

Segundo Kopezinsk (2000, p.34), ocorrem alguns problemas pertinentes ou decorrentes da ação extrativa, que produzem degradações do meio físico, como a erosão, assoreamento de rios ou córregos e até movimentos de massa, e podem ser analisados em escalas regionais.

Além de toda a problemática, a erosão é um processo lento e gradual que só é verificado quando já se encontra em estágios mais desenvolvidos dentro do ambiente em extração. Os processos erosivos, muitas vezes, promovem grandes movimentos de massa, originando escorregamentos em muitos taludes nas minerações a céu aberto.

Assim, no processo de garimpagem, a utilização do mercúrio pelos garimpeiros para concentração do ouro na bateia é um procedimento quase que inevitável. Geralmente utilizam o composto orgânico do mercúrio no formato Metilmercúrio  $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$ , este é considerado o mais importante devido à alta toxicidade para o organismo humano. Esta composição é produzida a partir do mercúrio elementar, sintetizado por bactérias presentes em ambientes aquáticos como resultado do processo de detoxificação. Neste processo, o mercúrio (Hg) se liga a um grupo metila (um carbono ligado à três hidrogênios-  $\text{CH}_3$ ).

O metilmercúrio é então inserido ao ecossistema aquático e vai se acumulando no tecido dos organismos aquáticos, de forma, que quanto mais alta for a posição do organismo na cadeia alimentar, maior será a concentração de metilmercúrio em seu organismo.

Portanto, ao consumir peixes que ocupam o topo da cadeia alimentar, o indivíduo está possivelmente ingerindo um alimento contaminado por metilmercúrio, e como consequência, intoxicando-se. Outro fator agravante de contaminação no homem pelo Mercúrio é a falta de equipamentos de proteção, como máscaras ou luvas, permitindo que o mercúrio seja diretamente inalado, pois a falta de equipamentos facilita o contato direto do metal pelos garimpeiros, que são acometidos de sérias complicações de saúde, podendo em alguns casos chegar ao óbito.

Por outro lado, têm-se a necessidade de estudos adequados sobre esse processo bem como a descontaminação de áreas poluídas por esse metal. Diversos métodos têm sido desenvolvidos para a remoção de mercúrio de efluentes industriais e de rejeitos do processo de amalgamação.

Em geral, os tratamentos envolvem técnicas físico-químicas, como separação por decantação, precipitação química, coagulação, absorção, troca iônica e extração por solvente, eletro-oxidação e flotação. Também estão sendo avaliados métodos biológicos para o tratamento hidrometalúrgico, a biolixiviação do concentrado mineral, e para o monitoramento, a remoção e a recuperação por bioabsorção de metais contidos em efluentes líquidos (HIMENES; TUTUNJI, 2005).

Estudos anteriores realizados na área da pesquisa por Gonçalves, (2004), revelaram o Garimpo de Caxias tendo áreas degradadas pela extração de ouro e possivelmente contaminadas, devido intensa atividade de exploração desde os anos 80, resultando em seus



corpos líquidos expressiva quantidade de metilmercúrio e conseqüentemente nos sedimentos, decorrente do último intenso ciclo garimpeiro. Pois nessa ocasião, um contingente numeroso de homens empreendiam intenso trabalho manual, utilizando equipamentos, como bombas de sucção, calhas de concentração e o uso do elemento mercúrio.

### **3.7 Toxicologia do mercúrio e saúde humana**

O mercúrio é um elemento que está presente na água, na atmosfera e nos seres vivos, ou seja, ocorre naturalmente na crosta terrestre. Assim, dentre as diferentes formas químicas do Hg, o *metil-Hg*<sup>+</sup> é a forma mais importante no âmbito ambiental devido a sua elevada toxidez aos organismos superiores, particularmente mamíferos.

Segundo De-Paula *et. al.* (2006), nos mamíferos, o metil-Hg têm preferência por acumular-se no sistema nervoso central devido à sua afinidade com aminoácidos abundantes neste sistema, levando à disfunção neural e eventualmente à paralisia e morte. Quando assimilado, 95% da dose oral é absorvido pelo intestino para a corrente sanguínea, o *metil-Hg* necessita de cerca de 70 dias para que 50% da dose ingerida seja excretada. Desta forma, ocorre uma acumulação de Hg no organismo ao longo do tempo, mesmo com frequências relativamente baixas de exposição.

A principal via de exposição humana ao metil-Hg é a ingestão de peixes, particularmente os peixes carnívoros. Outras vias, como absorção cutânea, ingestão de água e outros alimentos são possíveis, porém desprezíveis em relação à exposição através do consumo de peixes contaminados (BRASIL, 2013, p.15).

A população pode se expor aos compostos mercuriais pela inalação do ar, pelo consumo de alimentos e água ou pela exposição por contato com a pele. Também tem sido relatada a contaminação por meio de amálgamas dentários (PAVLOGEORGATOS; KIKILIAS, 2002).

No Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº1399/GM, de 18 de novembro de 1999, reconhece que o metal é prejudicial à saúde dos trabalhadores (BRASIL, 1999). Segundo a Agência de Proteção Americana - EPA (sigla americana), a ingestão de até 0,021 mg de mercúrio inorgânico, um adulto com peso médio de 87 kg, é aceitável e, provavelmente, não trará grandes danos à saúde.

O mercúrio sendo absorvido pelo corpo humano em níveis elevados atinge mais fortemente o cérebro, o coração, os rins e pulmões e o sistema imune. A absorção do vapor de mercúrio metálico dá-se principalmente por via pulmonar, através da inalação. Segundo

vários estudos relatados por Pavlogeorgatos; Kikilias (2002), a percentagem de retenção nos pulmões varia de 74% a 76% à concentração ambiental de 100 mg/m<sup>3</sup>. Dos pulmões o mercúrio é levado pelo sangue e distribui-se no organismo, acumulando-se nos rins, no sistema nervoso central, no fígado, na medula óssea, nas vias aéreas superiores, na parede intestinal, na pele, nas glândulas salivares, no coração, nos músculos e na placenta com ampla variedade de efeitos descritos na literatura. Ocorrendo a distribuição do metal no organismo pode levar a um quadro de várias doenças como: doenças autoimunes, imunossupressão, anomalias cromossômicas, leucemia, câncer de fígado e de pulmão, infertilidade masculina, morte fetal, malformações congênitas, redução no peso do cérebro, retardo no crescimento, na fala, no caminhar e no desenvolvimento intelectual, deficiência de concentração, insanidade, distúrbios visuais e cegueira, alucinações, tremores, fraqueza muscular, ataxia, paralisia, coma, depressão, dispneia, hipertensão, taquicardia, perda de audição, de memória e da sensibilidade ao toque, gastroenterite, pneumonia e morte.

### **3.8 Efeitos de patogêneses da intoxicação por mercúrio**

Os efeitos do mercúrio no organismo manifestam-se sob a forma de quadro agudo, quando inalado em grande quantidade, no qual podem ocorrer lesões pulmonares, renais, do sistema nervoso central, podendo ocasionar a morte. Isto porque a toxicidade do mercúrio é derivada da sua capacidade de interferir em reações metabólicas enzimáticas (KOUIMTZIS, 1994).

O aparelho gastrointestinal e o sistema nervoso são comprometidos pela intoxicação crônica, podendo ocasionar distúrbios comportamentais, cujas alterações variam de quadros leves a muito graves. Lesões orais, de estômago, intestino e fígado são manifestados agravando o quadro gastrointestinal. A gengivite é o distúrbio mais comumente encontrado.

Também ocorrem relatos de pacientes com um desagradável gosto amargo ou metálico na boca, sialorréia (produção excessiva de saliva), ulcerações orais e amolecimento de dentes. Faringite inespecífica é comum. Outra manifestação encontrada é a gastrite e a gastroduodenite (ZAVARIZ; GLINA, 1992).

Quanto ao quadro neurológico, os autores acima afirmam que pode manifestar-se por dificuldade com a coordenação motora, alteração de reflexos, tremores, alterações de sensibilidade dolorosa, térmica e tátil, e até parkinsonismo. O quadro psíquico também pode constituir-se por uma variedade de outras anormalidades como alterações da personalidade, irritabilidade, alteração da sociabilidade, insônia, estado de ansiedade, timidez, labilidade

emocional, e, e nos casos mais graves, ocorre à diminuição da atenção, memória, até um processo de despersonalização geral (ZAVARIZ; GLINA, 1992).

A população feminina é um grupo que causa grande preocupação quando se encontra em idade reprodutiva, pois os organomercuriais ultrapassam a barreira placentária e podem gerar danos como: microcefalia, hiperreflexia, deficiência visual, auditiva, mental e motora, ocasionando impactos adversos sobre a inteligência e desempenho reduzido na área escolar (HIMENES; TUTUNJI, 2005). Uma vez que o risco de exposição a agentes químicos inicia-se ainda na vida intra-uterina (período de desenvolvimento fetal). Além de fármacos, agentes químicos lipofílicos, como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH), presentes na fumaça do cigarro, compostos mercuriais orgânicos, como o metilmercúrio e o álcool etílico atravessam com facilidade a placenta.

A consequência da exposição ao metilmercúrio é apresentada através das alterações no sistema nervoso central, desde o seu desenvolvimento e organização durante o período pré-natal até efeitos relativamente circunscritos, observados durante a vida adulta.

As áreas geográficas definidas para pesquisa permitem estabelecer parâmetros de normalidade regional, que possam servir de base para análises comparativas posteriores, sejam por dosagens diretas em materiais biológicos, seja por análise estatística da prevalência de patologias relacionadas à intoxicação por mercúrio (DE-PAULA *et al.*, 2006).

Outra questões relacionadas são as populações em risco de intoxicação por mercúrio através das vias respiratórias e alimentar, as mesmas constituem grupos de investigação, como, garimpeiros e populações ribeirinhas que utilizam o pescado como lazer ou fonte alternativa de proteínas. Deste modo, esses são grupos suscetíveis com facilidade de maior ocorrência de intoxicação pelo componente mercúrio, devido toda exposição por que passam essas pessoas.

## 4 METODOLOGIA

A finalidade da ciência é a busca de conhecimento para alcançar e sanar soluções em prol do interesse coletivo. Nesta perspectiva, a Geografia se evidencia com elevado potencial quando estuda e minuciosa as relações entre sociedade e natureza, sobretudo, em um período de transição em que atividades tradicionais e velhos paradigmas têm que alcançar novas alternativas com significados incomensuráveis que devem responder simplesmente pela manutenção e sobrevivência dos seres vivos.

A partir desse fato busca-se contemplar categorias e conceitos de estudo que não se limite por proposições apresentadas e enxergue a relação sociedade - natureza a partir de uma visão sistêmica - holística que sejam no mínimo passíveis de aplicações práticas.

Assim, a presente pesquisa foi conduzida metodologicamente com base na **abordagem da Teoria do Geossistema**, na perspectiva de Bertrand (1968), na qual o autor busca uma abordagem integrada da natureza tendo como ponto de partida o estudo da paisagem.

Para Oliveira, (2003, p. 04) os estudos relacionados às questões ambientais têm considerado, de longa data, a abordagem sistêmica na estruturação de metodologias aplicadas que atendam às necessidades de planejamento, em que o meio natural, considerado um sistema, seja analisado em sua estrutura e, principalmente, em sua dinâmica, tendo o homem como agente ativo nas relações intrínsecas do meio ambiente. Nessa compreensão (SOUZA, 2011, p.16) destaca que:

Os resultados e experiências alcançados nas últimas décadas se baseiam em modelo sistêmico, revelando-se adequado para incorporar a variável ambiental ao processo de organização territorial. Parte-se do pressuposto de considerar o ambiente como um sistema complexo que deriva das relações mútuas e interações entre componentes do potencial ecológico e componentes da exploração biológica. Essas relações assumem uma complexidade maior quando são incorporadas às variáveis socioeconômicas.

O conceito de geossistema foi proposto por Sotchava em 1962 e metodologicamente aperfeiçoado por Bertrand em 1968. Segundo Mendonça, (2001) para Sotchava chegar ao referido método de geossistema utilizou-se dos princípios sistêmicos e da noção de paisagem.

Geossistema é a expressão dos fenômenos naturais, ou seja, o potencial ecológico de cada espaço no qual há uma exploração biológica, podendo influir fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial, porém, sem haver necessariamente, face aos processos dinâmicos, uma homogeneidade interna (MENDONÇA, op cit, p. 49).

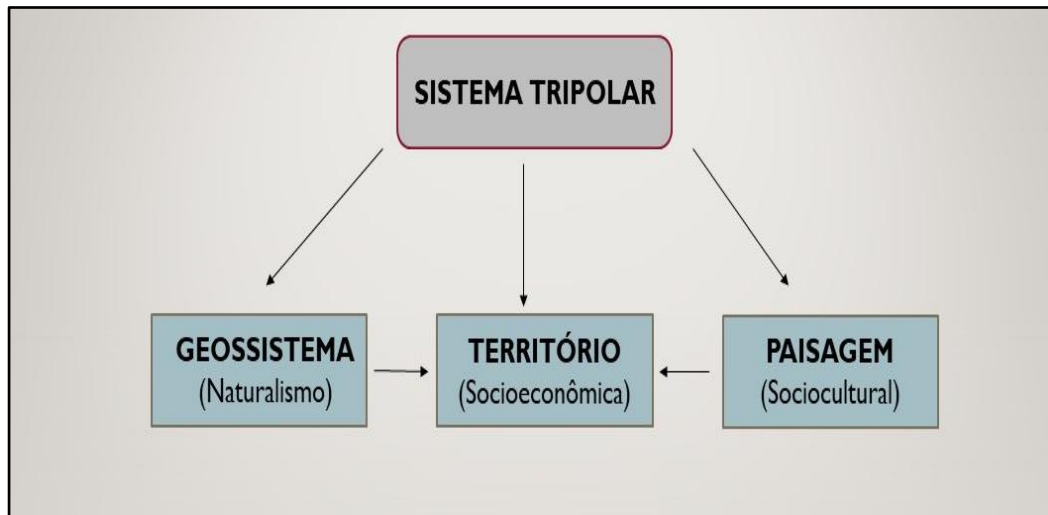
O modelo geossistêmico possui uma estrutura dinâmica resultante da integração de estruturas bióticas e abióticas (rocha, água, ar, animais, vegetais, solos) da superfície terrestre, além dos elementos antrópicos (econômicos e sociais), sendo que tais componentes estão intrinsecamente conectados e influenciam o funcionamento dos geossistemas.

De acordo com Ferreira (2010), Bertrand (1968) propõe integrar à paisagem natural todas as implicações da ação antrópica (paisagem total). Ele minimiza o excesso naturalista e quantitativo defendidos pelos ex-soviéticos e considera o geossistema como uma categoria espacial cuja estrutura e dinâmica resultam da interação entre o “potencial ecológico”, a “exploração biológica” e a “ação antrópica” (Figura 2). Assim, o geossistema estaria em estado de clima quando o potencial ecológico e a exploração biológica estivessem em equilíbrio. As intervenções humanas provocariam o rompimento desse equilíbrio.

A ação antropogênica vem sendo a força que exerce uma forte influência no modulado da Paisagem, suas ações são contínuas e expressam-se de forma lenta ou intensa. A ação do homem relaciona-se diretamente com a dimensão que ele tem para com o lugar, com o modo de lidar com a Terra, retirando dela sua fonte de sustentação. Com isso, o enfoque cultural que também é abstrato e materializa-se enquanto forma ou resultado de uma ação passa a ser decisivo na constituição das paisagens.

Em 1997, Bertrand cria um novo conceito mais amplo para o geossistema, chamado por ele de GTP (Geossistema, Território e Paisagem), que pode ser compreendido pelas três vias interdependentes que trabalham cientificamente na construção do espaço geográfico, tendo como interesse epistemológico e metodológico a preocupação de preservar a complexidade e a diversidade do ambiente, na tentativa de auxiliar na superação da ruptura entre sociedade e natureza.

Figura 2- Representação do sistema tripolar proposto por Bertrand (1997)



Fonte: Bertrand (1997) apud Torres (2003, p. 44)

O **geossistema** constitui-se por elementos geográficos e sistêmicos no qual são compostos por elementos abióticos, bióticos e antrópicos, em que abrange também os conceitos espacial, natural e antrópico.

O **território** é a entrada em que permite analisar as ações e o funcionamento da questão social e econômica no espaço, considerando o tempo para relatar o recurso, a gestão, a redistribuição, a poluição e a despoluição.

A **paisagem** que abrange não somente o visível, mas também a construção cultural e econômica de um espaço geográfico. Nela contém o território, sua organização espacial e seu funcionamento, e se reproduz nos elementos do geossistema.

Segundo Pissinati e Archela (2009), a meta do GTP é a reaproximação desses três conceitos para se analisar o funcionamento de um determinado espaço geográfico de forma holística, atingindo as interações dos elementos para melhor visualizar e compreender a dinâmica da área estudada.

De acordo com Bertrand (1997), a Geografia na interface das ciências da sociedade e da natureza, deve desenvolver um sistema geográfico de análises baseado em conceitos híbridos, como paisagem, geossistema, território, recursos, catástrofe, entre outros. Monteiro (2003), ao debater a integração das variáveis "naturais" e "antrópicas", o que denominou de etapa de análise da metodologia geossistêmica, coloca "recursos", "usos" e "problemas" como conceitos para o entendimento da etapa de integração da metodologia.

Dentro dessa perspectiva, conceitos tradicionais precisam ser ressignificados a luz de novos paradigmas e conceitos pouco usuais precisam ser assimilados como é o caso de

recurso natural (VENTURI, 2006; AUGUSTIN, 2008), risco ambiental e impacto ambiental (DAGNINO e CARPI JÚNIOR, 2007), este último, como conceito derivado dos dois primeiros, os quais precisam ser incorporados para o entendimento da complexidade inerente às questões ambientais contemporâneas. "No atual processo histórico-social há a criação de um novo sentido de natureza, na qual "novas dinâmicas naturais" estão se impondo na superfície da terra (eventos extremos – enchentes, nevascas, estiagens, terremoto, dentre outros) obrigando a questionar o nosso papel enquanto ser social e natural" (VITTE, 2012).

A paisagem evidencia as relações entre sociedade e natureza em diferentes escalas espaciais e temporais do sistema ambiental, como afirma o autor abaixo:

A influência das ações antropogênicas é maior, quanto menor forem as escalas espaciais e mais atual forem as escalas temporais de análise, ressaltando assim a evolução dos geossistemas por meio de sua antropogenização/tecnificação, entendimento básico da Geografia. Dessa forma, o conceito de paisagem fica no campo teórico da Geografia, na medida em que auxilia na compreensão das relações em níveis escalares distintos. O recurso natural, por sua vez, um conceito híbrido eminentemente geográfico, afinal, só se faz existir na coexistência das duas dimensões, afinal disponibilidade de um elemento ou aspecto natural e a valoração econômica ou cultural do mesmo são condições essenciais ao conceito, desencadeando o impacto ambiental à medida que o mesmo é apropriado (ALBUQUERQUE, 2015.p.41).

No contexto do geossistema e das escalas inferiores (geofície e geótopo), a identificação do recurso natural *ouro* permite estabelecer um elo concreto, mas também conceitual entre os sistemas naturais e sociais, este último, exercendo uma influência cada vez mais direta à medida que a escala de análise torna-se mais local compreendendo os fixos e os fluxos por eles gerados.

A metodologia do GTP serve para além da delimitação e representação cartográfica das áreas, mas também para detectar problemas existentes e o grau de responsabilidade da ação antrópica sobre os mesmos, para planejar estratégias para conter, reverter ou amenizar as alterações e impactos existentes. Daí o interesse em utilizar dessa abordagem metodológica na pesquisa.

Diante do exposto, nomeou-se a paisagem (conceito tradicional) e recurso natural (conceito contemporâneo), como estruturas mistas capazes de arquitetar a ponte metodológica entre os subsistemas sociais e naturais, a fim de entender essa forma do homem explorar os recursos naturais, afinal, são conceitos que dependem da coexistência das duas dimensões e expressam tal relação.

## 4.1 Procedimentos técnicos-operacionais

A preocupação com o conhecimento dos efeitos gerados pela atividade extrativa na área do garimpo de Caxias, despertou o interesse para realização deste trabalho. Sendo assim, um dos objetivos desta etapa foi descrever os procedimentos no âmbito da pesquisa na área de estudo, com as seguinte etapas descritas abaixo:

### 4.1.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos

Visando o desenvolvimento desse trabalho, foi realizada pesquisa bibliográfica, acerca do tema abordado, tendo como base trabalhos anteriores como: teses, dissertações, revistas, artigos publicados, periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Outros dados foram adquiridos de publicações patrocinadas pelo DNPM e CPRM, e demais livros e texto que versaram sobre tópicos relacionados à: Mineração, Histórico sobre a Mineração, Legislação Ambiental, meio ambiente e mineração, o uso de mercúrio em área de extração de ouro, dentre outros. Assim, a pesquisa teve como ponto de partida o quesito *levantamento e análise do material bibliográfico*.

Além dos trabalhos supracitados, várias dúvidas foram sanadas por intermédio de entrevistas e questionários com roteiros e perguntas semiestruturadas (anexo 1) efetuadas junto à liderança da comunidade do garimpo e ainda com os garimpeiros que atuam na área.

Nos trabalhos de campo utilizaram-se dos seguintes materiais: GPS Etrex 30 Garmin, trena, caderneta de campo, elaboração de croquis, registro fotográfico, Dronne Phantom 2m marca DJI (**Foto 1**) e câmera de filmagem, registrando as áreas mais atingidas pelo processo exploratório do garimpo, além do trabalho realizado com garimpeiros, ainda contou-se com o rádio gravador portátil marca *Sony* para registro de entrevistas locais.

Contudo, salienta-se que os estudos bibliográficos prolongaram-se, sem pausa sistemática, até as conclusões finais desta pesquisa.



Foto 1- Dronne utilizado para sobrevôo na área minerada e captura de imagens aéreas



Fonte: Própria pesquisa, 2016

#### 4.1 2 Campanhas de campo

Nesta etapa, o envolvimento com a pesquisa tornou-se de fato concreto, pois através de reuniões com o orientador decidiu-se as estratégias de início da pesquisa com definição do cronograma e a logística de deslocamento até a área de estudo.

Foram utilizados ainda, informações e dados obtidos em observações de campo efetuadas pelo própria autora nos anos de 2003 a 2005, referente à pesquisa de iniciação científica.

As Campanhas de campo nos anos de 2015 a 2016 que possibilitaram coletar informações concretas sobre os processos e influências que ocorrem na área, a descrição dos aspectos naturais, de observações e estudo das alterações socioambientais, também foram feitas leituras prévias de observação *in loco* da influência da ação antrópica sobre o ambiente minerado, além de possibilitar a coleta de material, através de amostras de água e solos para análise de laboratório, neste caso as amostras de solos para análises físicas foram realizadas no Laboratório de Geociências, e as análises químicas da água, no Laboratório de Solos, ambos localizados na Universidade Estadual do Maranhão, além de contato com os atores sociais envolvidos e influentes na unidade comunidade do garimpo.

Assim, as campanhas de campo tiveram como objetivo a observação da rotina da atividade extrativa, observações quanto à rápida mudança da paisagem no meio minerado, coleta de amostras de solos e corpos líquidos das áreas de mineração, realização de entrevistas

e aplicação de questionários semiestruturados (vide anexos), o formulário com as perguntas, entretanto, foi elaborado antes da visita de campo em 2016, assim, a aplicação do questionário abrangeu 40% do público da pesquisa. Tal coleta de dados ocorreu junto aos sujeitos sociais desta pesquisa: grupos sociais que convivem na área do garimpo, liderança comunitária, contato com o Presidente da Cooperativa de Garimpeiros do Guanani- COOPERGAN, com sede na cidade de Luís Domingues, e ainda, com a Diretoria do Hospital Regional de Carutapera - MA.

Os trabalhos de campos possibilitaram ainda, a identificação das condições de trabalho e exposições à riscos na saúde dos garimpeiros e comunidade que ali realizam suas atividades laborais e vivem no local.

Para avaliação qualitativa dos impactos ambientais da área, foi utilizado o método de Listagem (*Check List*), sendo este indicado em avaliações preliminares, tendo como vantagem o emprego imediato para análises de impactos, sendo de fácil compreensão.

A utilização do método *Check List*, pode ser considerado um instrumento prático e fácil de ser utilizado em estudos de impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2008), o qual indica os elementos ou fatores ambientais potencialmente afetados por ações ou projetos relacionados a algum empreendimento. Dentre a perspectiva do método supracitado foram observados, *in loco*, como os trabalhadores realizam suas atividades laborais; investigações de como consiste a organização do trabalho nos barrancos e em quais condições estes são desenvolvidos, principalmente as condições de saúde. Para tanto, o método de listagem *Check List* foi fundamental para uma avaliação preliminar e imediata da área pesquisada, visto que foi possível observar e elencar os principais impactos resultantes da atividade mineradora na localidade investigada, de modo a propor sugestões mitigadoras, sendo estas aprofundadas na continuidade da referida pesquisa.

Os resultados relativos à identificação dos impactos ambientais negativos, provocados pela mineração no Garimpo de Caxias, são apresentados, em forma de listagem (*check-list*), no **quadro 1**, conforme demonstrado na página seguinte:

Quadro 1 - Impactos ambientais negativos e suas respectivas causas

<b>Ord.</b>	<b>Impacto Ambiental Negativo</b>	<b>Origem</b>
<b>01</b>	Alteração física da paisagem natural e desvalorização econômica da área física (terreno)	Erradicação da cobertura vegetal do terreno
<b>02</b>	Contaminação e poluição das águas superficiais e subterrâneas e do ar atmosférico	Uso do composto metilmercúrio
<b>03</b>	Redução do processo de infiltração de água no solo	Compactação ocasionada pelo uso de máquinas pesadas e à impermeabilização promovida pela fixação de diversos tipos de materiais
<b>04</b>	Depreciação da qualidade do solo	Retirada da vegetação para formação de barrancos
<b>05</b>	Estresse da fauna silvestre	Geração de ruídos advindos do trânsito de maquinarias e pelo aumento de presença humana no local
<b>06</b>	Possíveis danos à saúde dos garimpeiros e comunidade	Disseminação de vetores e doenças com a presença de trabalhadores no local
<b>07</b>	Risco de acidentes de trabalho	Desmoronamento de barrancos, efeitos nocivos à saúde pela absorção do mercúrio no organismo

Fonte: Própria pesquisa 2016

Praticamente em todos os campos foram identificados elementos de alterações físicas da área, devido a dinâmica que ocorre diariamente no garimpo.

Quanto às amostras de material para fim de análise laboratorial decidiu-se retirar das áreas mais impactadas do garimpo, de onde ocorrem a garimpagem.

Desta forma, foram realizadas cinco campanhas de campo, retratados a seguir:

- **1ª campanha (07 de setembro de 2015)**

- Atividade preliminar: visita na área de estudo;
- Contato com os moradores e representantes da comunidade.

- **2ª campanha (outubro de 2015)**

- Coleta de água dos corpos líquidos;
- Amostra de água consumida pelos moradores- água do poço da comunidade;
- Coleta de amostras de solos para fim de análise morfológica, granulométrica

e sedimentos;  
- Teste de infiltrômetro.

- **3ª campanha (janeiro de 2016)**

- Sobrevôo com DRONE, para reconhecimento aéreo de toda dimensão minerada;
- Contato com fiscal do garimpo.

- **4ª campanha (julho 2016)**

- Coleta de água dos lagos do garimpo;
- Visualização de novas de áreas degradadas e mudanças da paisagem no garimpo de Caxias.

- **5ª campanha (novembro de 2016)**

- Coleta de água dos lagos do garimpo;
- Aplicação de entrevistas com garimpeiros, Presidente da Cooperativa de garimpeiros COOPERGAN;
- Ida ao Hospital Regional de Carutapera para fim de entrevista com a Diretoria do Hospital.

#### *4.1.3 Entrevistas e considerações éticas*

As entrevistas foram realizadas entre os dias 10 e 11 de novembro de 2016. Nesta etapa, em consonância com os trabalhos de campo possibilitou-se a definição das questões norteadoras que contribuíram na elaboração do questionário com perguntas semiestruturadas, proporcionando assim maiores informações e uma exploração em profundidade sobre o assunto abordado. Foram elaborados questionários distintos, sendo um destinado aos garimpeiros e outro para lideranças comunitárias (Foto 2), bem como entrevista destinada ao presidente da cooperativa de garimpeiros no Município de Luís Domingues. Quanto aos questionários, este instrumento contemplou perguntas relacionadas ao âmbito social, percepção ambiental, uso do mercúrio, produção de ouro, organização de trabalho dos garimpeiros, sendo 23 perguntas abertas.

Por ser de pequeno porte, o garimpo de Caxias têm aproximadamente 40 garimpeiros trabalhando diariamente, onde a abrangência das entrevistas foi de 22,5% do montante total, sendo aplicada com 07 garimpeiros, 01 liderança do garimpo e 01 entrevista com presidente da cooperativa. Somente 02 garimpeiros não quiseram assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, um deles não assinou por ser analfabeto.

Foto 2- Entrevista com garimpeiro no garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2016

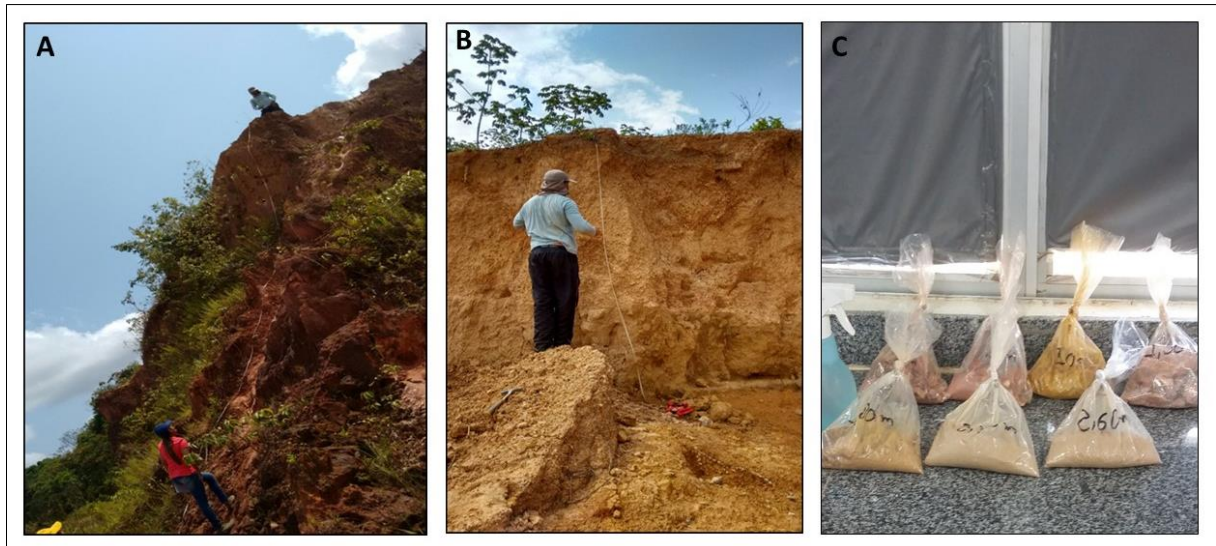
Do ponto de vista da ética na pesquisa, e levando em consideração os preceitos do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Maranhão e Resolução Nº 466/12 (BRASIL, 2012), estabelecida pelo Conselho Nacional de Saúde, a qual determina a apresentação de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e ética em pesquisa (vide anexo 5). Assim, no caso desta pesquisa, todos os garimpeiros e demais envolvidos, foram informados desde o primeiro momento sobre a pesquisa, estavam cientes da sua condição voluntária em participar e da concordância com a publicação científica dos resultados compilados e de maneira imparcial, por meio de assinatura do termo supracitado, sendo este também estendido para a exibição de imagens dos trabalhadores em seu exercício laboral, mesmo que estas não permitam a identificação dos mesmos. Desse modo, não serão divulgados seus nomes, como forma de resguardar estes profissionais, sendo portanto, sua identidade preservada.

#### 4.1.4 Coleta de amostra de solos e material inconsolidado

Para o entendimento e análise dos atributos físicos dos solos na área de estudo, definiram-se os pontos de coletas de amostras de solos, em função da obtenção de resultados. Desta forma, foram coletadas, amostras para a realização das análises morfológicas, granulométricas e de densidade.

Quanto as amostragens, foram coletadas **56** amostras deformadas para ensaios de análise morfológica e granulométrica (Foto 3). As amostras deformadas foram colocadas em sacos plásticos, que foram fechados e devidamente identificados. Foram coletados **05** amostras indeformadas, para a determinação dos atributos físicos: densidade do solo, densidade de partículas e porosidade, estas foram coletadas através de um anel volumétrico de bordas cortantes com capacidade para 100 cm<sup>3</sup>. As amostras de solos indeformados foram coletados em profundidades a cada 20 cm, no total de 05 (cinco) pontos diferentes, neste caso próximo aos barrancos e próximo à comunidade (Foto 4). Sendo coletadas um total de 61 amostras.

Foto 3- (A) Preparo de medição para coletas de amostras deformadas do solo. (B) Medição do perfil do solo com fita métrica. (C) Amostras de coletas deformadas de solos



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Foto 4 - Coleta de amostras de solo indeformado da área de mineração



Fonte: Própria pesquisa, 2016

A distribuição e utilização da água na superfície e em subsuperfície da terra se tornam cada vez mais necessários e urgentes diante de tantas intervenções humanas no equilíbrio natural desse recurso.

Daí a importância do conhecimento sobre a taxa de infiltração da água no solo, a qual é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem. Tal preocupação não é diferente nas áreas de exploração mineral, onde há alterações significativas dos processos naturais.

O processo infiltração de água no solo é bastante complexo e pode variar quantitativa e qualitativamente de acordo com as propriedades naturais do solo e da vegetação e/ou por causa das atividades humanas. “O manejo do solo afeta a capacidade de infiltração à medida que interfere nas propriedades do solo e nas condições de superfície e nos fatores naturais” (PINHEIRO *et al.*, 2009).

Para Coelho Netto (2007), a infiltração é o movimento da água dentro do solo. A autora afirma que o termo infiltração foi proposto por Horton (1933) para expressar a água que molha ou que é absorvida pelo solo. O movimento da água no subsolo (HORTON *apud* COELHO NETO, 2007) chamou de percolação. Paixão (2004) afirma que a infiltração da água no solo é um processo dinâmico de penetração vertical através da sua superfície.

Para os testes de infiltração, este foi realizado utilizando segundo o modelo de Hills (1970), adaptado por Guerra (1996). Esse infiltrômetro tem 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro. O mesmo é composto por 1 (um) anel formado por estrutura metálica, sendo uma das bases chanfrada até ficar afiada para facilitar a penetração no solo. Esse instrumento permite realizar os experimentos utilizando pequena quantidade de água.

O infiltrômetro foi utilizado para verificar a quantidade de água que penetra no solo em função do tempo, diante dos diferentes tipos de uso do solo, considerando a estrutura do cilindro acima citada e a forma de utilização expressa mais adiante. Guerra (1996), afirma que o infiltrômetro idealizado por Hills (1970) pode ser usado em diversas situações. O autor sugere, para se obter o total de água infiltrada em mililitros a cada tempo de experimento utiliza-se a fórmula  $v = \pi \cdot r^2 \cdot h$ .

Antes de realizar o experimento foram definidas as áreas nas quais seriam realizados os testes. Foram efetuadas 5 (cinco) testes, todos executados no mês de outubro de 2015, período de estiagem e alta absorção de água pelo solo. Os pontos estudados estavam dispostos da seguinte forma:

**1 - Em frente ao lago 1 da área de mineração**

Coordenadas:  
 Lat: 01° 24' 55.1"  
 Long: 45° 15' 33.4"  
 Alt: 12 m

**2 - Morro formado por mineração (próximo aos barrancos)**

Coordenadas:  
 Lat: 01° 24' 58"  
 Long: 45° 50' 30.1"  
 Alt: 15 m

**3 - Morro (continuidade do ponto 2)**

Coordenadas:  
 Lat: 01° 24' 55.6"  
 Long: 45° 50' 29"  
 Alt: 25 m

**4 - Montante do lago 1 (Próximo às casas da comunidade)**

Coordenadas:  
 Lat: 01° 24' 49.6"  
 Long: 45° 50' 26.1"  
 Alt: 38 m

**5 - Lado esquerdo do lago 1**

Coordenadas:  
 Lat: 01° 24' 53.6"  
 Long: 45° 50' 34.1"  
 Alt: 22 m



No procedimento, o infiltrômetro foi introduzido no solo até atingir uma profundidade de 5 cm com o auxílio de um pedaço de madeira. Foi colocado no seu interior uma régua graduada que ficou presa a sua base lateral por um pegador de roupas. Em seguida foi adicionada água no seu interior até atingir a altura de 10 cm (Foto 5). A partir daí foram efetuadas as verificações da descida da água em centímetro (cm) em relação ao tempo (t). (anexo 3).

Foto 5 - Teste de infiltrômetro na área de mineração do garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Inicialmente foram anotadas a infiltração ocorrida a cada 30 segundos até atingir a marca de 120 segundos. Depois desse ponto as anotações foram efetuadas a cada 1 minuto até atingir o tempo total do experimento (30 minutos). Sempre que a água no interior do cilindro atingiu 5 cm, o mesmo foi imediatamente preenchido até atingir novamente os 10 cm. Todas as vezes que isso acontecer deve-se marcar com um asterisco (\*) o tempo que ocorreu.

Posteriormente, os dados obtidos foram lançados em Planilha Eletrônica Excel, do Office 2010, para efetuar os devidos cálculos e gerar os gráficos necessários para a melhor visualização dos dados obtidos com os experimentos.

Para a construção do gráfico coloca-se o resultado de cada tempo obtido através dos cálculos acima no eixo vertical e os dados referentes ao tempo (30'', 60'',... 10',... 30') de experimento no eixo horizontal, para assim se obter a taxa de infiltração em centímetro e/ou mililitros quando esses dados são convertidos nesta unidade de medida.

#### 4.1.5 Coleta e preservação das amostras de água superficial

A amostragem da água da área do garimpo é de extrema importância para que se possa analisar os problemas ambientais notadamente devido à possibilidade de contaminação pelo mercúrio utilizado para decantação do ouro, assim foram coletados amostras de corpos líquidos superficiais dos lagos do garimpo e água do poço comunitário para verificação de teor do mercúrio total.

A seguir, destacam-se os procedimentos de coletas realizadas em campo.

As coletas de amostras de água foram baseadas pelo método da CETESB (2011), conforme o guia de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos, e demais metodologias adotadas, seguindo orientações preliminares do Prof. João Reis responsável pelas análises do Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão.

Para análise do teor de mercúrio dos corpos hídricos do garimpo, as amostras foram coletadas em *três campanhas de campo*: mês de outubro de 2015 (período de estiagem), julho de 2016 (final o período chuvoso) e novembro de 2016.

No processo de amostragem foram seguidos os procedimentos indicados pela CETESB (2011, p. 53) observando e anotando fatos que possam interferir nas características da amostra (cor, odor, ou aspecto estranho como presença de óleos e material sobrenadante), obedecendo-se os cuidados citados a seguir:

- Verificar a limpeza dos frascos e dos demais materiais e equipamentos que serão utilizados para coleta (baldes, garrafas, pipetas e outros);
- Empregar somente os frascos e as preservações recomendadas para cada tipo de determinação, verificando se os frascos e reagentes para preservação estão adequados e dentro do prazo de validade para uso;
- Certificar-se que a parte interna dos frascos, assim como as tampas e batoques, não sejam tocadas com a mão ou fiquem expostas ao pó, fumaça e outras impurezas (gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos podem ser grandes fontes de contaminação de amostras);
- Cinzas e fumaça de cigarro podem contaminar as amostras com metais pesados e fosfatos, entre outras substâncias. É importante, portanto, que os técnicos responsáveis pela coleta de amostras não fumem durante a coleta e utilizem uniformes e EPI adequados para cada tipo de amostragem (avental, luva cirúrgica ou de borracha de

látex, óculos de proteção, entre outros), sempre observando e obedecendo às orientações de cada local ou ambiente onde será realizada a amostragem;

- Fazer a ambientação dos equipamentos de coleta com água do próprio local, se necessário;
- Garantir que as amostras líquidas não contenham partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material acidental durante a coleta;
- Coletar um volume suficiente de amostra para eventual necessidade de se repetir algum ensaio no laboratório;
- Fazer todas as determinações de campo em alíquotas de amostra separadas das que serão enviadas ao laboratório, evitando-se assim o risco de contaminação;
- Colocar as amostras ao abrigo da luz solar, imediatamente após a coleta e preservação;
- Acondicionar em caixas térmicas com gelo as amostras que exigem refrigeração para sua preservação (observar que as amostras para ensaio de oxigênio dissolvido não devem ser mantidas sob refrigeração);
- Manter registro de todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra, ou conjunto de amostras da mesma característica, contendo os seguintes dados:
  - ✓ Número de identificação da amostra;
  - ✓ Identificação do ponto de amostragem: código do ponto, endereço, georreferenciamento, etc.
  - ✓ Data e hora da coleta;
  - ✓ Natureza da amostra (água tratada, nascente, poço freático, poço profundo, represa, rio, lago, efluente industrial, água salobra, água salina etc.);
  - ✓ Tipo de amostra (simples, composta ou integrada)
  - ✓ Medidas de campo (temperatura do ar e da água, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, transparência, coloração visual, vazão, leitura de régua, etc.);
- Eventuais observações de campo:
  - ✓ Condições meteorológicas nas últimas 24 horas que possam interferir com a qualidade da água (chuvas);
  - ✓ Indicação dos parâmetros a serem analisados nos laboratórios envolvidos;
  - ✓ Equipamento utilizado (nome, tamanho, malha, capacidade, volume filtrado, e outras informações relevantes).

Todas as informações das amostras foram registradas em uma tabela, contendo os seguintes dados: Número da amostra; identificação do ponto de amostragem, localização, data e hora da coleta, tipo de amostra, medidas de campo como temperatura da água, pH e precipitações nas últimas 24 horas que possam interferir na qualidade da água coletada.

A coleta de amostras é o passo mais importante para caracterizar o nível de contaminação pelo metal pesado. Portanto, é essencial que a amostragem seja realizada com precauções para evitar todas as fontes possíveis de contaminação e perdas, sendo devidamente orientada pelo químico responsável pela obtenção dos resultados.

Os frascos utilizados na análise da água dos lagos e do poço eram de plástico, devido ao custo ser mínimo e da menor adsorção de íons de metais.

A coleta da água foi feita manualmente adotando-se todos os cuidados de assepsia. O frasco foi mergulhado rapidamente com a boca fechada para evitar a introdução de contaminantes superficiais e a tampa só removida no momento da coleta. Em seguida fechou-se o frasco imediatamente, fixando-se o papel identificador nas amostras. A água do poço foi retirada com o auxílio de um balde plástico de onde coletou-se a amostra, com os mesmos procedimentos adotados nas demais amostras.

As amostras foram mantidas sob refrigeração, acondicionadas em caixa de isopor, desde o momento da coleta até a chegada ao Laboratório de Solos da UEMA, onde foram realizadas as análises.

Quanto a investigação laboratorial, as amostras foram submetidas a análise química para detectar o nível de concentração de mercúrio total da água. As análises passaram pelo processo de filtração, digestão nítrico-perclórica e testes pelo método da Espectrofotômetro de Absorção Atômica.

Após a coleta, os dados foram organizados, analisados e interpretados com representação gráfica. E ainda interpretação das informações obtidas na literatura e no campo.

Com referência à segunda campanha de amostragem, realizada em Julho de 2016 foram coletadas *cinco amostras de águas dos lagos minerados e uma amostra do poço comunitário*, as coletas foram divididas em *03 grupos*.

- **Grupo 1-** Lago Principal

- Coleta 1A: a 04 metros da margem direita com profundidade de 01m;
- Coleta 1B: a 03 m da margem esquerda com profundidade de 0,70cm a 1m.

- **Grupo 2** - Represa de água de barranco

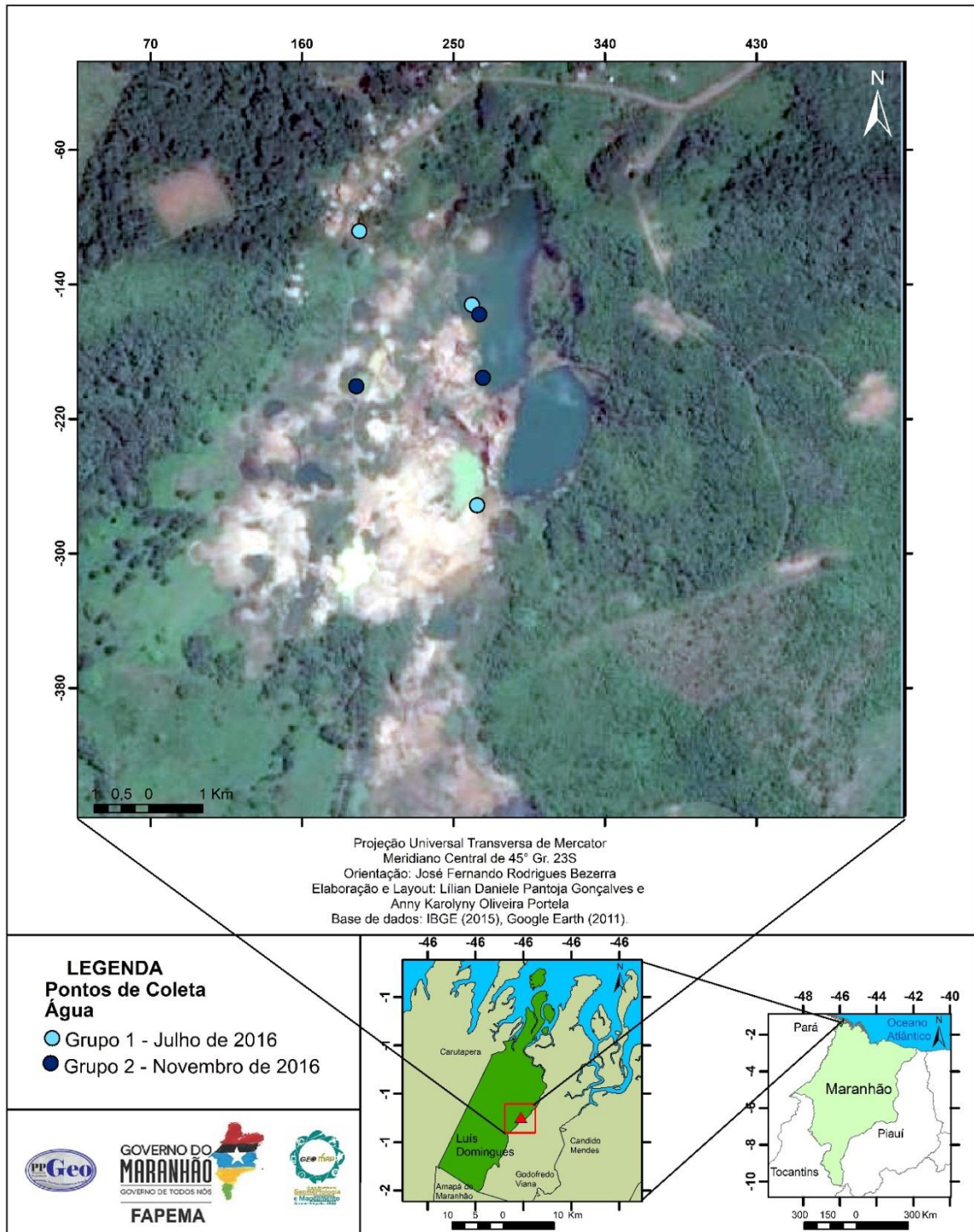
- Coleta 2A: 04 m da margem esquerda, profundidade de 2m;
- Coleta 2B: próximo a lavagem dos tapetes e caixa d'água- 02m da margem direita, com profundidade de 2m.

- **Grupo 03** –Água de torneira- poço comunitário

- Coleta 3A: 01 amostra coletada de água corrente da casa de moradora em frente aos barrancos;

Ressalta-se que devido à falta de equipamentos adequados, as amostras *1a 1b* não puderam ser coletadas em maior profundidade, uma vez que poderia colocar em risco a segurança dos pesquisadores. Verifica-se os pontos coletados de acordo com a (Figura 3).

Figura 3- Imagem de localização dos pontos de coleta de amostras de água



A amostra do grupo 03 foi coletada, em água corrente, do poço que a comunidade utiliza para consumo doméstico. Nos referidos pontos foram amostrados o *pH* e a temperatura da água. As amostras foram coletadas sem a presença de chuva nas últimas 24 horas.

As amostras foram coletadas manualmente com o auxílio de uma haste coletora já acoplado em garrafa de polietileno (PET) capacidade para 500 mL. As garrafas estavam devidamente etiquetadas, tampadas e previamente descontaminadas com água destilada e ambientados com água do próprio local de coleta. Na foto 6, indica-se o lago formado pelas extrações de ouro, onde foi coletado amostra de água superficial. Na foto 7, apresenta-se detalhes com medição de trena que antecedem a coleta de corpo líquido do referido lago.

Para fins de preservação, as amostras foram mantidas sob resfriamento em gelo, em caixas térmicas, até chegada ao laboratório, onde foram acondicionadas em geladeira a 4° C e, posteriormente, encaminhadas para análise (CETESB, 2011, p.55).

Foto 6 - Coleta de água superficial em lago formado por mineração



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Foto 7- Medição com trena para coleta de água de lago



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Na quinta campanha de amostragem, realizada em novembro de 2016 foram coletadas 03 amostras de águas superficiais, sendo duas amostras retiradas do principal lago minerado e a outra retirada de água superficial do lago (lado esquerdo).

Devido à falta de equipamentos adequados, as amostras não puderam ser coletadas em maior profundidade. Visto que o lago principal do garimpo possui mais de 20 metros de profundidade.

#### **4.2 Procedimento de laboratório:** determinação de teor de mercúrio em amostras de água

Para caracterização da qualidade da água algumas variáveis físicas e químicas como pH e temperatura foram determinados *in situ* utilizando-se um medidor de fita de alta precisão, Ph 1-14. Assim, o pH é a expressão usada para indicar o grau de alcalinidade ou acidez de um líquido ou solução e refere-se ao co-logarítimo da concentração de íons-hidrogênio existente. Substâncias com pH igual a 7 são neutras, abaixo de 7 são ácidas e pH acima de 7 é básico ou alcalino. De acordo com Di Bernardo *et al* (2002), quanto menor o pH de uma solução, maior a concentração de íons H<sup>+</sup> e menor a concentração de íons OH<sup>-</sup>.

Como procedimento, na realização da segunda campanha de coleta de água, foi medido o pH da água em todos os pontos de coletas. Desta forma, o referido procedimento permitiu obter os aspectos dos materiais coletados da área do garimpo, para verificar a concentração de íons hidrogênio em uma amostra, relacionando-as as variáveis de teor de mercúrio.



Todas as amostras foram filtradas em membranas de acetato de celulose e em seguida digeridas de acordo com os procedimentos de Lutz (2008):

Quanto aos procedimentos de coleta das amostras de águas superficiais dos corpos líquidos do garimpo, foi adotada metodologia seguindo Lutz (2008, p. 80), que trata da colheita e preservação de amostra de água para a determinação de metais totais. Assim, destacam-se os seguintes itens:

#### *a) Digestão nítrico-perclórica*

Esta etapa refere-se ao procedimento de preparo das amostras, para Sousa (2015, p.10),

A decomposição das amostras por via úmida é denominada DIGESTÃO e muitas vezes chamada de Decomposição Oxidativa. A Digestão consiste na decomposição de compostos orgânicos e inorgânicos em seus elementos constituintes empregando ácidos minerais e aquecimento. Os ácidos minerais atuam na decomposição da fração orgânica da matriz da amostra e apresentam poder de oxidação de moderado a forte, dependendo do ácido. O ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) é o ácido mineral oxidante mais utilizado pois suas soluções (reagentes comerciais) podem ser facilmente encontradas com elevada pureza e, os seus produtos de reação são geralmente nitratos metálicos, em sua maioria solúveis em meio aquoso. Seu poder oxidante é moderado e este ácido pode ser usado em temperaturas elevadas (quando sob refluxo ou sistema fechado).

Lutz (2008, p. 85), orienta a utilização 100mL da amostra e transfere-se para um balão de 250ml, de fundo redondo. Adiciona-se 200ml de  $\text{HNO}_3$  e refluxa a amostra durante 30 minutos, controlando a temperatura em torno de 120 °C. Resfria-se à temperatura ambiente e, posteriormente, adiciona-se 100ml de  $\text{HNO}_3$  e 150ml de  $\text{HClO}_4$ , deixando em refluxo por mais 30 minutos. Feito isto, retira-se o condensador, e deixa-se a amostra evaporar até o volume final de 5ml; esta etapa visa a eliminação dos ácidos. O não escurecimento da amostra será indicativo da ausência de matéria orgânica, em grande quantidade. Em seguida, adiciona-se mais 30ml de água purificada e, novamente, a amostra será reduzida a um volume de 5ml. Logo após, a amostra digerida será transferida para um balão de 100ml, cujo volume será aferido com água purificada. O pH final deverá ficar em torno de 2. Se a amostra estiver límpida, faça a leitura diretamente sem digestão previa.

Os materiais utilizados foram os seguintes: Reagentes- Ácido Nítrico, Ácido Perclórico, Ácido Clorídrico, Boridreto de Sódio, Hidróxido de Sódio, Nitrato de Mercúrio e Água Ultrapurificada.

Os equipamentos utilizados foram: Balança Analítica ACCULAB LT320 e Purificador de Água NANOPURE Infinity e Espectro de Absorção Atômica.

***b) Testes no Espectrofotômetro de Absorção Atômica***

A leitura das concentrações do metal pesado Hg nas amostras de água, foram realizadas no Espectrofotômetro de Absorção Atômica, modelo VARIAN 720- ES, com acessório de gerador de vapor frio, VGA-77 (Foto 8).

Este método é aplicável a determinação de mercúrio total em água. O mercúrio orgânico é oxidado a mercúrio inorgânico com a mistura de  $\text{KMnO}_4$  /  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  com aquecimento e reduzido ao estado elementar com cloreto estânico. O mercúrio é determinado por espectrometria de absorção atômica com gerador de vapor frio, utilizando sistema de injeção em fluxo e amalgamador.

Para os testes no Espectro de Absorção Atômica foram necessárias:

- Solução de HCl (Coloca-se 41,5ml de HCl concentrado em um balão de 100mL e afere-se com água ultrapurificada);
- Solução de Boridreto de Sódio 0,3% (Pesa-se 0,3g de  $\text{NaBH}_4$  0,5g de NaOH, transfere-se para um balão de 100ml e afere-se com água ultrapurificada, preparada com 48 horas de antecedência do teste);
- Soluções Padrão de Mercúrio (Prepara-se uma solução, pesando-se 0,091g de  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dissolvendo-o em solução de ácido nítrico e afere-se para 25ml. Tem-se uma solução de  $1 \cdot 10^{-2}$  M. Desta solução, retira-se 1mL e dilui 10 vezes para se obter uma solução estoque (para o teste do absorção atômica) de 200ppm. Retira-se alíquotas da solução estoque de 50ml, 100ml e 150ml, para obtermos soluções de 100ppb, 200ppb e 300ppb, respectivamente.

Foto 8 - Expectômetro de Absorção Atômica



Fonte: Própria pesquisa, 2016

### 4.3 Análises das propriedades físicas dos solos

Os solos são corpos naturais da superfície terrestre que ocupam áreas e expressam características como a cor, estrutura, textura entre outros, que dependem da ação combinada dos fatores, associados aos mecanismos e processos de formação dos solos (GUERRA e CUNHA, 2000).

Um solo em harmonia com seu ambiente é considerado sadio, ao passo que um solo em desarmonia está em degradação, e quanto maior e mais rápida for essa degradação, mais negativamente influenciará todo o ambiente em que se situa. As áreas de mineração de um modo geral têm extensas áreas de solos desprovidos de sua vegetação natural, estando exposto a uma série de fatores que tendem a depauperá-lo.

As análises das amostras coletadas em campo foram realizadas no Laboratório de Geociências do Curso de Geografia chefiado pelo Professor Doutor José Fernando Rodrigues Bezerra do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEO), vinculado ao Departamento de História e Geografia (DHG) na Universidade Estadual do Maranhão.

Os procedimentos metodológicos adotados para as análises das propriedades físicas dos solos foram realizados de acordo com o manual de análise de solo da EMBRAPA (2011), e dos métodos de Blake; Hartge (1986) e Bowes (1986). Os trabalhos de campo basearam-se nas técnicas de pedologia de Oliveira e Venturi (2011). Tais análises foram fundamentais para o estudo das propriedades físicas dos solos das áreas degradadas pela mineração do Garimpo de Caxias.

Seguindo os procedimentos citados acima, foram analisados os seguintes parâmetros de erodibilidade: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e granulometria.

O método utilizado para determinação da densidade envolve a obtenção de uma amostra de volume conhecido por meio de anéis volumétricos inseridos no solo com o uso de equipamento apropriado. A massa da amostra é obtida por pesagem em balança analítica após remoção da umidade em estufa a 105°C até peso constante. Esse método, denominado “Método do anel volumétrico”, é o mais usado em trabalhos de avaliação da densidade de solo (BLAKE; HARTGE, 1986; EMBRAPA, 2011).

#### ▪ Densidade do solo

Conforme Kiehl (1979), a densidade do solo pode ser definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros. Está relacionada à maior ou menor compactação do solo, pois a mesma pode variar alterando-se de acordo com sua estruturação.

Outro fator que influencia no aumento da densidade do solo é o teor de matéria orgânica, ou seja, a diminuição de matéria orgânica no solo provoca um crescimento na ruptura dos agregados e conseqüentemente o surgimento de crostas na superfície do solo o que aumenta sua compactação.

A determinação da densidade do solo foi realizada através da amostra indeformada. O procedimento utilizado consistiu em dispor a amostra em lata de alumínio, de peso conhecido e anotado. As amostras foram, então, levadas à estufa por 24 horas, a uma temperatura de 105° C.

Dividindo-se o valor do peso das amostras secas a 105° pelo volume do anel do coletor que é de 100 cm<sup>3</sup>, obtém-se o valor da densidade do solo em (g/cm<sup>3</sup>):

$$D_s = a/b$$

Onde: D<sub>s</sub> – densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>); a – massa da amostra seca a 105°C (g); b – volume do anel ou cilindro (cm<sup>3</sup>).

### ▪ Densidade de partículas

A densidade de partículas refere-se ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Por definição entende-se como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo e o volume ocupado por suas partículas sólidas (KIEHL, 1979).

A porosidade pode ser definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço de solo não ocupado pelos componentes sólidos, está relacionada de maneira inversa com a densidade do solo.

Desta forma, a densidade de partículas de um solo pode variar de acordo com seu conteúdo de umidade, seus valores variam em média, entre os limites 2,3 e 2,9 g/cm<sup>3</sup>.

O resultado obtido na determinação da densidade de partículas de um solo representa a média ponderada da densidade de partículas de todos os seus componentes minerais e orgânicos.

A análise da densidade de partículas foi realizada com álcool etílico absoluto, balão volumétrico e 20g de amostra de solo (**Foto 9**).

Foto 9 - Materiais utilizados para ensaio da Densidade de Partículas



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Ao término do procedimento, divide-se o peso da amostra seca pelo respectivo valor de álcool gasto, indicado na bureta, obtendo-se o valor da densidade de partículas em (g/cm<sup>3</sup>):

$$V = 50 - L \text{ (50 ml de álcool)} \\ \text{(20 g de TSFE)}$$

Onde: TSFE – Terra Seca Fina em Estufa; L – leitura do nível do álcool na bureta

$$D_p = 20/V$$

Onde: D<sub>p</sub> – densidade de partículas (g cm<sup>3</sup>); v – volume de álcool gasto.

#### ▪ Porosidade total

Através dos valores da densidade do solo e da densidade de partículas foi possível adquirir os valores de porosidade das amostras de solo:

$$\text{Porosidade Total (\%)} = 100 (a-b) / a$$

Onde: a – densidade de partícula;

b – densidade do solo.

#### ▪ Análise Granulométrica

Uma das primeiras características que diferenciam um horizonte do solo é o tamanho das partículas que o compõem. Partículas de origem e tamanho diversos em geral convivem intimamente misturadas. A variação de tamanho entre essas partículas pode ser muito grande desde pedras até argila, por isso, para facilitar o estudo de uma descrição padronizada, é conveniente que sejam subdivididas em classes chamadas separados do solo.

Para determinar a porcentagem, em peso, que cada separado, de tamanho preestabelecido, possui em relação à massa total da amostra, é necessário efetuar, em laboratório a análise granulométrica.

A relação entre a análise granulométrica e a classe textural do solo é normalmente indicada por um triângulo de classe textural.

Utilizou-se o método da pipeta para as análises granulométricas, que segundo a Embrapa (2011), baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-

se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (soda ou calgon).

Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100%. É obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

Os procedimentos utilizados para o ensaio de granulometria consistiram de preparação de amostras deformadas e operações preliminares como descritos a seguir:

*a) Preparo da Solução NaOH 1N (Hidróxido de Sódio)*

Mistura-se 40 gramas de NaOH 1N (Hidróxido de Sódio) em 1 litro de água destilada (foto15). Agita-se a solução para dissolverem todos os cristais e tornar a solução homogênea. É necessário deixar esfriar para utilizá-la.

*b) Preparo da amostra*

Deixar as amostras secarem completamente ao ar livre (**Foto10**), após este processo destorrorar (caso apresente torrões ou cascalhos).

Foto 10 - Amostras de solos- processo de secagem

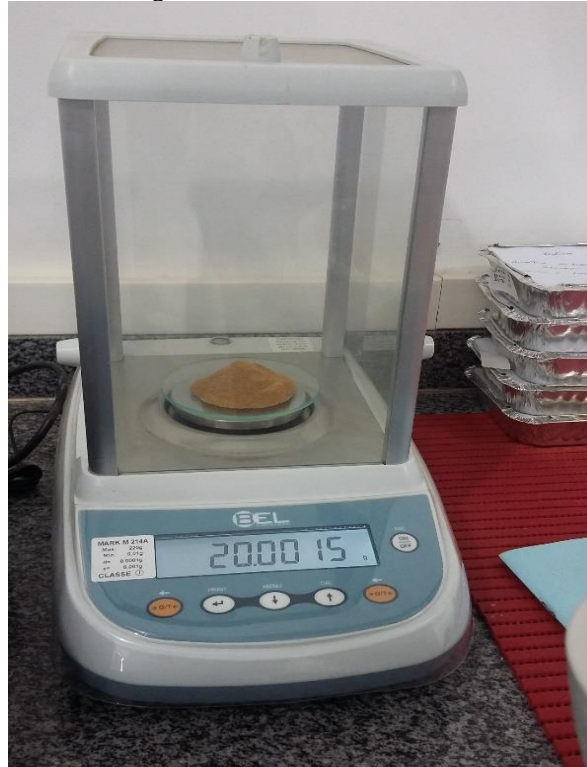


Fonte: Própria pesquisa 2015

c) Ataque das amostras

Pesar 20 gramas da amostra (**Foto 11**) e transferir para copo plástico, adicionar 10 ml de solução NaOH 1N (Hidróxido de Sódio) e 100 ml de água destilada. Agitar a amostra com bastão de vidro e deixar em repouso por uma noite, cobrindo o copo com vidro de relógio.

Foto 11- Pesagem das amostras



Fonte: Própria pesquisa 2015

d) *Temperatura da amostra*

Para saber o tempo que a amostra irá sedimentar na proveta é necessário saber a sua temperatura. Com o auxílio de um termômetro em meio copo de água, deixar o mesmo repousar por 15 minutos e fazer a leitura (Tabela 1).



Tabela 1 - Temperatura e tempo de sedimentação das amostras

Temperatura °C	Tempo	Temperatura °C	Tempo
10	5 h 11'	23	3h 43'
11	5 h 03'	24	3h 38'
12	4 h 55'	25	3 h 33'
13	4 h 47'	26	3 h 28'
14	4 h 39'	27	3 h 24'
15	4 h 33'	28	3 h 19'
16	4 h 26'	29	3 h 15'
17	4 h 20'	30	3 h 10'
18	4 h 12'	31	3 h 07'
19	4 h 06'	32	3 h 03'
20	4 h 00'	33	2 h 58'
21	3 h 54'	34	2 h 55'
22	3 h 48'	35	2 h 52'

Fonte: EMBRAPA, 2011

*e) Processo de sedimentação*

Após uma noite de descanso, agitar a amostra durante 5 minutos. Com um jato de água passar a amostra em peneira de malha ASTM 270 disposta sobre funil e logo abaixo uma proveta com capacidade para 1000 ml para receber o líquido. Lavar o material retido na peneira com água, sendo que esta deve exercer certa pressão sobre as partículas de solo.

*f) Retirada das alíquotas de argila*

Após o tempo de sedimentação retirar as alíquotas da lavagem da proveta com o auxílio de uma pipeta de 50 ml a uma profundidade de 5 cm na suspensão, posteriormente o material é colocado em lata de alumínio de peso conhecido e anotado.

A etapa seguinte é levar as alíquotas para estufa por 24 horas a uma temperatura de 100 graus ou até evaporar completamente a solução. Ao final colocar as alíquotas no dessecador deixando esfriar. Em seguida pesar o material retirando com pincel todos os resíduos de solo do recipiente.

*g) Retirada das alíquotas de areia*

Após as partículas de areia ficarem completamente uniformes no fundo do copo coloca-se toda a amostra em latas numeradas e de peso conhecido e anotado retirando o excesso de água da lata. Estas devem ser levadas a estufa a 100 graus ficando por um período de 3 a 5 horas até a água evaporar completamente. Após a secagem, esfriar as amostras com

auxílio do dessecador para a realização da pesagem e obtenção do valor de areia total (areia grossa + areia fina).

Em seguida passar a amostra na peneira ASTM 70 e pesar o que ficar retido nesta malha para obtenção dos valores referentes à areia fina. O valor da areia grossa é obtido pela subtração da areia total com a areia fina.

*h) Expressões para cálculo das frações granulométricas*

<p>ARGILA (%)</p> $[(A + T) - T] * 100 = +2$ <p>Onde: A - Argila; T - Tara.</p> <p>AREIA TOTAL (%)</p> $AT \text{ (gramas)} * 100 = 20 * X$ <p>SILTE (%)</p> $100 - (AT + A) = \text{SILTE}$ <p>Onde: AT - Areia Total; A - Argila.</p>
---

#### **4.4 Análise e sistematização de dados produzidos**

Em gabinete, foram realizadas as análises e interpretações dos dados e informações coletadas nas campanhas de campo;

O georreferenciamento de imagens para confecção de mapas temáticos relacionados à área do garimpo foi utilizado através do software arcgis 10.3, licença: (EFL999703439), imagens do Google Earth 2017, onde foram confeccionados mapas de localização da área de estudo, solos, relevo, geologia, hidrografia, declividade e hipsometria e mapas de pontos de coleta de solo e água, que fazem parte desta dissertação.

Os mapas de localização, solos, hidrografia, relevo e vegetação foram elaborados a partir da base de dados do IBGE (2015), CPRM (2015), EMBRAPA (2015), geológico. Quanto aos mapas de declividade, hipsometria, foram utilizados a base de dados do TOPODATA, a partir da extração das curvas de nível de altimetria, do SRTM. Todos os mapas foram confeccionados em escalas de 1:250.000.

Pode-se dizer então, que as campanhas de campo favoreceram a caracterização de um quadro evolutivo dos momentos diversos e adversos a que foram submetidos o meio natural e ação antrópica no garimpo de Caxias.

Tal pesquisa configurou portanto, acompanhar a evolução do quadro da dinâmica socioambiental do garimpo o que nas entrelinhas desta dissertação e nos registros fotográficos fora demonstrado.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Área de estudo

A área de estudo é pertencente ao município de Luís Domingues- MA, tal município está localizado na porção Noroeste do Estado do Maranhão, integrando a Mesorregião Norte do Estado, e da Microrregião do Gurupi. Limitando-se ao Norte com o Oceano Atlântico; ao Sul, Amapá do Maranhão; a Leste, Godofredo Viana; a Oeste, com Carutapera. A localidade dista 227 km da capital do Estado, São Luís – MA. O acesso é possível através da BR-316 e por via marítima através do *ferry boat*. O município de Luís Domingues possui uma população estimada em 2017 de 6.867 pessoas (IBGE, 2016).

A área da pesquisa denomina-se Garimpo de Caxias, área de extração de ouro, localizado no povoado de Caxias, a 8 km da cidade de Luís Domingues, sendo delimitado pelas seguintes coordenadas geográficas: 1°24'55,1'' de latitude sul e 45° 50'33.4'' de longitude oeste.

#### 5.1.1 Histórico do garimpo de Caxias

Segundo estudos de Gonçalves (2004, p. 17), a descoberta de ouro na porção Norte do estado do Maranhão, na região localizada entre os rios Gurupi e Maracaçumé, remonta ao ano de 1624, quando das primeiras incursões de aventureiros europeus em território brasileiro. Segundo relatos da época os primitivos índios que viviam na região já conheciam o metal considerando-o todavia de pouca importância. Os primeiros a explorarem o ouro foram os padres jesuítas que se utilizaram de índios e escravos africanos para retirar o metal dos aluviões. No início do século XIX, estes jesuítas se estabeleceram em uma área próxima a Serra do Pirocaua onde hoje é a Vila Aurizona, no município de Godofredo Viana. A busca do ouro espalhou-se para além das bacias dos Turiaçu e Maracaçumé, alcançando a cidade de Bragança no estado do Pará. Ao final do século uma firma inglesa denominada Companhia de Mineração de Ouro Montes Áureos, montou escritório na região. Nesta época o governo brasileiro começou a regularizar as atividades mineiras no referido Estado.

A potencialidade aurífera do garimpo de Caxias foi identificada em 1934, iniciando-se o processo de exploração clandestino e incipiente. Inicialmente os garimpeiros tinham acesso aos barrancos, e todo o trabalho era executado manualmente. Segundo relato do mais antigo

morador da área, os instrumentos usados neste período eram: pilão de ferro, pesando aproximadamente 200 kg, e a bateia, que de acordo com Ferreira (1990, p. 88) é uma “gamela<sup>4</sup> que se usa na lavagem das areias auríferas ou do cascalho diamantífero”.

Segundo Andrade (1998, p.32) o ouro sempre foi encontrado em pequena quantidade, ora em superfície, ora em grande profundidade. Em certas épocas, a descoberta do ouro provocou o deslocamento da população para as minas, sendo a exploração aurífera a responsável pelo povoamento de regiões que permaneciam despovoadas até a descoberta das jazidas.

O ouro atraiu grande contingente de imigrantes para o garimpo, fazendo com que os garimpeiros se fixassem no local construindo casebres até hoje ocupados por moradores que presenciaram a formação deste garimpo. De acordo com Ministério do Meio Ambiente

A exploração mineral é complexa, pois envolve aspectos socioambientais como o estabelecimento de “garimpos familiares”. O garimpeiro se fixa na região, constitui família e vive de atividade extrativista. As crianças aprendem o ofício desde cedo, o que constituirá um mercado de trabalho futuro (BRASIL, 2013, p.97).

A partir de 1980, período de maior intensidade da exploração aurífera, iniciou-se a extração do ouro com o emprego de tecnologia rudimentar, com motores e bombas para lavagem do cascalho e seleção do material por processo de peneiramento.

Nesse período da década de 1980, houve muitos conflitos ocasionados pela abundância de ouro no local, disputa pela posse de cavas e até por prostitutas que disputavam os pontos de prostíbulos. A proximidade com o estado vizinho do Pará atraiu um grande contingente de pessoas oriundas desse estado, dentre as quais muitas mal intencionadas com o intuito de roubar o ouro garimpado, o que acabou gerando inúmeras mortes.

Na década de 1990, o preço do ouro foi desvalorizado, ocasionando o desinteresse da maioria dos garimpeiros pela atividade extrativa. No decorrer deste período, muitos garimpeiros abandonaram a área, deixando crateras a céu aberto, e o garimpo praticamente desativado. As crateras transformaram-se em grandes lagos alimentados com águas de chuvas e do lençol freático, mantendo-se cheios mesmo no período de estiagem.

Em 2002, as atividades do garimpo de Caxias foram reativadas, de forma clandestina, pois o preço do ouro estabilizou-se e muitos garimpeiros retornaram a área dando continuidade à extração do ouro em ritmo mais intenso, na maioria das vezes sem dar-se conta

---

<sup>4</sup>De acordo com Dicionário Aurélio é uma vasilha de madeira em forma de tronco de pirâmide retangular, invertida, em que se dá de comer a porcos e outros animais, e serve também para banhos, lavagens, etc.

da degradação que é causada no ambiente, haja vista a falta de sensibilidade ambiental aliada à necessidade financeira.

Ao longo do século XX, além da garimpagem, diversas companhias mineradoras executaram trabalhos exploratórios que culminaram na descoberta de vários depósitos de ouro primário nas proximidades da região do garimpo de Caxias. A primeira mina industrial do Maranhão, Piaba (na localidade de Aurizona, povoado de Godofredo Viana), entrou em operação em 2010. Quase 60t de ouro em minério primário e oxidado e três tem minério aluvionar são conhecidas na região (LOPES, 2000).

A execução de extração de ouro no garimpo de Caxias utiliza mercúrio- Hg na sua forma líquida, o que acaba sendo fator preocupante devido os níveis de mercúrio deixados no ambiente e os riscos à saúde humana.

Atualmente no garimpo de Caxias, existe em torno de 25 famílias fixas na comunidade, uma escola comunitária que está em funcionamento de forma precária gerida pelo município de Luís Domingues, com mínimo de estrutura para seu funcionamento e corpo de professores para o desenvolvimento adequado das atividades educacionais.

Visando a identificação e entendimento da geodiversidade e potencialidades da região, o conjunto fisiográfico do Município de Luís Domingues e área do Garimpo do Caxias são apresentados através dos mapas de relevo, hipsométrico, declividade hidrografia, cobertura vegetal, solos.

## **5.2 Características geoambientais da área de estudo**

Este item enfocará o conjunto fisiográfico da região em que o Garimpo do Caxias está inserido, o qual se manifesta neste trabalho pelos aspectos trazidos nos mapas relacionados abaixo. Tais mapas foram confeccionados no *software ArcGis 10.3* com escala específica de 1:250.000.

### *5.2.1 Geologia*

No território maranhense encontram-se rochas magmáticas, sedimentares e metamórficas. A geografia física do Estado do Maranhão se caracteriza por um relevo representado por baixas superfícies de aplainamento em meio a extensas planícies fluvio-marinhas, baixos platôs e chapadas. Esse conjunto de formas é sustentado por rochas

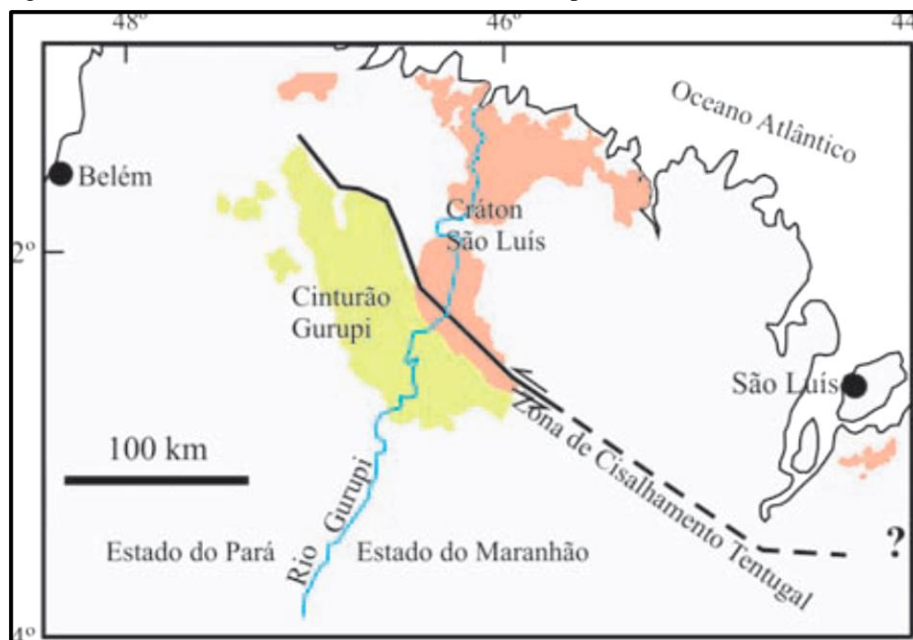
ígneas e metamórficas pré-cambrianas do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi (perfazendo escassos 1,6% da área total do estado) (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

➤ Rochas pré-cambrianas

Segundo estudos científicos de Feitosa (2006) e Lopes; Teixeira (2013) onde retratam a origem da ocorrência de rochas no Estado do Maranhão, relatam que o período pré-cambriano é formado por rochas magmáticas e metamórficas, formando o Complexo Cristalino Indiviso, e as formações Caraíba e Gurupi. Ou seja, são as rochas mais antigas aflorantes no Estado situando-se, principalmente, na porção Noroeste.

Entretanto, na porção Norte, região onde se encontra a área de estudo, aflora um considerável corpo granítico, chegando até nas cercanias da cidade de Rosário. Esse conjunto rochoso apresenta uma história geológica condicionada a duas unidades geotectônicas (Cráton São Luís e Cinturão Gurupi), que englobam rochas com idades entre 2,25-2,10 bilhões de anos (Era Paleoproterozoica), 2,17 bilhões de anos até 545 milhões de anos (Era Mesoproterozoica) conforme representado na figura 4.

Figura 4- Limites do cráton São Luís e cinturão Gurupi



Fonte: LOPES, 2014.

Segundo Almeida et al (1976 *apud* KLEIN; MOURA, 2001) o Cráton São Luís e o Cinturão Gurupi, unidade geotectônica que o limita para Sul-Sudoeste, foram definidos a

partir dos estudos geocronológicos baseados nos métodos Rb-Sr (idade convencional) e K-Ar em minerais que mostraram a existência de dois domínios distintos na região.

- *Fragmento Cratônico São Luís*

Entende-se por Cráton uma região geologicamente estável, sobre a qual se assentam outras estruturas geológicas, possuindo raízes profundas no manto da Terra. Nesse contexto se encontram as rochas paleoproterozoicas do Cráton São Luís (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

O cráton de São Luís e o Cinturão Gurupi, são duas unidades geotectônicas com limites para sul-sudoeste, definidas a partir dos estudos geocronológicos baseados nos métodos Rb-Sr (idade convencional) e K-Ar em minerais, que mostraram a existência de dois domínios distintos na região.

As rochas que afloram em direção à costa atlântica apresentam uma assinatura paleoproterozóica, com idades em torno de 2000 Ma, enquanto que as rochas aflorantes para sul-sudoeste, nas porções mais interiores do continente, possuem uma assinatura neoproterozóica, com idades principalmente no intervalo 800-500. Esses domínios passaram a ser denominados, respectivamente, Cráton São Luís e Cinturão Gurupi (KLEIN, 2008, p. 17).

Esta unidade geológica do Cráton São Luís, é composta por rochas ígneas e metamórficas, diferenciadas em Grupo Aurizona, Granófiro Piaba, Suíte Intrusiva Tromaí, Suíte Intrusiva Rosário, Unidade Vulcânica Serra do Jacaré, Formação Rio Diamante, Granito Negra Velha e Unidade Vulcânica Rosilha.

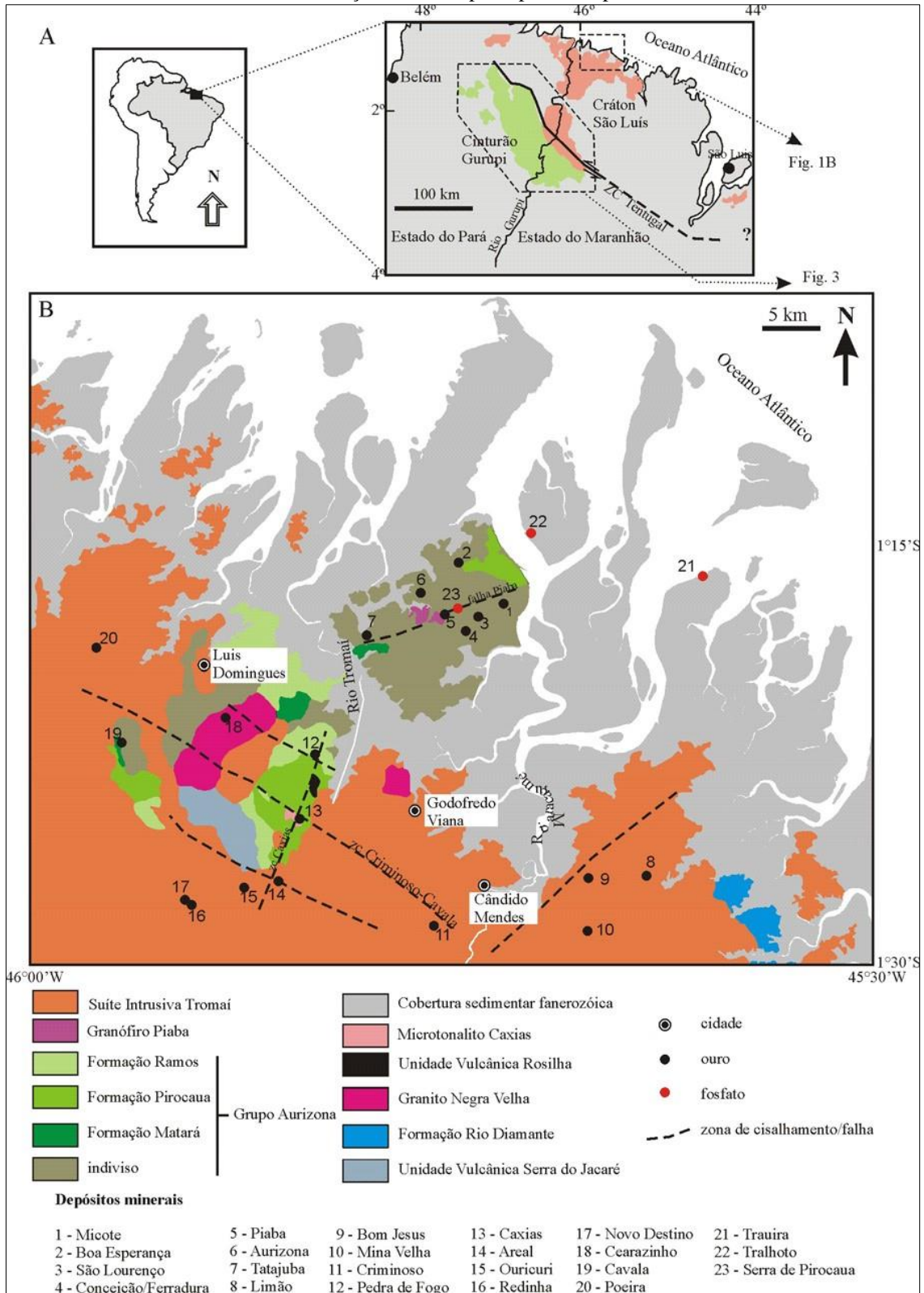
Pensando por uma escala regional, o Cráton São Luís é composto por uma seqüência de rochas metavulcanossedimentares<sup>5</sup> e dois conjuntos de granitóides, ambos de idade paleoproterozóicos (Figura 5) (KLEIN, 2014, p. 195).

---

<sup>5</sup> O autor trata a seqüência como uma sucessão metavulcano-sedimentar a qual compreende o Grupo Aurizona, constituído por xistos de natureza diversa, rochas metavulcânicas ácidas a básicas, algumas ultrabásicas, e subordinados quartzitos formados em  $2240 \pm 5$  M.a. sob condições da fácies xisto verde, e subordinados anfíbolitos.



Figura 5 - (A) Localização do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi. (B) Mapa geológico simplificado do Cráton São Luís com localização dos principais depósitos e ocorrências de minerais



Fonte: Klein et al, 2008.

O Grupo Aurizona é formado por rochas vulcânicas metamorizadas, originadas em arco de ilhas (KLEIN, 2004), tal como hoje no Japão e nas Filipinas, com idade de 2.240 M.a. (KLEIN; MOURA, 2001).

Klein et al., (2008) propõe a subdivisão do grupo em três formações: Matará, Pirocaua e Ramos:

A **Formação Matará** engloba as rochas metavulcânicas básicas e ultrabásicas do Grupo Aurizona e inclui anfibolito, xistos máficos, tremolita-xisto e talco-tremolita-xisto. Estruturalmente, são caracterizadas pela presença de xistosidade.

A **Formação Pirocaua** (KLEIN et al., 2008) engloba o conjunto de rochas piroclásticas e vulcânicas ácidas metamorizadas que incluem metatufo félsico/riolítico, tufo cinerítico, aglomerado vulcânico, riolito, dacito e felsitos. Em geral, são rochas com foliação bem desenvolvida.

A **Formação Ramos** (KLEIN et al., 2008) engloba as rochas metassedimentares do Grupo Aurizona, como quartzito (puro, ferruginoso ou manganesífero), quartzo ± muscovita ± clorita-xistos, filito; filito grafitoso; metassilito manganesífero; metachert puro ou ferruginoso ou grafitoso, metarenito e grauvasca lítica.

O Granófiro Piaba ocorre na área do depósito aurífero de Piaba e corresponde a granitoides finos com textura granofírica e composição granodiorítica a tonalítica, que se intrudem no Grupo Aurizona e apresentam idade de  $2.214 \pm 3$  M.a. (KLEIN et al., 2008; MINERAÇÃO AURIZONA S/A, 1995).

A Suíte Intrusiva Tromai é um grande corpo ígneo, com variada composição mineralógica, decorrente de duas fontes distintas: uma parte seria do manto terrestre e outra, de uma placa oceânica preexistente fundida. Tais eventos ocorreram entre 2.168 a 2.147 M.a. (KLEIN; MOURA, 2001; KLEIN, 2004).

A Suíte Rosário é um conjunto de granitoides (tonalitos e granodioritos) que sofreram metamorfismo. Possuem idade variando de 2.079 a 2.130 M.a. (GORAYEB & ABREU, 1996).

A Unidade Vulcânica Serra do Jacaré é composta por rochas vulcânicas e, subordinadamente, rochas vulcanoclásticas de composição ácida a predominantemente intermediária (raramente básica), não metamorizadas, que afloram principalmente na porção sudoeste da área de ocorrência do Grupo Aurizona. Possuem idade variando de 2,37 a 2,38 M.a. (KLEIN et al., 2009).

A Formação Rio Diamante é constituída por rochas vulcânicas ácidas não metamorizadas, que formam, predominantemente, derrames e, secundariamente, depósitos

vulcanoclásticos. Essas rochas foram formadas em margem continental, a partir do retrabalhamento de rochas de arco de ilhas não muito mais antigas. Possuem idade de  $2.160 \pm 8$  M.a. (KLEIN et al., 2008; KLEIN et al., 2009).

O Granito Negra Velha (KLEIN et al., 2008) engloba dois corpos de granitoides expostos às margens do igarapé Negra Velha. O tipo petrográfico predominante é o monzogranito, ocorrendo também sienogranito e quartzomonzonito.

Dados geocronológicos em zircão (KLEIN et al., 2008), embora pouco precisos, indicam claramente que a intrusão do Granito Negra Velha ocorreu entre 2.056-2.076 M.a.

Tem-se ainda a Unidade Vulcânica Rosilha é uma denominação informal criada por Klein (et al, 2008) para as rochas vulcânicas e vulcanoclásticas que ocorrem na área do igarapé e garimpo Rosilha. Petrograficamente, as rochas são riolitos, dacitos e tufos líticos de cristal. Uma tentativa preliminar de datação de amostra dessa unidade (KLEIN et al., 2009) mostrou idades entre  $1.920 \pm 9$  M.a e  $2.068 \pm 7$  M.a. por evaporação de Pb, não sendo possível a definição de uma idade mais precisa até o momento.

Segundo Klein (et al., 2014), a área de estudo, o garimpo de Caxias é um depósito de ouro orogênico do fragmento cratônico São Luís, que segundo, é correlacionável aos terrenos Riácianos do Cráton Oeste-Africano. O depósito se formou após o metamorfismo regional (estimado em  $2.100 \pm 15$  M.a.) e está hospedado em zona de cisalhamento que secciona xistos do Grupo Aurizona ( $2.240 - 2.240 \pm 5$  M.a.) e o Microtonalito Caxias. O microtonalito foi aqui datado em  $2.009 \pm 11$  M.a., 11 M.a., e representa um estágio magmático tardio na evolução do fragmento cratônico São Luís. (KLEIN et al. 2005a , 2008 ) revelou que a mineralização de ouro ocorreu em  $262-307$  ° C e 1.6 - . 4.6 kbar de um reduzido, baixa salinidade (< 5% em peso NaCl equiv.) fluido aquoso - carbônico , o qual contém 6- 45 mol % de CO<sub>2</sub> e quantidades menores de N<sub>2</sub> . Este líquido foi interpretado como metamórfica de origem, e o Caxias depósito foi incluído na classe dos depósitos de ouro orogênicos.

Cristais de zircão com idades de  $2.139 \pm 10$  M.a. foram herdados da fonte magmática ou são produto de contaminação durante a intrusão. A composição dos isótopos de chumbo sugere que granitoides de arco de ilhas de 2.160 M.a. são a fonte provável para o Pb incorporado na pirita relacionada com o minério.

Portanto, o Caxias, sofreu estruturalmente, porém de forma controlada uma síndrome de atraso tectônica e pós-metamórfica depósitos de ouro de idade Paleoproterozóica localizado no Cráton São Luís, norte do Brasil.

- *Cinturão Gurupi*

Este termo “cinturão” é atribuído a uma faixa estreita e alongada localizada na borda sul-sudeste do Cráton São Luís, caracterizada por um conjunto de rochas metamórficas e ígneas formadas a partir da colisão de duas placas tectônicas pretéritas. O cinturão apresenta fragmentos retrabalhados do Cráton São Luís e de porções do embasamento sobre o qual as rochas do cinturão se desenvolveram.

O Cinturão Gurupi é composto: pelo Complexo Itapeva, Formação Chega Tudo, Formação Igarapé de Areia, Granito Maria Suprema, Granito Moça, Grupo Gurupi (Formação Jaritequara), Formação Marajupema, Anfibolito Cocal e Formação Piriá.

O **Complexo Itapeva** é composto por rochas ígneas (tonalitos e granodioritos) metamorfizadas gerando gnaisses. Às vezes, são identificados xistos grossos derivados de rochas sedimentares denominados Itapeva Xisto (KLEIN; LOPES, 2012). Essas rochas apresentam idade de 2.167 M.a. (KLEIN et al, 2005a).

A **Formação Chega Tudo** é constituída por alternâncias de variadas rochas vulcânicas (ígneas), como dacitos, andesitos, tufos com rochas sedimentares que foram metamorfizadas e datadas com idade entre 2.148 e 2.160 M.a. (KLEIN; MOURA, 2001).

A **Formação Igarapé de Areia** compõe-se de arenitos depositados sobre a Formação Chega Tudo, que, devido a processos tectônicos, foram juntamente deformadas, originando metarenitos (KLEIN; LOPES, 2012).

O **Granito Maria Suprema**, formado por pequenos corpos de muscovita-granito intrusivos no Complexo Itapeva, possui idade de 2.100 M.a. (KLEIN; MOURA, 2001).

O **Granito Moça** são rochas ígneas (sienogranito e monzogranito) intrusivas no Complexo Itapeva, com idade de 2.099 M.a. (KLEIN; LOPES, 2012).

A **Formação Jaritequara** (Grupo Gurupi) é composta por sedimentos finos de uma bacia marinha marginal (COSTA et al., 1996), que foram metamorfizados, gerando xistos micáceos e quartzosos (COSTA; RICCI, 2000).

A **Formação Marajupema** é constituída por arenitos depositados em margem continental, que, metamorfizados, geraram um quartzito feldspático (KLEIN, 2004), de idade variando de 2.635 a 1.100 M.a. (KLEIN et al, 2005b).

O **Anfibolito Cocal** é outra porção indivisa do Grupo Gurupi (composta por xistos alterados, sem identificação de seu protólito, ígneo ou sedimentar) foi cartografada por Klein e Lopes (2012).

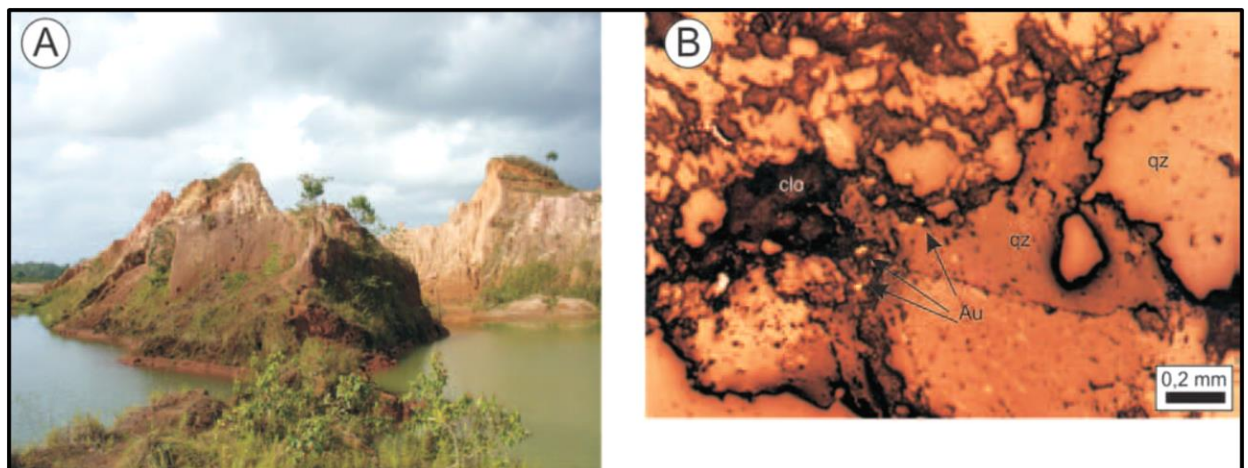
Quanto a **Formação Piriá** é composta por arenitos arcoseanos, pelitos e, subordinadamente, conglomerados, grauvacas e subarcóseos. Truckenbrodt et al. (2005) atribuíram-lhe ambiente de deposição em águas rasas (possivelmente lacustres e marinhas) sobre plataforma relativamente estável, a partir de áreas - fonte predominantemente constituídas por rochas metamórficas próximas aos depocentros.

Algumas formações ainda precisam de definição mais acertada, como é o caso da Formação Piriá, que ainda carece de definição específica. Cristais detríticos de zircão, oriundos de um conglomerado aflorante no vizinho estado do Pará e atribuído à Formação Piriá, indicam idade máxima para a deposição do conglomerado em torno de 1.500 M.a. (LUCAS, 2009). No entanto, Klein e Lopes (2012), a partir de revisão dos estudos de Pinheiro et al. (2003), consideram que a idade limite para a sedimentação dessa unidade seria 550 M.a.

➤ *Depósito aurífero - garimpo de Caxias*

O Garimpo de Caxias é a ocorrência historicamente mais importante na região, sendo trabalhada de forma artesanal há quase um século. Segundo estudos de Klein e autores (2008), a área do garimpo é formada por um platô laterítico (Figura 6A) de aproximadamente 30 m de espessura e truncado no nível do saprólito, sendo esse material modificado o principal alvo de garimpagem durante décadas (Figura 6B).

Figura 6 - (A) Vista geral do garimpo Caxias (visada para SW). A área alagada corresponde à porção mineralizada e lavrada pelos garimpeiros. Figura 6 (B) - Fotomicrografia (luz refletida) mostrando partículas de ouro (Au) no contato entre quartzo (qz) e clorita (clo) em amostra do prospecto Caxias



Fonte: KLEIN, 2008

De acordo com Klein et al. (2008), a mineralização primária foi recentemente atingida pelo trabalho garimpeiro, revelando que a mesma hospedou-se em uma zona de cisalhamento dúctil-rúptil dextral, com altitude N 15°E;75°SE, que corta o Microtonalito Caxias e xistos máficos e pelíticos do Grupo Aurizona. As rochas encaixantes estão fortemente afetadas por hidrotermalismo que gerou cloritização pervasiva, sulfetação e venulação de quartzo, além de subordinada sericitização e carbonatação.

Os veios de quartzo, milimétricos a centimétricos, podem ser contínuos ou não e chegam a atingir algumas dezenas de metros ao longo da direção da estrutura hospedeira. O quartzo desses veios é maciço e leitoso a sacaroidal. Pirita é o sulfeto largamente dominante, ocorrendo também esfalerita. O ouro ocorre no estado livre, em contato entre grãos de quartzo e clorita ou associado a sulfetos.

Os teores de ouro nesses veios são bastante variáveis, entre 3 e 369 ppb, localmente atingindo 590-2000 ppb. Arsênio (*As*) e Antimônio (*Sb*) estão presentes na associação elementar do ouro, embora em baixos teores, enquanto que altos valores de Ni, Co, V, e Cr (Níquel, Cobalto, Vanádio, Cromo), estão associados a concentrações mais elevadas de Au e As, na porção sul do depósito, onde predominam xistos máficos (KLEIN et. al., 2008).

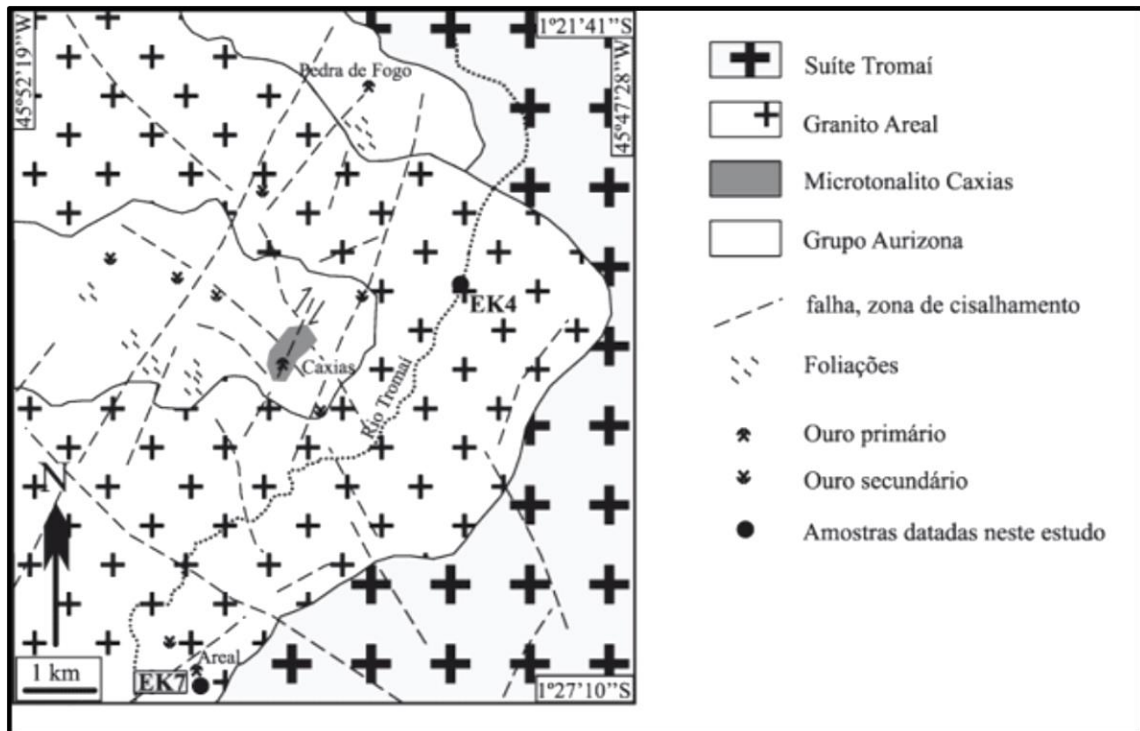
- *Características litoestratigráfica e geocronológica do garimpo do Caxias*

Neste item serão apresentados as principais características da unidade litoestratigráfica e dados geocronológicos históricos do garimpo de Caxias.

- *Microtonalito garimpo Caxias (pp3γcx)*

Essa denominação *Microtonalito Caxias* foi informalmente chamado por Leão Neto em 1993, e posteriormente adotada por Klein et al., (2002). Para descrever o pouco que se entendia sobre o corpo em que está assentado a mineralização aurífera do garimpo de Caxias. De acordo com escavações feitas na área mineralizada, pode tratar-se de um dique espesso que corta xistos do Grupo Aurizona. Sua nomenclatura/ denominação foi redefinida para *microtonalito Garimpo Caxias* (Figura 7) afim de evitar a confusão e duplicidade no nome da unidade já existente na literatura.

Figura 7 - Microtonalito Garimpo de Caxias



Fonte: Adaptado de KLEIN, 2003.

Assim, o Microtonalito Garimpo Caxias, consiste em pequeno corpo intrusivo que hospeda a mineralização aurífera no garimpo do Caxias. É constituído por uma rocha de granulação fina e equigranular, de composição tonalítica, isotrópica a orientada nas proximidades de zonas de cisalhamento, mostrando-se hidrotermalizada em larga escala. Apresenta idade em zircão de  $1985 \pm 4$  M.a. (KLEIN, 2003).

Segundo Klein et al., (2008), a área do garimpo de Caxias é formada por um platô laterítico de aproximadamente 30 m de espessura e truncado no nível do saprólito, sendo esse material alterado o principal alvo de garimpagem durante décadas.

A **unidade geológica Garimpo de Caxias caracteriza-se por um microtonalito equigranular, maciço e composto por plagioclásio, quartzo, raro feldspato potássico e biotita**. Rocha com feições de orientação dos minerais localizada, principalmente, nas zonas de cisalhamento (KLEIN et al., 2002).

Portanto, o Garimpo de Caxias é um depósito de ouro orogênico do fragmento cratônico São Luís, que é correlacionável aos terrenos Riaccianos do Cráton Oeste-Africano. O depósito se formou após o metamorfismo regional (estimado em  $2100 \pm 15$  M.a.) e está hospedado em zona de cisalhamento que secciona xistos do Grupo Aurizona ( $2240 \pm 5$  M.a.) e o Microtonalito Caxias. O microtonalito foi aqui datado em  $2009 \pm 11$  M.a, e representa um estágio magmático tardio na evolução do fragmento cratônico São Luís. Cristais de zircão

com idades de  $2139 \pm 10$  M.a. foram herdados da fonte magmática ou são produto de contaminação durante a intrusão. A composição dos isótopos de chumbo sugere que granitoides de arco de ilhas de ca. 2160 M.a. são a fonte provável para o *Pb* incorporado na pirita relacionada com o minério. Sericita hidrotermal, (um tipo de mica de grão fino) mostra idade  $\pm 30$  M.a., que, combinada com a idade de posicionamento do microtonalito hospedeiro, limita o evento mineralizador ao intervalo 2020-1960 M.a.

Devido as características, algumas porções do microtonalito do Caxias Grupo Aurizona estão cortadas por veios de quartzo, muitos deles com a presença de ouro (Foto 12).

Foto 12 - Veios de quartzo do Grupo Aurizona – Garimpo do Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2015

### 5.2.2 Relevô

Grande parte das atividades humanas, na superfície terrestre, causa algum tipo de modificação, sendo que a mineração talvez seja uma das que mais altera o relevo (GUERRA; MARÇAL, 2006).

A propósito disso, os autores, evidenciam uma série de atividades que transformam e, muitas vezes, degradam o relevo terrestre, sendo que várias delas estão ligadas à mineração (GUERRA; MARÇAL, 2006). Ao longo de muitas décadas a exploração mineral têm se destacado, como uma atividade que, além de gerar empregos e ser fonte extra de renda para pequenos proprietários rurais, sobretudo nas localidades onde não há desenvolvimento ou



expectativa de melhoria social, também é uma atividade que causa enormes impactos ambientais, muitos desses irreversíveis (BACCI et al., 2006).

A geografia física do Estado do Maranhão se caracteriza por um relevo representado por baixas superfícies de aplainamento em meio a extensas planícies fluviomarinhas, baixos platôs e chapadas. Esse conjunto de formas é sustentado por rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi (perfazendo escassos 1,6% da área total do estado) (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

Por outro lado, Feitosa (2006) afirma sobre o soerguimento continental da bacia sedimentar do Estado.

O soerguimento continental dessa bacia sedimentar, ao longo do Cenozoico, originou um cenário geomorfológico representado por um conjunto de extensas chapadas dispostas de forma descontínua, preferencialmente no Centro e Sul do Estado do Maranhão, alçadas em cotas topográficas que variam entre 200 e 800 m de altitude, sendo progressivamente mais elevadas em direção ao Sul do estado.

Para melhor entendimento de sua geodiversidade, o território maranhense foi compartimentado em 19 domínios geomorfológicos: Planície Costeira do Maranhão (subdividida em Reentrâncias Maranhenses, Golfão e Baixada Maranhense, Lençóis Maranhenses e Delta do Parnaíba); Tabuleiros Costeiros (subdivididos em Tabuleiros de Chapadinha e Tabuleiros de São Luís e Alcântara-Guimarães); Superfícies Aplainadas do Noroeste do Maranhão; Superfície Sublitorânea de Bacabal (Mesopotâmia Maranhense); Superfícies Aplainadas da Bacia do Rio Parnaíba; Superfícies Tabulares das Bacias dos Rios Itapecuru e Munim; Superfícies Tabulares da Bacia do Rio Parnaíba; Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú; Baixos Platôs de Barra do Corda; Chapadas do Alto Rio Itapecuru; Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins; Chapadas e Mesetas de Estreito-Carolina; Depressão Interplanáltica de Balsas; Chapadas do Alto Rio Parnaíba e Chapada das Mangabeiras (BANDEIRA, 2013).

Contudo, as diversas formas de relevo do estado foram compartimentados sendo inseridos nos 19 domínios geomorfológicos os quais formam base na análise dos produtos de sensoriamento remoto disponíveis, perfis de campo e estudos geomorfológicos regionais anteriores (IBGE, 1995; ROSS, 1997, dentre outros). Assim têm-se: Planícies Fluviais ou Fluvioacustres (R1a) , Planícies Fluviomarinhas (R1d) , Planícies Costeiras (R1e), Campos de Dunas (R1f), Tabuleiros (R2a1), Tabuleiros Dissecados (Baixos Platôs (R2b1), Baixos Platôs Dissecados (R2b2), Planaltos (R2b3), Chapadas e Platôs (R2c), Superfícies Aplainadas Conservadas (R3a1), Superfícies Aplainadas Degradadas (R3a2), Inselbergs (R3b), Colinas

Amplas e Suaves (R4a1), Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2), Morros e Serras Baixas (R4b), Escarpas Serranas (R4d), Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos (R4e), Vales Encaixados (R4f) (BANDEIRA, 2013. p.38).

No quadro 2 demonstra-se as características de padrão de relevo da área objeto de estudo o qual consiste, em um relevo modelado em diversificado substrato geológico, profundamente arrasado por prolongados processos de denudação e aplainamento e submetido à forte atuação do intemperismo químico, gerando espessos regolitos.

A resultante geomorfológica é um cenário de vastas e monótonas superfícies de aplainamento por vezes, desfeitas em relevo colinoso de baixa amplitude de relevo (**R4a1**). Tal relevo torna-se mais expressivo sobre o embasamento ígneo-metamórfico de idade pré-cambriana do Cráton São Luís, representados nos mapas de relevo, hipsometria e declividade. (Figuras 8, 9 e 10).

Ressaltam-se, de forma esparsa, pequenas cristas isoladas (**R4a2**) e *inselbergs* (R3b), mantidas por rochas muito resistentes ao intemperismo e à erosão, ou baixos platôs dissecados (**R2b2**), sustentados por crostas lateríticas. Todas essas formas estão ligeiramente mais elevadas frente ao piso da paisagem regional.

Quadro 2 - Padrões de relevo da área de estudo associado com a declividade e hipsometria

<b>Padrão de Relevo</b>	<b>Declividade (Graus)</b>	<b>Amplitude Topográfica (M)</b>
<b>Planícies Flúvio-marinha (R1d)</b>	0	Zero
<b>Colinas Amplas e Suaves (R4a1)</b>	3 a 10	20 a 50
<b>Colinas Dissecadas e Morros Baixos (R4a2)</b>	5 a 20	30 a 80

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

*Planícies Flúvio-marinha (R1d)*- Esta unidade possui declividade zero, é gerada em ambiente deposicional de macromarés, apresenta um conjunto de feições deposicionais de origens fluvial e marinha. Este domínio refere-se às unidades agradacionais a qualabrange extensas planícies fluviomarinhas, com predomínio de mangues na orla das baías e estuários e de vegetação de brejo na baixada interior

**Colinas Amplas e Suaves (R4a1)-padrão específico da área de estudo-** Refere-se às unidades denudacionais. Consiste em relevo modelado em diversificado substrato geológico,

profundamente arrasado por prolongados processos de denudação e aplainamento e submetido à forte atuação do intemperismo químico, gerando espessos regolitos. A resultante geomorfológica é um cenário de vastas superfícies de aplainamento (**R3a2**), por vezes, desfeitas em relevo colinoso de baixa amplitude de relevo (**R4a1**) (Foto 13). Tal relevo torna-se mais expressivo sobre o embasamento ígneo-metamórfico de idade pré-cambriana do Cráton São Luís. Ressaltam-se, de forma esparsa, pequenas cristas isoladas (**R4a2**) e *inselbergs* (R3b), mantidas por rochas muito resistentes ao intemperismo e à erosão, ou baixos platôs dissecados (**R2b2**), sustentados por crostas lateríticas. Todas essas formas estão ligeiramente mais elevadas frente ao piso da paisagem regional (DANTAS et al, 2013).

Foto 13 - Superfície aplainada degradada com ocorrência de lixo, rodovia MA - 301 que dá acesso ao Garimpo de Caxias - Município de Godofredo Viana – MA



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Uma característica observada nesta rodovia que justamente dá acesso a área de estudo, é que a mesma apresenta boas condições de uso, devido a constante manutenção que a empresa mineradora atuante no Município de Godofredo Viana realiza, mais precisamente a mineradora que atua no garimpo do Aurizona. Porém, observa-se que em vários trechos da rodovia há ocorrência de depósito irregular de lixo.

As figuras a seguir representam as características de relevo, hipsometria e declividade da área de estudo.

Figura 8 - Mapa de relevo do Município de Luís Domingues

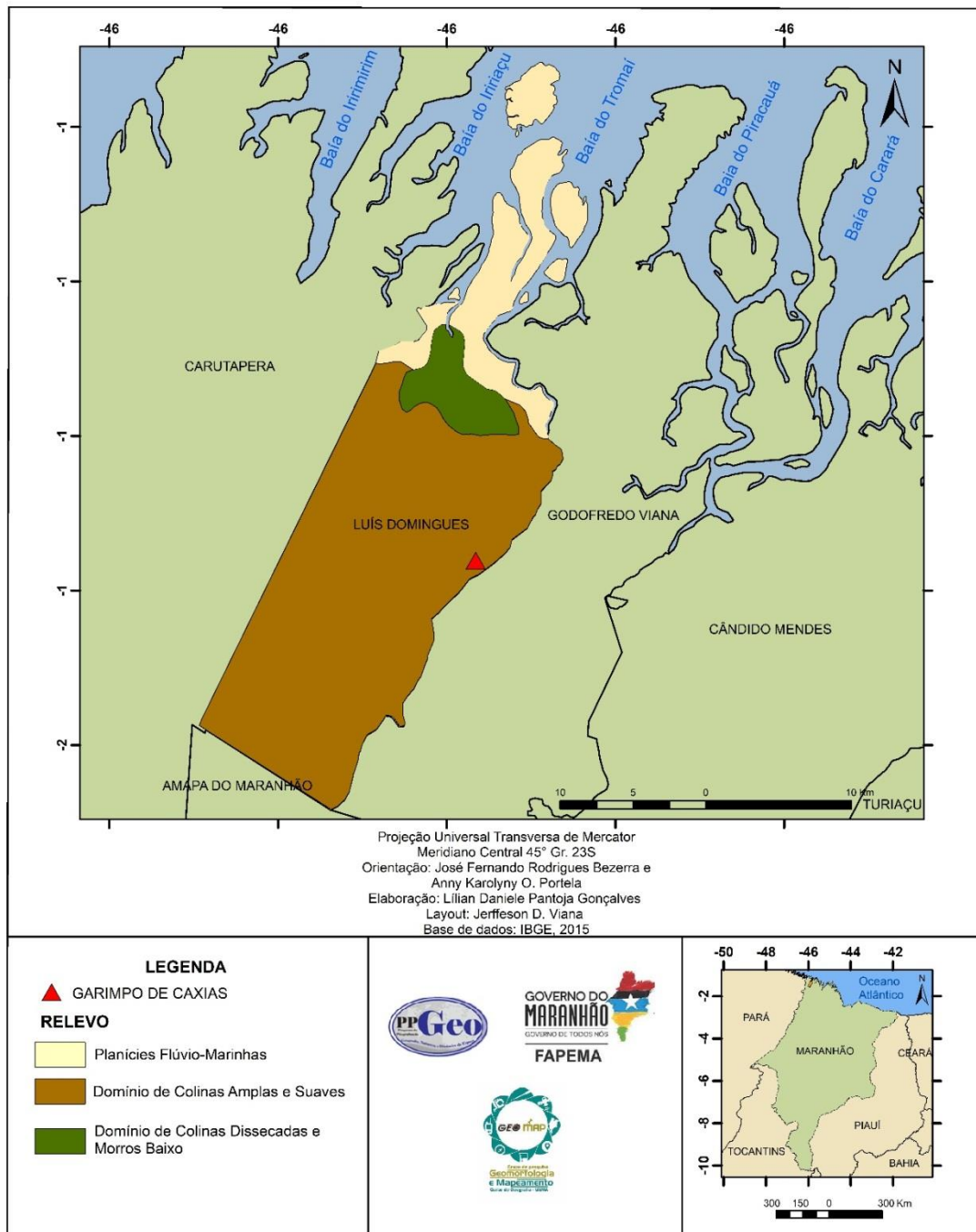


Figura 9 - Mapa de hipsometria do Município de Luís Domingues

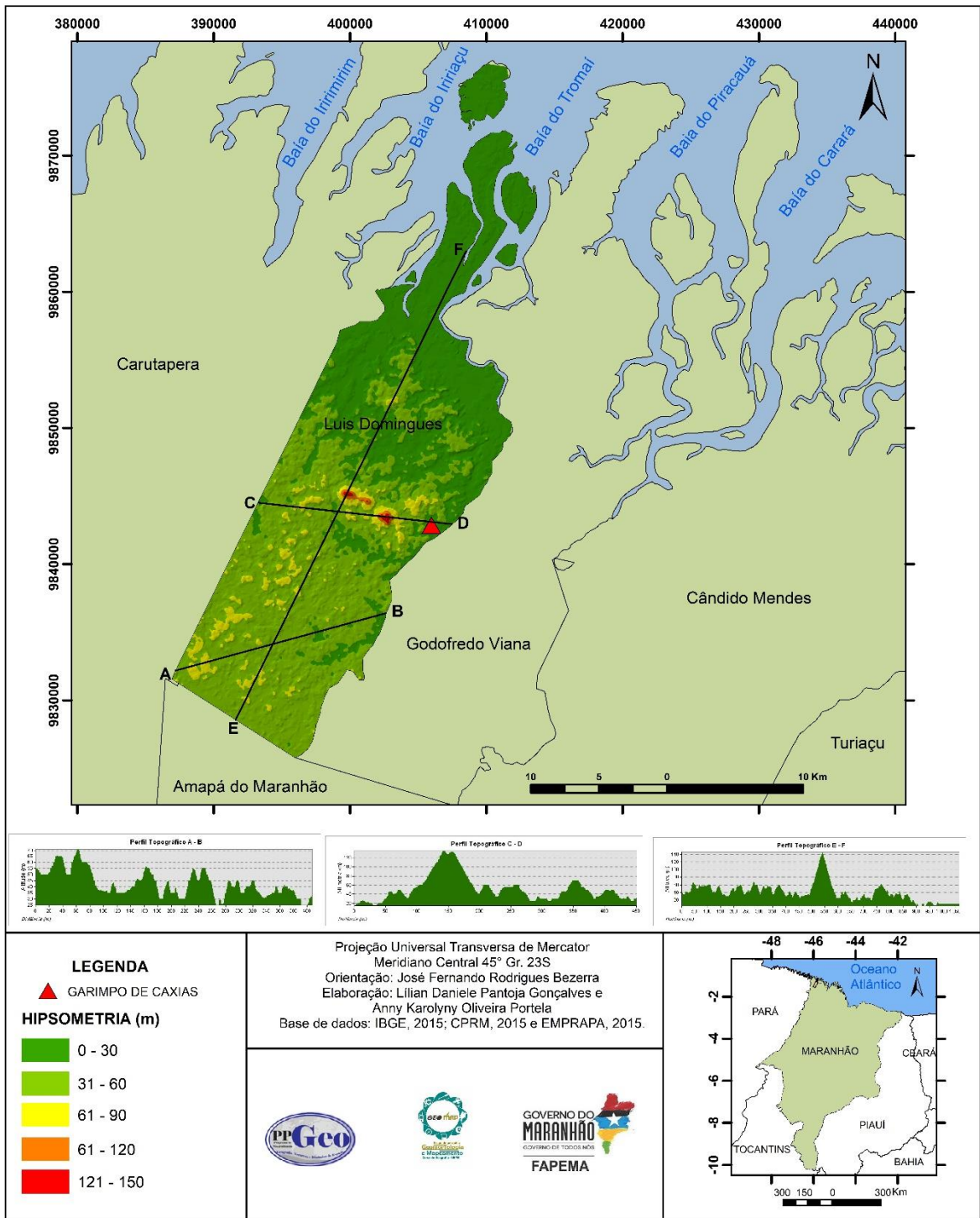
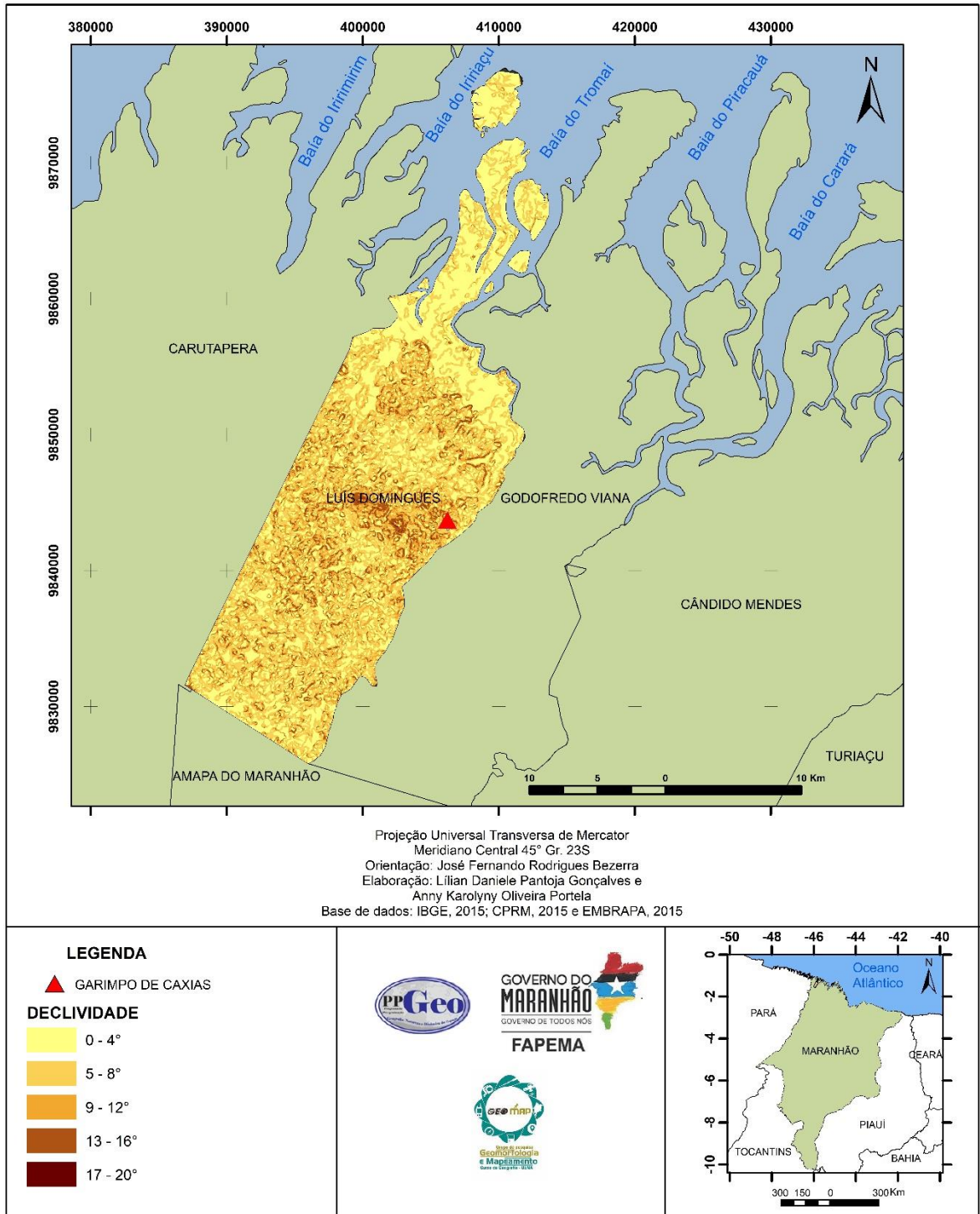


Figura 10 - Mapa de declividade das formas de relevo – Município de Luís Domingues



### 5.2.3 Hidrografia

De acordo com o Decreto Estadual do Maranhão n° 27.845/11, em seu artigo 5°, expõe para efeito do estabelecimento na Política Estadual de Recursos Hídricos, o Estado do Maranhão está dividido em 12 regiões hidrográficas. A proposta destaca três bacias hidrográficas de rios de domínio da União: as bacias hidrográficas dos Rios Parnaíba, Tocantins e Gurupi. Já as bacias de domínio estadual estão representadas pelos Sistemas hidrográficos estaduais das Ilhas Maranhenses e do Litoral Ocidental, bem como as bacias hidrográficas Mearim, Itapecuru, Munin, Turiaçu, Maracaçumé, Preguiças e Periaá.

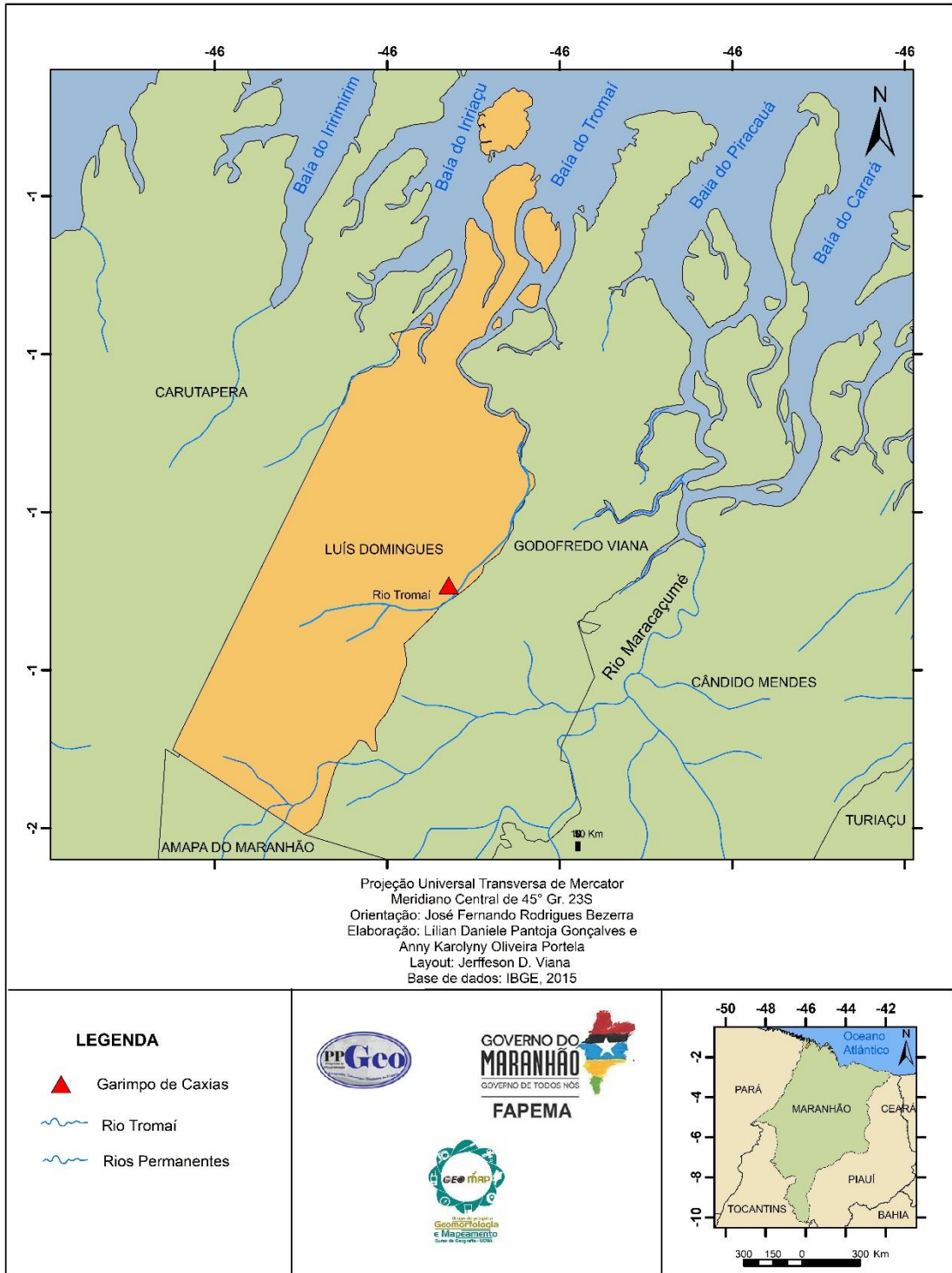
A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé, a qual possui uma área de 7.756,79 km<sup>2</sup>, “a bacia encontra-se circundada pelas bacias do Gurupi e Turiaçu, seu rio principal é denominado Maracaçumé. Com uma área de 7.382 km<sup>2</sup>, perfaz um percurso de 150 km” (SANTOS; LEAL 2013, p.47).

Fazem parte dessa bacia 16 municípios, oito deles possuem sedes localizadas dentro dela, porém, nenhum município encontra-se totalmente inserido na bacia do Maracaçumé. Com uma população total de 122.535 habitantes, o que representa 1,9% da população do Estado e a sua densidade demográfica é de 15,80 hab./km<sup>2</sup> (MARANHÃO, 2011, p.19).

O Rio mais importante que abrange o município de Luís Domingues e as proximidades do Garimpo de Caxias é o Tromaí (Figura 11).

Com relação aos problemas ambientais percebidos na bacia hidrográfica do Tromaí, destacam-se: grande parte do rio encontra-se com problemas de assoreamento devido o desmatamento acelerado de suas margens, queimadas, lixo e construção da rodovia MA - 301 que dá acesso aos Municípios de Godofredo Viana, Cândido Mendes e conseqüentemente o garimpo de Caxias.

Figura 11 - Mapa de hidrografia do Município de Luís Domingues





#### 5.2.4 Vegetação

A partir das décadas de 1960-70, uma frente de povoamento alcançou o oeste amazônico, promovendo significativas transformações no espaço geográfico maranhense. “O Oeste registra forte incremento populacional, associado ao desmatamento generalizado da floresta nativa, devido à abertura da Rodovia Belém - Brasília e da Estrada de Ferro Carajás-São Luís”. (BANDEIRA, 2013, p. 37).

Segundo Maranhão (2002, p. 22), encontra-se no Maranhão desde “ambientes salinos com presença de manguezais, vegetação secundária, e grandes áreas com babaçuais até a vegetação de grande porte, com característica do sistema amazônico”.

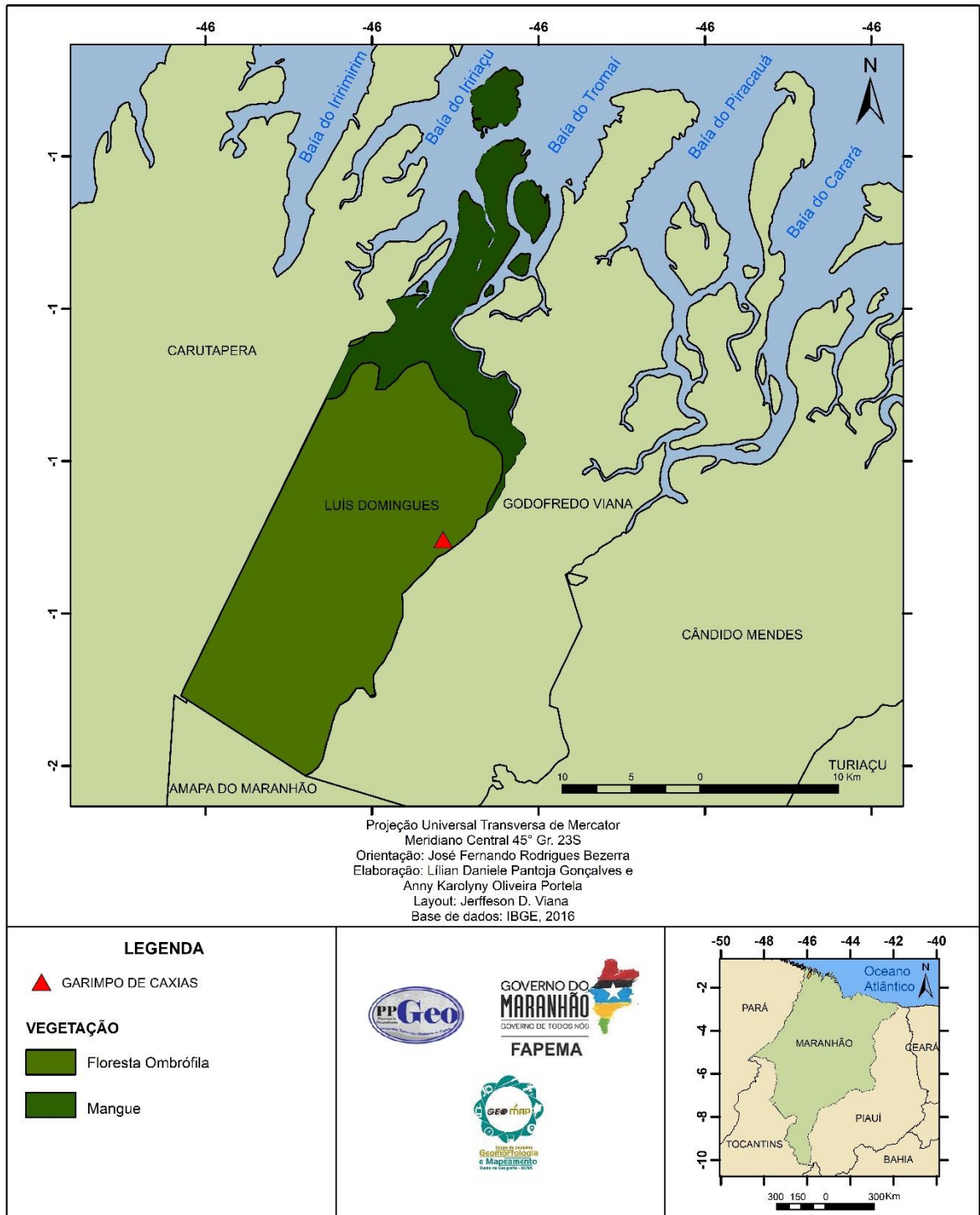
O fator condicionante do clima é responsável pela distinção entre algumas áreas de vegetação: ao noroeste há a presença da Floresta Amazônica, sendo esta região também conhecida como Amazônia Maranhense; nas regiões de clima caracterizado como tropical, predomina o cerrado, ao sul do território estadual; no litoral, há a presença do mangue; ao leste, numa zona de transição entre o cerrado e a floresta equatorial, há a Mata dos Cocais, de vegetação relativamente homogênea, onde predomina o babaçu (*Orbignya martiana*), de grande importância econômica para o Estado.

Quanto à cobertura vegetal da região noroeste maranhense, predomina floresta ombrófila (Figura 12) densa de característica Amazônica. “Essa formação vegetal abrange as bacias dos rios Gurupi, Turiaçu e Pindaré, os vales médio e inferior do rio Grajaú e a porção ocidental do vale médio do rio Mearim. É uma formação exuberante apresentando árvores, freqüentemente, com mais de 40 metros de altura”. Sua distribuição espacial é diversificada apresentando várias fisionomias refletidas pela posição topográfica que ocupa. A principal ocorrência dessas áreas é o desmatamento em larga escala para serem convertidos em pastagens para pecuária extensiva e retirada de madeira (BANDEIRA, 2013, p.46).

Na área de estudo encontram-se florestas abertas, com vegetação degradada, áreas extensas de vegetação secundária, manguezais instalados nas áreas que sofrem influência das marés, e ainda, uma porção de mata ciliar relacionada principalmente com solos aluviais do quaternário.

Encontra-se nessa formação uma grande quantidade de palmeiras, dentre as quais destacam-se o açaí e o buriti.

Figura 12 - Mapa de cobertura vegetal do município de Luís Domingues



### 5.2.5 Clima

Segundo Maranhão (2002, p. 36), dos modelos de classificação climática que utilizam elementos meteorológicos, William Koppen e W.C Thornthwaite (1948), são os modelos mais aplicados. Koppen para estudar as principais regiões climáticas da terra partiu do estudo da vegetação e Thornthwaite, além dos dados de precipitação pluviométrica e temperatura utilizou a evapotranspiração como elemento de classificação climática. Assim, a classificação climática de Thornthwaite apoia-se em duas grandezas que são funções ligadas a evapotranspiração potencial; o índice efetivo de umidade e o índice de eficiência térmica, bem como suas variações estacionais.

Os estudos pioneiros sobre o clima maranhense foram baseados nas classificações climáticas e metodologia adotadas por Thornthwaite que usa fórmulas climáticas caracterizadas por símbolos constatando de adaptações e aplicações de fórmulas para o território brasileiro.

De acordo com a classificação de Maranhão (2002, p. 36), caracterizam-se quatro tipos climáticos no Estado do Maranhão, variando desde o clima Sub-Úmido seco, até o Úmido predominando no extremo noroeste.

Portanto, na área de estudo caracteriza-se o Clima Úmido do tipo (B2), com alto índice pluviométrico, a temperatura média mensal sempre superior a 18°C, sendo que a soma da evapotranspiração potencial nos três meses mais quentes do ano é inferior a 48% em relação a evapotranspiração potencial anual.

As temperaturas médias anuais são superiores a 24°C, enquanto os índices pluviométricos variam entre 1500 e 2500mm anuais. As chuvas no território do Maranhão caracterizam duas áreas distintas: no litoral as chuvas são mais abundantes, enquanto no interior são mais escassas. Outro fator condicionante do clima no Estado é sua posição geográfica, dividida entre a área situada no complexo amazônico, ao noroeste, onde o clima tende à caracterização como equatorial.

A área de estudo compõe a região noroeste do estado do Maranhão, portanto, nota-se o domínio original da Floresta Amazônica sob clima equatorial úmido (B2) regido pelo deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pela massa Equatorial Continental (mEc), ambas com marcante atuação no verão e outono. Desse modo, registra-se um período de chuvas e um período de estiagem. Este último, varia entre três a quatro meses. Em contrapartida, apresenta temperatura média anual superior a 27°C.

Observa-se, também, expressivo decréscimo dos totais pluviométricos observados de noroeste (2.000 a 2.500 mm/ano) para sul e sudeste (1.000 a 1.200 mm/ano) (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

### 5.2.6 Solos

De um modo geral, o quesito solos, baseado no Sistema Brasileiro de Classificação dos solos da EMBRAPA (2011), predominam, os *plintossolo- PT11* na área do garimpo do Caxias.

No caso desta classe Plintossolo, as características ressaltam solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixas e atividade da fração de argila baixa. Parte dos solos desta classe tem ocorrência relacionada às áreas com relevo plano ou suave ondulado. Ocorre ainda em partes inferiores das encostas ou áreas de surgentes sob condicionantes quer de oscilação do lençol freático quer de encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água. Estes solos são constituídos por material mineral (**Foto 14**).

Nas planícies flúvio-marinhas intermarés, constituídas por sedimentos inconsolidados, encontram-se solos de formação mais recente sob vegetação de mangue, consistem de terrenos argilosos ou argiloarenosos ricos em matéria orgânica, como Solos de Mangue e *Gleissolos Sálidos* (IBGE, 2011).

A despeito da grande fragilidade ambiental desses terrenos, dominados por extensos manguezais, o processo de ocupação humana empreendido por comunidades tradicionais com uma população rarefeita, calcada na pesca tradicional e no extrativismo, não tem promovido significativos impactos ambientais na região (SOUZA; FEITOSA, 2009). São, em sua maioria, áreas protegidas por lei, destinadas à preservação da flora e da fauna segundo a Resolução CONAMA nº 303 (BRASIL, 2002).

Foto 14 - Plintossolo amarelo e saprolitos mineralizados do garimpo de Caxias



Fonte: Dados da pesquisa, 2016

Aparecem ainda a classe do podzólico Vermelho Concrecionário - Pvc14, estes são representantes dos solos Argilosos, que são solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e horizonte B textural (SANTOS, 2013).

Segundo a EMBRAPA (2011), Plintossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário iniciando dentro de 40 cm, ou dentro de 200 cm quando imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. O horizonte diagnóstico plíntico é definido de acordo com a quantidade de plintita, e sua extensão deve ter no mínimo 15 cm de espessura e conter mais de 15 % de plintita por volume.

Esta classe compreende solos formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, que tem como consequência a formação de um horizonte plíntico (EMBRAPA, 2011). O efeito de impedimento à livre drenagem pode ser resultante da existência de um lençol freático mais superficial em algum período do ano, o que ocorre em áreas de cotas inferiores com relevo plano, como depressões,

baixadas, terços inferiores de encostas, ou devido à existência de camadas concrecionárias ou materiais de texturas argilosas, como nas áreas de surgente em condições de clima tropical úmido.

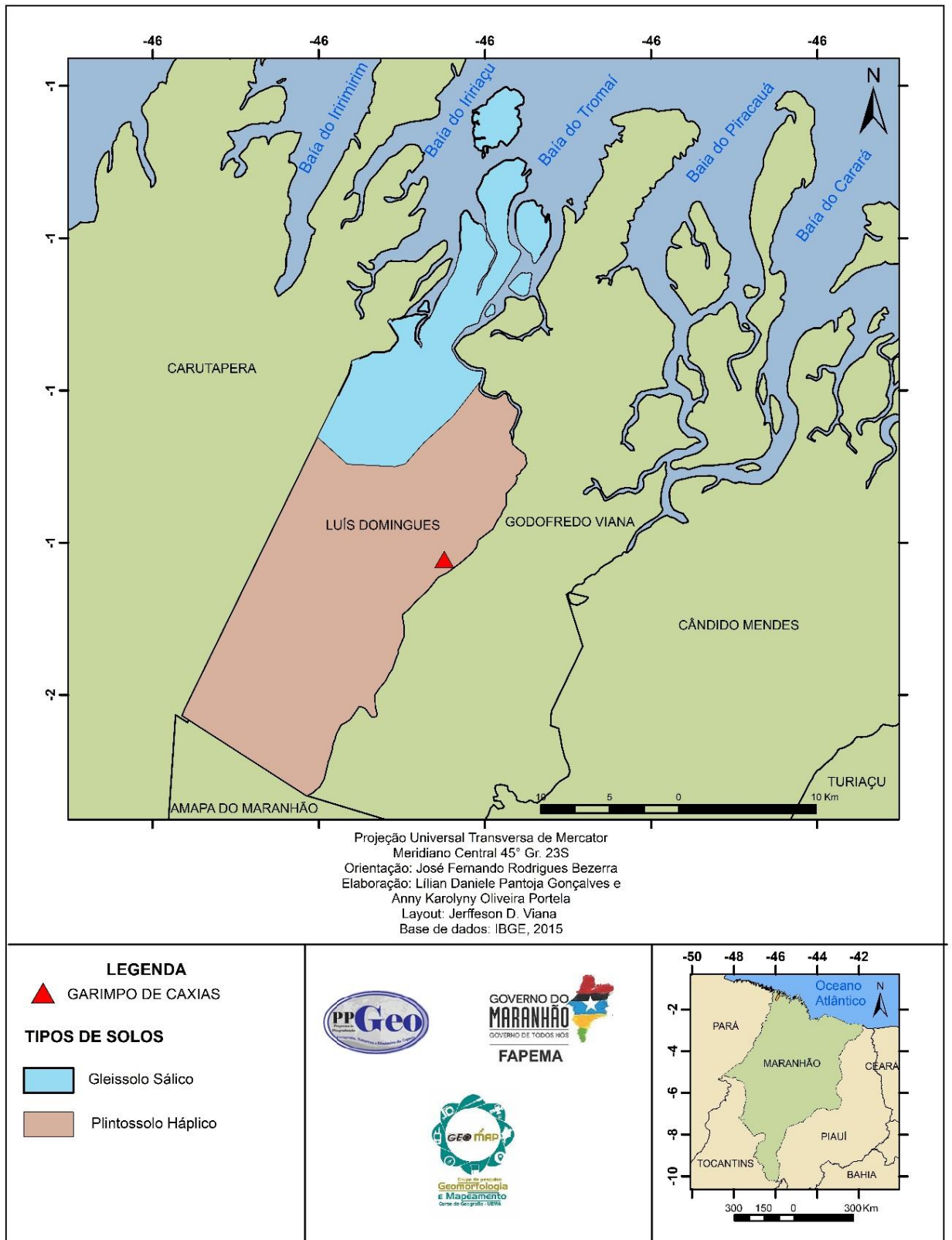
A fragilidade nos solos, ocasionados pelo processo de garimpagem e demais usos da terra, uma vez que a área de estudo está sob um domínio que sustenta relevos de baixas declividades e amplitudes (superfície aplainada degradada, colinas amplas e suaves), que favorecem o processo de pedogênese sobre a morfogênese, gerando um manto de alteração substancial e solos lixiviados, empobrecidos em nutrientes naturais, tais como solos profundos arenoargilosos (Latosolos) ou cascalhentos ou pedregosos (Plintossolos Pétricos) e/ ou com gradientes texturais entre os horizontes superficial e subsuperficial (Argissolos).

Conforme apresentam baixa resistência para escavações e baixo potencial de movimentos naturais de massa e erosão hídrica. [...] algumas particularidades são observadas quanto à alteração das rochas metabásicas e metaultramáficas das unidades DSVP2pbu e DSVP2gratv, as quais se alteram para solos argilosos, que, no início do processo de intemperismo, transformam-se em argilominerais expansivos, que, se submetidos à variação de grau de umidade, sofrem o fenômeno da alternância dos estados de expansão e contração, com alto potencial erosivo (BANDEIRA, 2013 p.218).

Com este processo, uma característica identificada são solos altamente plásticos, escorregadios quando molhados e de baixa resistência à compressão.

Decerto, a abertura de cavas e a forma da atividade de mineração no garimpo de Caxias têm provocado o ressecamento excessivo do solo e conseqüentemente o endurecimento do horizonte plúntico criando desta forma uma barreira a infiltração e escoamento natural da água e também do desenvolvimento radicular além da redução de todo fluxo de água. Este ambiente têm sido alvo de alterações antrópica com a incorporação da atividade de extração do ouro (Figura 13).

Figura 13 - Mapa de solos do município de Luís Domingues



Fica assim evidente, a vocação aurífera da região e do local da área de estudo devido a fatores de formação desde as primeiras eras geológicas. Por outro lado, evidencia-se a despeito da grande fragilidade dos solos desta área, devido a concentração de exploração mineral que vêm ocorrendo há quase 100 anos.

Atualmente observa-se a intensificação de problemas ocasionados pelo desmatamento, ocupação desordenada e grandes empresas mineradoras que chegaram e se instalaram próximas ao garimpo de Caxias, impactando significativamente através de atividade de exploração mineral. Estes impactos são muitas vezes irreversíveis e sentidos em toda região.

### **5.3 Propriedades físicas dos solos degradados por mineração**

A mineração aparece como fator de degradação nos estudos realizado por Ferreira *et al.* (1994 *apud* ALBUQUERQUE, 2015, p. 76 ). No entanto, na maior parte dos estudos a atividade não configura enquanto causa por se tratar talvez de uma ação antrópica composta por várias e complexas etapas, porém, de forma indireta vários indicadores relacionados como o percentual da cobertura vegetal, erosão hídrica, contaminação de efluentes e migração, por exemplo, são passíveis de serem afetados diretamente pela mineração.

Dentre os fatores que colocam a mineração em posição de destaque estão os intensos processos de metamorfismo e denudação ao qual a região ou área foi submetida ao longo do seu processo evolutivo, expondo alguns jazimentos minerais à superfície, principalmente de rochas e minerais aplicados diretamente na construção civil como areias, argilas, calcários e granitos, além do baixo desenvolvimento pedogenético, produto da semiaridez climática numa escala de tempo mais próxima da atual. (ALBUQUERQUE, 2015, p.79).

Dentre as principais alterações ambientais ocasionados pela mineração, podemos destacar o solo sendo um dos elementos naturais mais degradados pela mineração.

No garimpo de Caxias não é diferente, uma vez que a mineração é exercida a céu aberto, este é um problema que resulta na alteração da paisagem ocasionada pela necessidade da abertura de cortes e cavas de extração, com a disposição dos estéreis destas cavas em pilhas em áreas próximas aos barrancos. Desta forma, é comum a ocorrência de erosão, empobrecimento e encrostamento dos solos.

Uma das principais formas de degradação física do solo refere-se à modificação dos seus agregados. Os organismos do solo, incluindo as raízes, dependem do oxigênio e da água contida no espaço poroso existente entre os agregados que formam a estrutura do solo.



Contudo, algumas práticas agrícolas podem alterar essa estrutura, provocando a diminuição dos poros e a consequente dificuldade de penetração das raízes, bem como a carência de ar e de água.

As principais alterações maléficas da estrutura são a compactação e o encrostamento. A primeira resulta da compressão mecânica do solo pela força exercida sobre ele. A segunda acontece pelo impacto direto das gotas de chuvas na superfície de solos com argilas mais suscetíveis à dispersão. Essas crostas diminuem a infiltração de água no solo, mas podem ser evitadas mantendo-se o solo com vegetação.

A erosão pela água é função da suscetibilidade do solo (erodibilidade) e da energia da chuva (erosividade), além destes fatores mencionados, a textura, a permeabilidade, a profundidade e o grau de fertilidade do solo também influem na sua maior ou menor Erodibilidade.

A erosão também pode ocorrer durante a construção de rodovias e auto-estradas, onde a vegetação de proteção é retirada e alterações na declividade natural são realizadas sem as devidas precauções.

#### a) Densidade e porosidade

A densidade do solo depende da natureza, das dimensões e da forma como estão dispostas as partículas do solo. Um mesmo tipo de solo pode apresentar valores diversos para a densidade do solo, pois este valor geralmente aumenta com a profundidade do perfil devido as pressões exercidas pelas camadas superiores.


A densidade de solo é uma das características importantes na avaliação dos solos. Essa característica está associada à estrutura, à densidade de partícula e à porosidade do solo, podendo ser usada como uma indicadora de processos de degradação da estrutura do solo, que pode mudar em função do uso e do manejo do solo. A medição da densidade de solo é usada, por exemplo, para a conversão da umidade determinada em base gravimétrica para a umidade em base volumétrica, utilizada nos cálculos de disponibilidade de água para as plantas e determinação da necessidade de irrigação. A determinação da compactação do solo também pode ser avaliada via densidade de solo (VIANA, 2008, p. 1).


Assim, de acordo com os resultados das análises laboratoriais referente às propriedades físicas do solo na área de estudo, é possível observar que os valores de densidades do solo variam em todas as amostras analisadas. Existem pelo menos uma amostra indicando maior índice de compactação do solo (resultados destacados em vermelho). Os menores valores para densidade do solo (resultados destacados em verde) foram as que apresentaram os maiores percentuais de porosidade total. Os resultados da densidade do solo

(Ds) variaram entre 1,07 a 1,50 g/cm<sup>3</sup> nas amostras indeformadas coletadas no Garimpo Caxias analisados (Quadro 3).

Quadro 3- Análise das propriedades físicas do solo no Garimpo de Caxias

Amostras	Densidade do solo	Densidade de partículas	Porosidade total
P1	1,33/ cm <sup>3</sup>	2,73 g/cm <sup>3</sup>	58 %
P2	1,27/ cm <sup>3</sup>	2,85 g/cm <sup>3</sup>	55%
P3	1,50/cm <sup>3</sup>	2,66 g/cm <sup>3</sup>	43%
P4	1,07/cm <sup>3</sup>	2,77 g/cm <sup>3</sup>	61%
P5	1,11/cm <sup>3</sup>	2,94 g/cm <sup>3</sup>	62%

  
Menor índice de compactação do solo (maior porosidade)

  
Maior índice de compactação do solo (menor porosidade)

Fonte: Própria pesquisa, 2015/2016

A densidade de partículas (Dp) refere-se ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Os resultados demonstram que a densidade de partículas das amostras variaram entre os limites 2,66 g/cm<sup>3</sup> na amostra P3 a 2,94g/cm<sup>3</sup> no ponto P5. O valor médio da densidade de partículas representa em torno de 2,62 g/cm<sup>3</sup>, está em conformidade com os estudos de Kiehl (1979), indicando os constituintes minerais predominantes dos solos, como o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades reais estão em torno de 2,65.

Em relação à porosidade, o menor valor é de 43% encontrada na amostra P3 e o maior valor foi encontrado na amostra P5 de 62%. Quanto menor a porosidade, menor será a capacidade de a água infiltrar no solo, e conseqüentemente, maior será o escoamento superficial. Portanto a porosidade com 43% se encontra na amostra P3 tem a maior capacidade de infiltrar água no solo e seu coeficiente de escoamento superficial elevado em relação aos outros pontos em questão.

## b) Análise morfológica

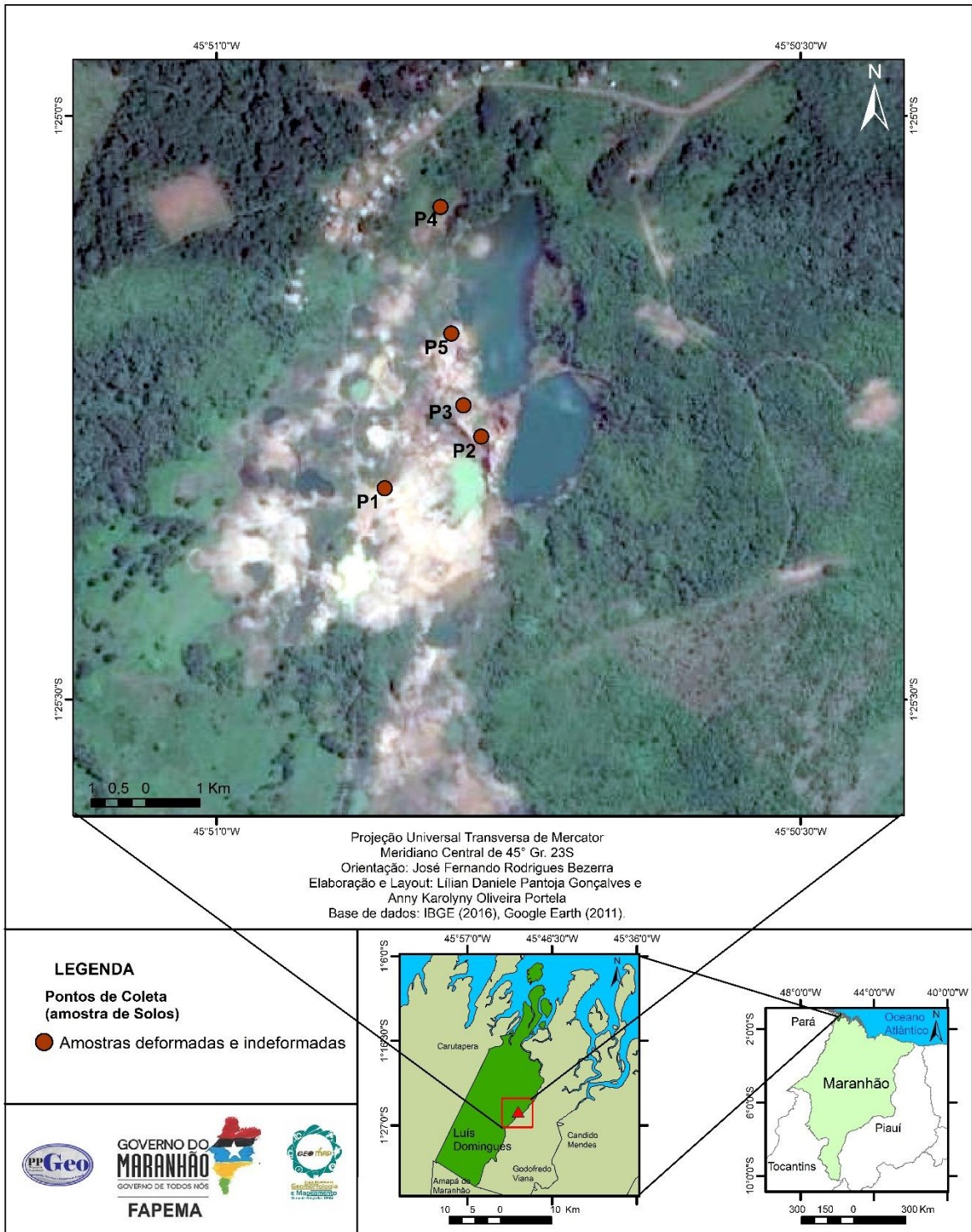
O garimpo acarreta problemas, como a descaracterização da morfologia original do terreno, e toda a sua produção promove rejeitos contendo mercúrio metálico, fatores, tais como, pH, disponibilidade de oxigênio, temperatura, atividade biológica e concentração de nutrientes, entre outros, são relevantes nos processos de organificação do mercúrio e outros metais pesados dispersos no solo. Aliado à isso, têm-se fragilidades no solo que podem ser intensificados por esta forma de ação, neste caso, provocada pelo homem, bem como características naturais que levam à fragilidade do componente solo.

A morfologia do solo é a descrição da aparência do solo no campo e laboratório com características visíveis a olho nu ou perceptíveis por manipulação, a descrição morfológica dos solos permite delimitar horizontes e estabelecer relações entre eles, isto é, fazer inferências sobre os fatores e processos envolvidos em suas formações, seus funcionamentos atuais e suas relações com a dinâmica evolutiva da paisagem (LEMOS & SANTOS, 2005).

Deste modo, nesta pesquisa considera -se extremamente importante reconhecer as características morfológicas das áreas degradadas no garimpo, considerando as seguintes análises da cor, textura, estrutura (tamanho e forma), consistência do solo (seco, úmido, molhado, pegajosidade).

Das amostras de solos coletadas no Garimpo de Caxias e analisadas em laboratório (Figura 14), foram feitas a identificação das cores segundo Munsell (2009). Estas cores foram estabelecidas com o uso da carta de Munsell e a correspondência para o português foi realizada com o uso do Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo de Lemos e Santos (2005).

Figura 14 - Imagem de localização dos pontos de coleta de amostras dos solos



No ponto 01 do perfil de (1,10m de profundidade) a cor do solo que predomina é o Bruno Claro (7.5 YR 6/4 seca), estar relacionado com o processo de formação de plintita que, forma-se pela concentração de ferro. A plintita é um corpo distinto, de material rico em óxido de ferro, caracterizando-se por ser firme quando úmida e dura ou muito dura quando seca e podendo ser separada da matriz do solo (material envolvente). A mesma é afetada por ciclos de umedecimento e secagem do solo e sua presença indica drenagem imperfeita e restringe a profundidade efetiva do solo (BALDASSARINI, 2016). O tamanho dos sedimentos coletados variou em pequeno (menor que 10mm) à muito grande (15mm); quanto a forma nesse perfil tem uma variação tendo predominância de blocos subangulares, com exceções nas amostras 4 (granular) e 5 (laminar); a consistência do solo seco variou em macia e ligeiramente dura, solo úmido predomínio de muito friável com exceção na amostra 2 (friável) e no solo molhado tem-se presença da não plástica como predominância, e as exceções nas amostras 1 (ligeiramente plástica) e na amostra 5 (muito plástica); quanto a textura neste perfil a maioria é arenosa, exceção da amostra 5 (argilosa); pegajosidade predominância nas amostras de não pegajosa com exceção da amostra 5 (pegajosa).

No ponto 02 de perfil de 2 m de profundidade do Garimpo Caxias a cor do solo que predomina é o Amarelo avermelhado (7.5 YR 7/6 seca), As cores avermelhadas indicam boa drenagem e arejamento do solo, permitindo a existência de condições de oxidação para formar óxidos (RUELLAN; DOSSO, 2003). O tamanho dos sedimentos coletados neste perfil varia entre pequeno (1 mm) e muito grande (acima de 20mm); em relação a forma nessa profundidade há um predomínio blocos subangulares e laminar, a consistência do solo seco predominância macia e ligeiramente dura com exceções das amostras 3 e 8 (dura), a consistência do solo úmido muito friável e friável com exceções nas amostras 6 e 8 (firme) e 9 (solta), consistência do solo molhado plástica e ligeiramente plástica; a textura das amostras deste perfil entre média e argilosa com exceções das amostras 2 e 9 (arenosa); pegajosidade predomínio ligeiramente pegajosa.

O ponto 03 de perfil de 11,80m de profundidade do “morro” as cores do solo predominante é o Amarelo brumado (10 YR 6/6 seca), Amarelo avermelhado (7.5 YR 6/6 seca), Bruno avermelhado (5YR 6/4 seca). Esta coloração amarelada refere-se, de acordo com Freire (2006), a maior presença de Óxidos Férricos Hidratados no solo, este fator relaciona-se, principalmente, com solos que não são bem drenados, o que favorece uma maior permanência da água e, conseqüentemente, a sua hidratação.

Seguido de tons mais amarelados, com matizes variando entre 5 YR e 10 YR, indicando predomínio da goethita em detrimento a hematita, resultante do processo

pedogenético de brunificação (ARNOLD, 1983; KÄMPF & CURI, 2002), potencializado pelo acúmulo de matéria orgânica (ALMEIDA et al., 2000) e do baixo teor de ferro no material de origem (MELO et al., 2001), assim como do fluxo de água atenuado pelo contato lítico. O tamanho das partículas neste perfil varia de pequena (5mm/10mm), média (10mm/20mm), grande (20mm/mais de 20mm), muito grande (acima de 20mm); a forma das amostras predominância de blocos subangular e subangulares com exceção das amostras 13 e 15 (angular); consistência do solo seco predominância da macia e ligeiramente dura, com exceções nas amostras 10 e 11 (muito dura) e amostra 21 (solta); consistência do solo úmido muito friável e friável, com exceção das amostra 9 e 11 (firme) 10 (muito firme) 21 (solta); consistência do solo molhado plástica e ligeiramente plástica com exceção das amostra 1 (não plástica); a textura arenosa, média e argilosa; a pegajosidade a maioria das amostras são ligeiramente pegajosa com exceção da amostra 6 (pegajosa).

O ponto 04 de perfil de 1,60 m a cor do solo predominante é o Bruno forte (7.5 YR 5/6 seca), o tamanho neste ponto predominou média (20mm) à grande (20mm), com exceção em uma amostra 6 (10 mm pequeno); enquanto a forma blocos subangulares e angulares; a consistência do solo seco muita dura com exceção na amostra 8 (dura); consistência do solo úmido muito firme, extremamente firme e firme; consistência do solo molhado plástica e muito plástica; a textura apresentou-se argilosa e muito argilosa; e enquanto à pegajosidade plástica e ligeiramente pegajosa.

No ponto 05 de perfil de 2,70 m a cor do solo predominante neste perfil é o Amarelo avermelhado (7.5 YR 6/6 seca), cores avermelhadas, característico de solos com boa condição de drenagem, composto predominantemente por hematita. A via formação da hematita, é favorecida pela condição de altos valores de pH, baixo conteúdo de matéria orgânica e baixa atividade do alumínio na solução (SILVA & VIDAL TORRADO, 1999; SILVA et al., 2013). O tamanho predominante neste perfil pequena (8mm) e média (10mm) com exceção da amostra 4 (grande); a forma com blocos subangulares e angulares; consistência do solo seco predomínio ligeiramente dura e macia com exceção na amostra 7 (dura), a consistência do solo úmido existe uma variação (muito friável, friável, muito firme, extremamente firme, firme); consistência do solo molhado plástica e ligeiramente plástica; a textura predominante é média com exceções das amostras 1 (argilosa) e 9 (arenosa); a pegajosidade variando de ligeiramente pegajosa e pegajosa.

### c) Análise granulométrica

As frações granulométricas foram características importantes analisadas nos solos da área de estudo. O conhecimento das frações granulométricas do solo é uma característica importante pelos seus reflexos na capacidade de retenção de água do solo e no uso potencial das terras (SIQUEIRA, 2007)

A textura do solo representa a proporção relativa das partículas minerais menores que 2 mm, composta pelas frações areia, silte e argila (SANTOS et al., 2013). Determinada a partir de análise laboratorial, envolvendo dispersão da amostra, separação e quantificação das frações granulométricas, podendo em algumas situações serem realizados pré-tratamentos para remoção de agentes cimentantes e flocculantes (TAVARES-FILHO; MAGALHÃES, 2008; DONAGEMMA et al., 2003).

A textura é um dos principais atributos do solo, exercendo grande influência na dinâmica de água, densidade do solo, densidade das partículas, agregação, capacidade de troca de cátions, sendo considerada nas recomendações de calagem e adubação, além do estudo de caracterização e classificação de solos.

A distribuição granulométrica dos materiais granulares: areia fina, areia grossa, silte e argila foram obtidas pelo método da pipetagem através de análises das amostras de solo do tipo deformada.

Assim, a textura do solo é estudada pela análise granulométrica (Tabela 02), a qual permite classificar os componentes sólidos em classes de acordo com seus diâmetros<sup>6</sup>. As partículas de uma mesma classe de diâmetro apresentam estrutura e composição química diferentes, variando em tamanho e forma. A relação entre a análise granulométrica e a classe textural dos solos coletados no garimpo foram demonstrados através dos diagramas texturais (Figura 15).

---

<sup>6</sup> Lespich, (2011, p. 123), dispõe da classificação granulométrica quanto ao diâmetro de partículas para Matacões: >200mm; Cascalho: de 2-20mm; Areia grossa: de 2- 0,2mm; Areia fina: 0,2-0,05mm; Silte: 0,05-0,0002mm; Argila <0,002

Tabela 2 - Análise granulométrica dos solos degradados por mineração

Local de Coleta	Nº da amostra	Argila (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Textura da Amostra
Garimpo de Caxias- Ponto 1 (Em frente ao lago 01)	10 cm	25,87	65,80	8,33	Franco argilo arenosa
	30cm	4,70	81,22	14,08	Franco arenosa
	50cm	4,89	58,11	37,00	Franco argilo arenosa
	70cm	4,11	79,43	16,46	Franco arenosa
	90cm	11,44	11,72	76,84	Franco siltoso

Local de Coleta	Nº da amostra	Argila (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Textura da Amostra
Garimpo de Caxias- Ponto 2 (Morro testemunho)	10 cm	5,56	33,96	60,48	Franco siltosa
	30cm	5,88	25,6	68,52	Franco siltosa
	50cm	5,54	32,76	61,7	Franco siltosa
	70cm	4,96	31,03	64,01	Franco siltosa
	90cm	4,95	27,94	67,11	Franco siltosa
	1,10 cm	21,13	28,41	50,46	Franco argilo arenosa
	1,30 cm	14,96	27,14	57,90	Franco arenosa
	1,50 cm	26,29	41,51	32,20	Franco argilo arenosa
	1,70 cm	15,79	61,07	23,14	Franco arenosa

Local de Coleta	Nº da amostra	Argila (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Textura da Amostra
Garimpo de Caxias- Ponto 3 (Morro testemunho)	10 cm	10,5	19,33	70,17	Franca
	30cm	8,38	48,07	43,55	Franco arenosa
	50cm	14,63	32,05	53,32	Franca
	70cm	15,26	23,74	61	Franca
	90cm	17,56	46,3	36,14	Franca
	1,10cm	12,01	10	77,99	Franco arenosa
	1,30cm	8,02	13,45	78,53	Franco siltosa
	1,50cm	8,48	8	83,52	Franco siltosa
	1,70cm	5,67	22	72,33	Franca
	1,90cm	5,11	40,50	54,39	Franco siltosa
	2,10cm	4,79	34,50	60,71	Franco siltosa
	2,30cm	6,16	28,50	65,34	Franco siltosa
	2,50cm	6,35	14,50	79,15	Franco siltosa
	2,70cm	5,41	11,50	83,09	Franco siltosa
	3,90cm	8,24	39	52,76	Franca
	3,10cm	8,15	42,00	49,85	Franco arenosa
	3,30cm	5,46	60,85	33,69	Areia fina
	3,50cm	5,81	51,65	42,54	Franco arenosa
	3,70cm	5,94	51,05	43,01	Franco arenosa
	3,90cm	6,53	50,6	42,87	Franco arenosa
4,10cm	14,20	43,40	42,40	Franca	

Fonte: Própria pesquisa, 2016



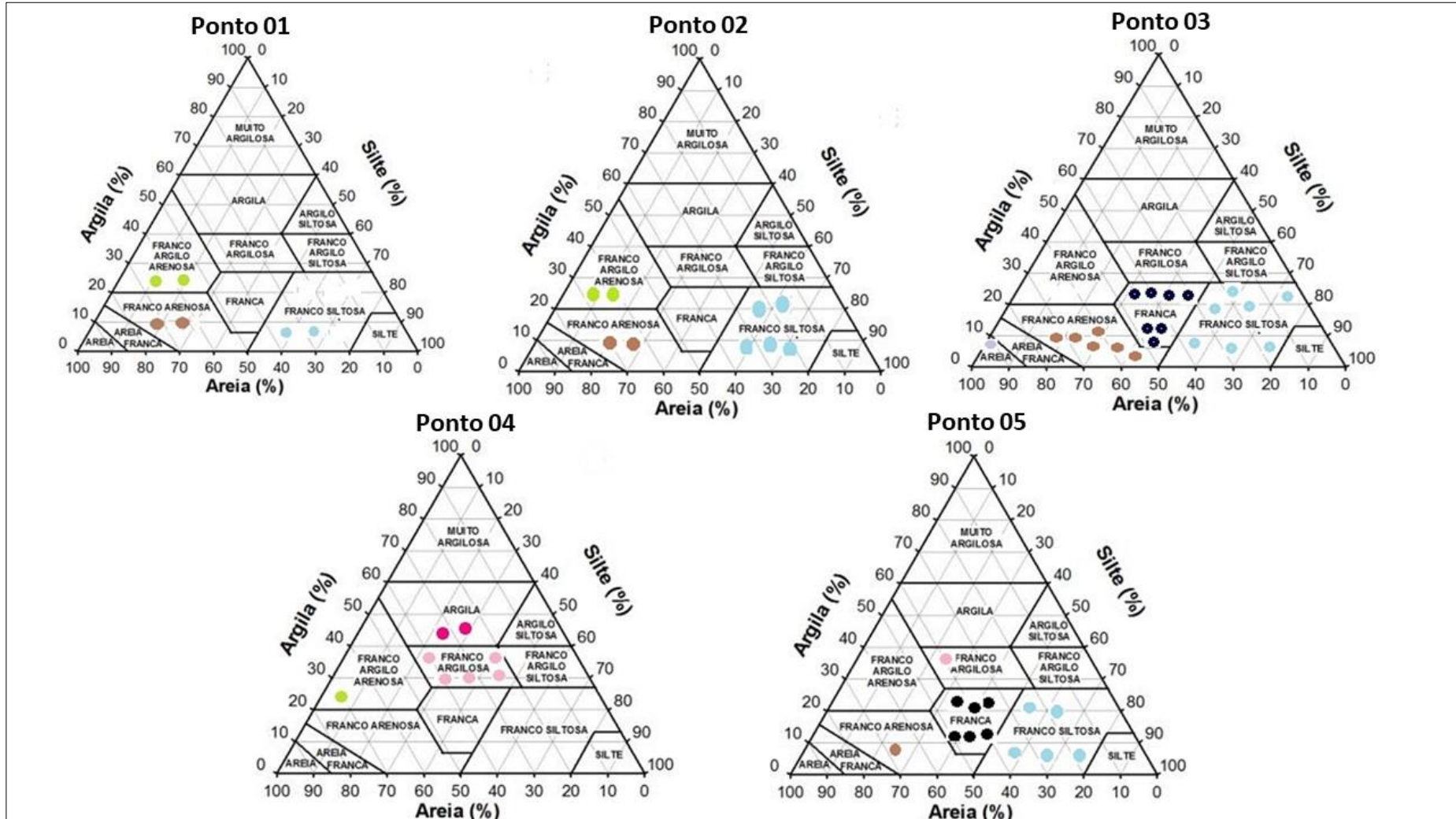
Tabela 2 - Continuação.

Local de Coleta	Nº da amostra	Argila (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Textura da Amostra
Garimpo de Caxias- Ponto 4 (Próximo às casas da comunidade, à montante do lago principal)	10 cm	25,67	50	24,33	Franco argilo arenosa
	30cm	36,52	31	32,48	Franco argilosa
	50cm	32,58	36	31,42	Franco argilosa
	70cm	28,55	35,4	36,05	Franco argilosa
	90cm	40,25	38,8	20,95	Argila
	1,10 cm	44,5	31,1	24,4	Argila
	1,30 cm	40,3	29,5	30,2	Franco argilosa
	1,50 cm	37,39	30,3	32,31	Franco argilosa

Local de Coleta	Nº da amostra	Argila (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Textura da Amostra
Garimpo de Caxias- Ponto 5 (Lado esquerdo do lago 01)	10 cm	16,91	64,65	18,44	Franco arenosa
	30cm	19,71	50,65	29,61	Franca
	50cm	21,15	46,25	32,6	Franca
	70cm	20,31	28,25	51,44	Franco siltosa
	90cm	17,87	27,95	54,18	Franco siltosa
	1,10 cm	19,84	25,55	54,61	Franco siltosa
	1,30 cm	25,3	38,05	36,65	Franca
	1,50 cm	16,43	39,85	43,72	Franco siltosa
	1,70 cm	20,55	39,7	39,75	Franca
	1,90cm	18,48	4,25	77,27	Franco siltosa
	2,10cm	24,25	51,55	24,20	Franca
	2,30cm	35,89	40,05	24,06	Franco argilosa
	2,50cm	28,83	45,00	26,17	Franca

Fonte: Própria pesquisa, 2016

Figura 15 - Diagrama textural das amostras de solos



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Ao analisar a Tabela 2 e o triângulo textural (Figura 15) das características físicas do solo do **ponto 01**, percebe-se a grande concentração das texturas Franco-Arenosa, Franco-Argilo Arenosa, o que implica dizer solos mais friáveis, maior macroporosidade, mais permeáveis e que em concordância com Macedo (2014) se apresentam como solos leves, já que o mesmo autor fala que estes solos estão inseridos no grupo que abrange tal característica, como os da classe de Areia, Areia Franca e Franco Arenoso. No que tange a sua ocorrência estes são encontrados principalmente em solos dos tipos, Argissolos, Latossolos, Planossolos, Neossolos (Quartzarênicos, Regolíticos e Litolíticos) e Cambissolos.

Já os percentuais de areia total chega a 81,22 % na amostra 30 cm com textura franco arenosa, silte 76,84% na amostra 90 cm com textura franco siltoso, argila 25,87 % na profundidade 10 cm com textura franco argilo arenosa.

Os percentuais granulométricos no **ponto 02** obtidos são de 26,29 % argila, 61,07 % de areia , 68,52 % de silte indicam textura franco siltosa.

As características granulométricas no **ponto 03** revelam que os percentuais granulométrico são de 17,56 % argila, 48,07 % de areia, 83,52 % de silte indicam textura franca à franco siltosa.

Os percentuais granulométricos no **ponto 04** obtidos são de 44,5 % argila, 50 % de areia, 36,05 % de silte indicam textura franco argilosa.

As características granulométricas no **ponto 05** revelam os percentuais granulométrico são de 35,89% argila, 64,65% de areia, 77,27% de silte indicam textura franco siltosa.

De um modo geral verificou-se variação na distribuição de partículas por tamanho de amostras nos solos classificados , porém são predominantes na composição das classes texturais as partículas franco arenoso e franco siltoso. Devido à sua baixa pegajosidade e plasticidade, estes solos com maiores quantidades de silte e areia fina são altamente suscetíveis à erosão eólica e hídrica. Solos siltosos são facilmente carregados por fluxos de água, por “escoamento superficial”, menor porosidade além de apresentarem baixa matéria orgânica. Somente no ponto 4, houve um maior destaque de fração de argila, o que resulta num solo mais resistente a erosão.

#### d) Teste de infiltração *in situ*

Guerra e Botelho (1996) afirmam que certas formas de manejo do solo afetam seus atributos naturais ora de forma negativa, ora de forma positiva. Guerra (2007) enfatiza em seus estudos que a vegetação é um fator muito importante para manutenção do solo e consequentemente influencia de forma direta na infiltração de água.

A infiltração consiste na determinação da quantidade e velocidade de entrada de água no solo. Em outras palavras, mede a capacidade do solo de absorver e reter água. É o processo de movimentação da água, da superfície do solo para o seu interior. A relação entre a lâmina d'água que se infiltra e o tempo gasto, é denominada velocidade de infiltração (VI). (IBGE, 2015, p.174).

Silva (2012, p. 655), em seu estudo, onde a área ocupada por mata preservada verificou uma taxa de infiltração satisfatória para as condições naturais que se apresentaram no estudo de caso. A área apresenta uma boa quantidade de serrapilheira, o que contribui para uma maior retenção de água pelo solo e menor fluxo superficial de água, evitando a erosão. “A presença da vegetação aumenta a permeabilidade porque o húmus da decomposição das folhas funciona como material aglutinante” (BRANCO, p.31, 1993).

Os solos em questão na área de pesquisa são Plintossolos, que possuem características da classe sendo ácidos, fração baixa de argila, solo empobrecido de nutrientes naturais e ainda cascalhento.

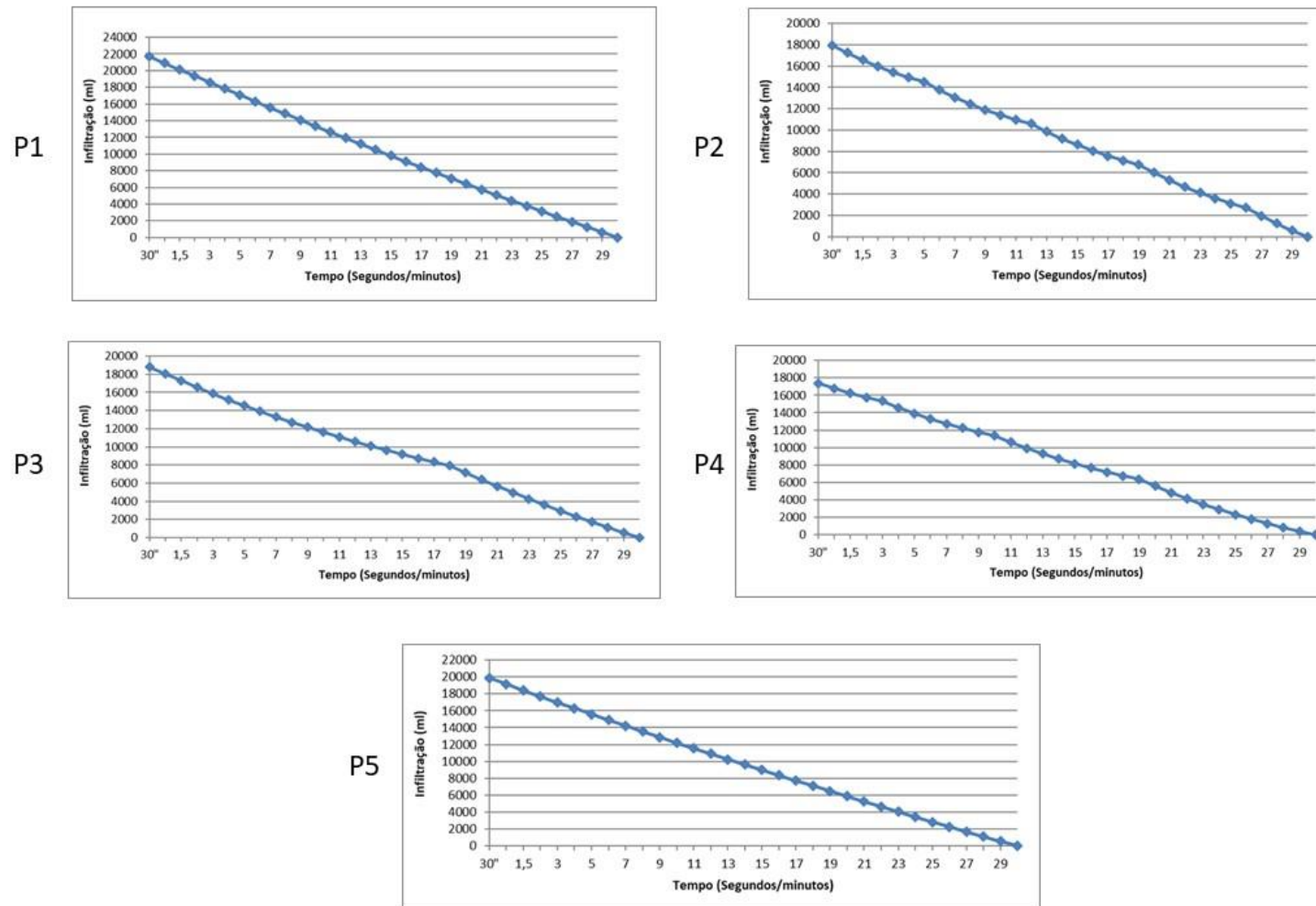
Os solos são classificados em quatro grupos hidrológicos de acordo com suas características hidrológicas:

Grupos Hidrológicos: A, B, C e D. O Grupo Hidrológico D, possui tipos de solos como: neossolo litólico; gleissolo, plitossolo, organossolo; chernossolo; planossolo; vertissolo; alissolo; luvisso; solos de mangue; afloramento de rocha; cambissolos; argissolo vermelho amarelo e argissolo amarelo, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta. Em especial este grupo possui características: Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância à erosão; Solos orgânicos, Solos rasos, associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade; Tipos de solos (SARTORI, 2005).

Diante dos experimentos no entorno da área de mineração, os níveis de melhor absorção de água são vistos no ponto 1 (área de solo exposto mais recuada das cavas de mineração) e no ponto 5, os dois pontos com uma velocidade de infiltração moderadamente rápida. Os pontos 3, 2 e 4, neste seguimento, apresentaram baixa taxa de infiltração com relação aos pontos 1 e 5. O ponto 4 possui característica de solo que oferece pouquíssima resistência e tolerância à erosão; aliada ainda a argila de alta atividade (Gráfico 1).

A infiltração é um processo que depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores, dentre os quais destacam-se no garimpo de Caxias, a compactação e o encrostamento do solo sobre a superfície produz uma camada compactada que reduz a capacidade de infiltração do solo. Esta atividade humana têm exercido forte influência sobre o solo ao longo dos anos de atividade intensa.

Gráfico 1 - Infiltração da água no solo – Pontos coletados de 1 a 5



Fonte: Própria pesquisa, 2017

#### 5.4 Teor de mercúrio total dos corpos líquidos *in situ*

Para fim de identificar os níveis de mercúrio nos corpos líquidos da área de estudo, foram realizadas coletas de águas em pontos específicos em 03 campanhas de trabalho de campo, tal etapa foi tratada nos ítems de procedimento de campo deste estudo. A primeira campanha não conseguiu identificar a concentração de mercúrio na água. Já a segunda campanha que será demonstrado nos quadros 4 e 5, identificou-se os níveis de *Hg*.

A coleta de amostra de água superficial dos lagos minerados e água do poço para fim de análise físico-química, contabilizaram um total de **05 amostras** coletadas. Mediante a análise laboratorial, foram comprovadas nas amostras de água dos lagos a presença de mercúrio com um **teor variando em alguns pontos acima de 0,2mg/l (0,2 ppm=200ppb)**, indicando um valor acima do permitido conforme Resolução CONAMA 357/05, que trata de níveis máximos da qualidade das águas superficiais, *águas doces – classe 2*, classe em que se encontram os corpos de água da pesquisa. A resolução estabelece um valor máximo permitido para os corpos de água Classe 2 de  $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Foram coletados 03 grupos, sendo 05 amostras de água, ficando dividido da seguinte forma:

Quadro 4 - Concentração de mercúrio dos corpos líquidos do Garimpo de Caxias – MA- Coleta de água - Campanha de campo julho 2016

Grupo de amostras	Coleta	Limite de detecção	Concentração de <i>Hg</i> (mg/l)
Grupo 01	Coleta 1A -Lago principal- margem direita	>LD	0,2092
	Coleta 1B- Lago principal –margem esquerda	<LD	0,016
Grupo 02	Coleta 2A- Lago 02- margem esquerda	>LD	0,232
	Coleta 2B- Lago 02- margem direita próximo a lavagem de tapetes e caixa d'água	>LD	0,267
Grupo 03	Coleta 1A- Água corrente da comunidade- casa em frente aos barrancos	<LD	0,00258

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

>LD: Indica maior que o limite de detecção do método (0,2 mg/l) <LD: Indica menor que o limite de detecção do método

Na campanha de campo realizada para novas coletas de amostras de água dos corpos líquidos, em julho de 2016, e com base nas análises laboratoriais realizadas, observou-se concentrações de mercúrio e que estas variavam entre os pontos. A menor concentração encontrada nesta campanha ocorreu no grupo 01- Coleta 1B e grupo 3 - 1A, e a maior concentração ocorreu no Grupo 2 - Coleta 2B, limite este que ultrapassa o permitido pela Resolução.

Quadro 5- Concentração de mercúrio dos corpos líquidos do Garimpo de Caxias – Coleta de água- Campanha de campo novembro de 2016

Grupo de amostras	Coleta	Limite de detecção	Concentração de Hg (mg/L)
<b>Ponto 01</b>	Coleta 1A -Lago 1 principal- margem esquerda	>LD	<b>0,041955</b>
<b>Ponto 02</b>	Coleta 2A- Lago 1 principal- margem direita	>LD	<b>0,022699</b>
<b>Ponto 03</b>	Coleta 3- Represa margem esquerda	>LD	<b>0,034063</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2017

Neste grupo de amostragem, os pontos 01 e 03 ultrapassaram os limites de teor de mercúrio permitidos pela Resolução CONAMA. Somente o ponto 02 encontra-se no limite permitido.

De fato, este ponto é utilizado com menos frequência pelos garimpeiros, o que supostamente resultou no limite menor de detecção de mercúrio.

O mercúrio foi utilizado para extração de ouro por gerar amálgama (ouro-mercúrio), uma liga metálica entre o ouro e o mercúrio que serve para capturar o ouro fino misturado ao sedimento de fundo. Posteriormente, para separar o mercúrio do ouro, a ebulição do amálgama era realizada, para que fosse liberado o mercúrio na fase vapor. Esse procedimento foi realizado a céu aberto em grande escala entre as décadas de 70 e 90 liberando cerca de 100 toneladas de Hg no ambiente (LACERDA; MALM 2008, p. 176).

Cabe ressaltar que o uso do mercúrio no garimpo de Caxias é intenso, porém em baixa quantidade, comparando-se aos garimpos que extraem o minério de forma mecanizada. Mas isto não minimiza os impactos deixados nos corpos líquidos do garimpo e os riscos na saúde de todos que convivem na área.

### **5.5 Perfil socioeconômico dos garimpeiros**

Neste item será evidenciado a questão social que permeia a localidade do garimpo. Serão abordados as relações sociais, econômicas e de trabalho dos garimpeiros, bem como a percepção ambiental destes atores sociais com a área em que residem e trabalham.

Durante a pesquisa, teve-se um fácil acesso em relação à entrada na área, desde os primeiros contatos com a comunidade e garimpeiros que trabalham na área de extração. Porém, na etapa de entrevista, os garimpeiros ficaram receosos em contribuir com as informações, pois sentiam-se inseguros e com receio de responder aos questionamentos da pesquisa. Tal receio pelo fato de sofrerem possivelmente intervenções de órgãos fiscalizadores. Mesmo com a dificuldade, conseguiu-se atingir o objetivo aplicando questionários com os trabalhadores que estavam no local, lideranças comunitárias e o presidente da Cooperativa de Garimpeiros com sede no Município de Luís Domingues.

Assim, as entrevistas semi-estruturadas foram importantes para o conhecimento do modo de trabalho, produção e demais fatores humanos que se apresentaram no decorrer das entrevistas.

O garimpo do Caxias se difere totalmente dos moldes da mineração industrial, a primeira delas é que sempre atuou na informalidade e nos níveis inferiores do que preconiza a legislação minerária e ambiental, ou seja no âmbito ilegal da economia. A pequena mineração do Caxias funciona com métodos e tecnologias simples, com pouca ou nenhuma estrutura organizacional, operacional e limitada transparência nos resultados de produção, não sendo divulgado de forma compartilhada entre os garimpeiros e donos dos maquinários.

Ou seja, a atividade de garimpagem na área de estudo é desenvolvida com baixa densidade técnica, denominada por Parahyba (2009) como *mineração de subsistência*, dado o elevado emprego de mão-de-obra, em detrimento do baixo capital investido, onde a exploração do ouro se dá manualmente, aplicação direta do minério *in natura* nas atividades antrópicas e ocorrência mais comum na natureza e dispersa espacialmente, além do alto grau de informalidade da atividade, neste caso, sem licenciamento minerário e ambiental.



Mesmo que o garimpo tenha aparentemente essa forma “livre de trabalho” não há naquele espaço notícias de confrontos, embates, disputa de recurso mineral, causando assim o efeito pacífico e totalmente dentro da normalidade de uma comunidade.

A pequena comunidade do garimpo do Caxias, está instalada em uma propriedade que inicialmente, aos primeiros anos de exploração era particular, com o passar dos anos a família foi se desfazendo do patrimônio e vendendo alguns terrenos, onde atualmente se encontra a comunidade do garimpo. A comunidade do garimpo de Caxias reside aproximadamente (400 metros) próximo portanto, da área de extração. Podemos observar na página seguinte, a proximidade da área de habitação com a área de extração, mediante imagens das fotos 15 e 16.

A comunidade, possui 21 casas e uma escola de Ensino Fundamental que é de responsabilidade da Prefeitura de Luís Domingues. O acesso à comunidade do garimpo é servida por acesso da rodovia - MA 301 entrando em estrada vicinal de chão batido. Os moradores da área do garimpo utilizam uma pequena área de entorno para o plantio de alimentos que servem de sustento para a população da comunidade. São desenvolvidas culturas de subsistência e criação de animais para tração e suprimento alimentar, não constituindo atividade economicamente expressiva.

Na localidade em estudo, é possível identificar, aproximadamente, 40 pessoas trabalhando na atividade de extração do ouro, nos diversos barrancos distribuídas na área. Estes trabalhadores não possuem nenhum vínculo empregatício, sendo estes autônomos, o que ocasiona uma situação de instabilidade diante de um possível dano e/ou agravo à saúde dos mesmos, principalmente considerando-se que a atividade que desenvolvem pode ser considerada de alto risco.

A situação de insalubridade a que estão expostos os trabalhadores também ficou evidente durante a pesquisa, uma vez que identificou-se que 100% deles não usam nenhum equipamento de proteção individual - EPI, apesar de todos os trabalhadores acharem a mineração uma atividade desgastante e perigosa.

Foto 15 - Vista parcial da comunidade do garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Foto 16 - Vista aérea da comunidade do garimpo



Fonte: Própria pesquisa, 2015

- *Garimpo de barrancos*

Este, representa uma outra modalidade de garimpo muito comum nos garimpos clandestinos da região, são depósitos compostos de solos em avançado estágio de evolução, com presença de argila e uma crosta laterítica, normalmente acompanhada de vegetação densa. Este solo pode ocorrer em locais de topografia mais suave. Quando essa crosta apresentava fragmentos ou veios de quartzo indicava a presença provável de ouro. Além da identificação do possível local do minério através das máquinas de detecção de ouro, comumente chamadas na região de máquinas “piu-piu”.

O desmorte desse solo é exclusivamente hidráulico, a necessidade de trabalhar com água obriga os garimpeiros a captarem águas dos lagos, formados por antigos barrancos e estes são transportados por um sistema de canos que bombeiam esta água para as partes mais secas, possibilitando o desmoronamento de encostas e novas escavações (Foto 17).

Foto 17 - Atividade de desmorte de encosta do barranco.



Fonte: Própria pesquisa, 2015

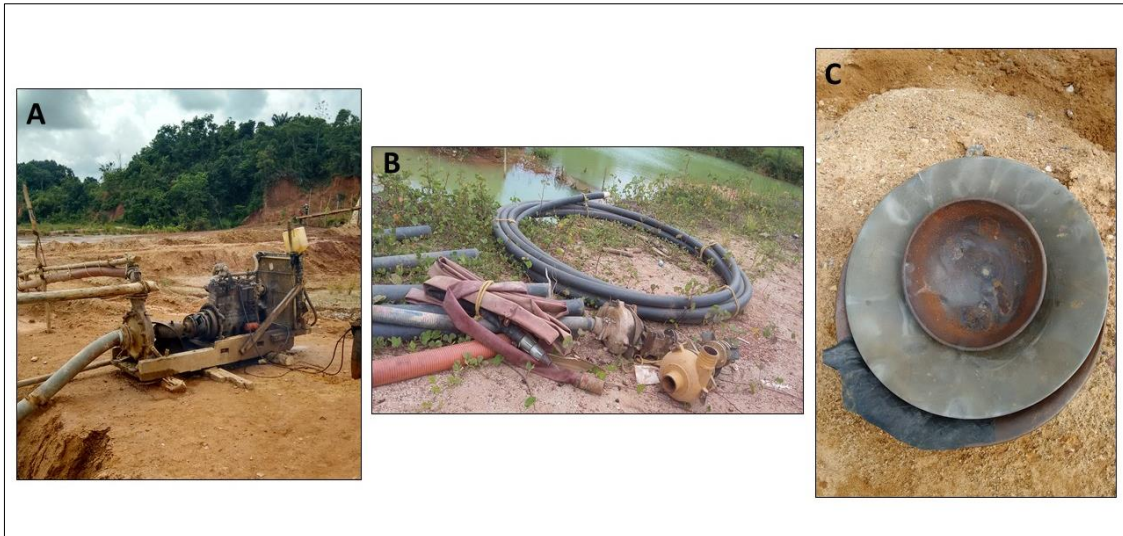
Os equipamentos em geral da garimpagem manual do Caxias é a seguinte:

- Motor a diesel (caminhão ou ônibus);
- Jogo de mangueiras;
- Bateia para apuração do ouro.

A seqüência básica da extração é a seguinte:

- Inicialmente é feita a limpeza do terreno com o desmatamento da área, no caso de haver vegetação;
- Depois, providencia-se o desmorte hidráulico por intermédio de jatos d'água impulsionados por motores a diesel acoplados em uma caixa de madeira e posicionado em local estratégico próximo aos lagos (Foto 18) bem como às vezes utilizavam-se tratores nesta etapa, dependendo da condição e interesse do dono do barranco.

Foto 18 - Equipamentos utilizados para mineração nos barrancos. (A) Motor diesel. (B) Mangotes / mangueiras.(C) bateia



Fonte: Própria pesquisa, 2016

- Em seguida, com o barranco e cascalho exposto, efetuava-se a sua desagregação hidráulica. Os garimpeiros também utilizam equipamentos manuais (enxadas, picaretas) para subsidiar na desagregação hidráulica do minério.
- Depois que o cascalho era retirado e desagregado, ele era aspirado pela força da bomba hidráulica impulsionada por um motor a diesel, para, em seguida, ser transportado através de mangueiras até uma caixa de sedimentos, conhecida e denominada pelos garimpeiros de como “*cobra fumando*” (Foto 19). Tal equipamento é extremamente rudimentar e feito com tábuas e assoalhado com um “carpete” grosso para deter os sedimentos e partículas de ouro. Esta caixa de madeira possuía um volume aproximado de 2,5m<sup>3</sup> e recebe cascalho e demais sedimentos. A presença da água provoca uma turbulência responsável pela primeira classificação e retenção do minério, fazendo uma espécie de separação dos sedimentos mais grossos e finos na caixa.

Foto 19 - garimpeiros trabalhando na caixa de sedimentos



Fonte: Própria pesquisa, 2016

- Em seguida a parte mais leve do cascalho descia por uma espécie de calha ou bica, que consiste em um equipamento classificador de sedimentos de acordo com a sua granulometria, composto por grelhas transversais à corrida da polpamineralizada. O cascalho e o ouro fino misturado com os sedimentos ficavam retidos numa espécie de peneiras e nos tapetes grossos que ficam espalhados nas paletas, este tapete depois de retirado da caixa é levado até uma caixa d'água de polietileno de 500 L para lavagem. As peneiras mais finas possuem dimensões aproximadas da granulometria da areia grossa (Foto 20).

Foto 20 - Lavagem de tapete que serve de instrumento para retenção de sedimentos e ouro



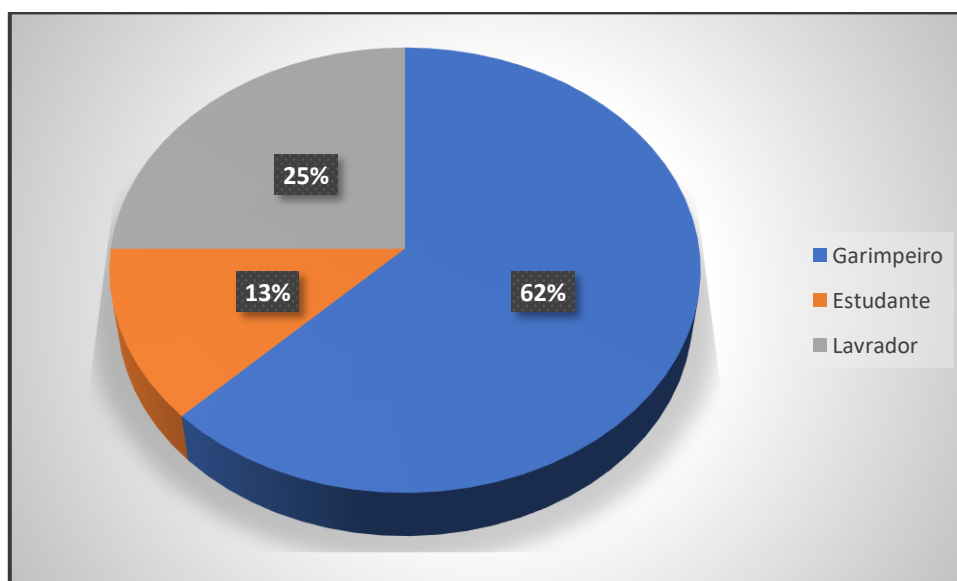
Fonte: Própria pesquisa, 2016

A etapa de conclusão das atividades da prática artesanal pelos garimpeiros, implica na utilização do mercúrio na sua forma líquida para a separação do ouro dos sedimentos e processo de apuração do mineral. Dos garimpeiros entrevistados, todos responderam de forma categórica que utilizam o elemento, tal uso dá-se uma vez por semana, com a abertura da caixa de sedimentos - “cobra fumando”. Desta forma, a caixa é geralmente aberta aos sábados e com o uso do mercúrio as partículas de ouro são aprisionadas. Cabe ressaltar ainda, que cada barranco possui suas máquinas com motores onde ocorre todos os procedimentos de garimpagem.

Ressalta-se ainda a questão de denominação, o trabalhador que atua nessa atividade chama-se garimpeiro. É ele o responsável por procurar e retirar da natureza o mineral o ouro. Assim, no que se refere à informação sobre profissão, 62% afirmaram que são garimpeiros (Gráfico 2) os demais denominaram-se agricultores e estudantes, porém, exercem atividades no garimpo.

Segundo a fala de trabalhador, que respondeu ao nosso questionário, afirmou que se considera primeiramente agricultor, pois foi a primeira atividade de trabalho que fez parte de sua vida e atualmente trabalha na garimpagem porque está sem opção de atividade, e assim aproveita o recurso e facilidade na região.

Gráfico 2 - Quanto à profissão dos trabalhadores entrevistados no garimpo



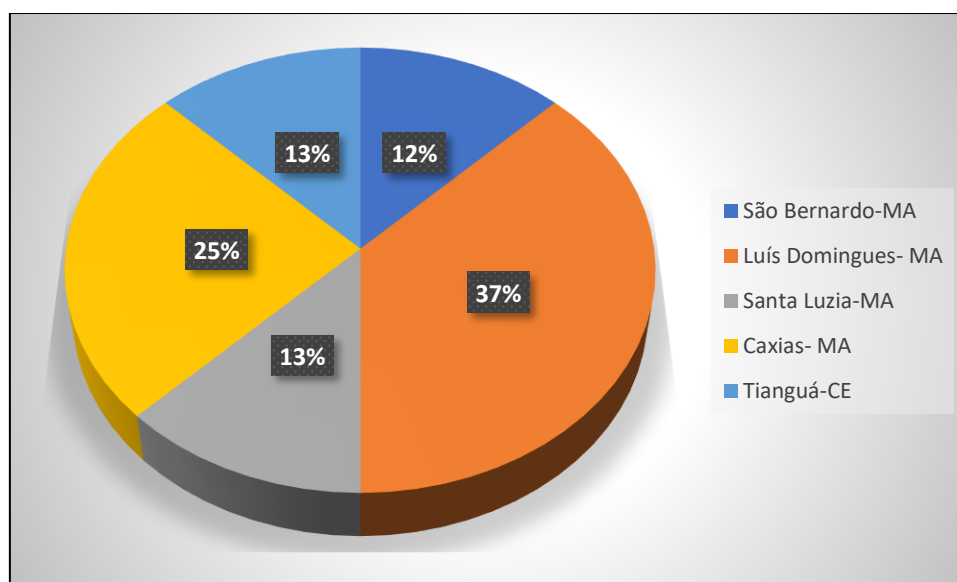
Fonte: Própria pesquisa, 2017

Com relação aos procedimentos de operação do garimpo, um dado relevante nas atividades, é que não têm a prática de uso de explosivos para perfurações no solo, a técnica

para escavação ainda é manual, apenas usada com picaretas e bombas de sucção para desmoronamento dos barrancos.

As informações relacionadas à origem dos trabalhadores do garimpo (Gráfico 3), demonstram que a maior parte dos entrevistados são procedentes do município de Luís Domingues, representando 37% e do próprio garimpo, 25%. Encontrando-se os demais oriundos de outros municípios do Estado do Maranhão e do Estado do Ceará.

Gráfico 3 - Local de Nascimento



Fonte: Própria pesquisa, 2017

No garimpo de Caxias, mesmo tendo uma formato manual e rudimentar, o garimpeiro, para realizar o trabalho, necessita utilizar metais pesados, neste caso, mercúrio e não utiliza nenhum equipamento de proteção individual para manejo com tal elemento.

Com relação a quantidade de mercúrio utilizado por barranco semanalmente, 75% dos garimpeiros responderam que utilizam 50 gramas do elemento, as demais porcentagens registraram uma quantidade menor quanto ao uso do elemento, entre 20 e 30 gramas.

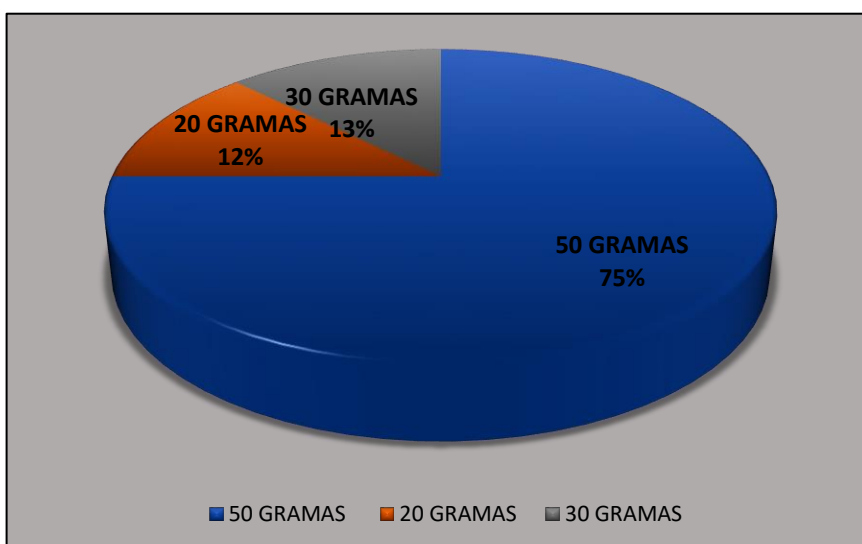
Estudos apontam que os fatores de emissão do garimpo, a quantidade de mercúrio liberada para o meio ambiente para a produção de 1.0 kg de ouro, são variáveis e dependem das condições de operação e das concentrações de ouro no minério. Os primeiros fatores de emissão relatados para os garimpos de ouro na Amazônia, variavam de 2.0 a 4.0 kg Hg por 1.0 kg Au produzido (LACERDA, 2008).

Assim todos os garimpeiros responderam de forma categórica o uso contínuo do mercúrio, mesmo em quantidade pequena. O que de fato que é confirmado pelos resultados

das análises das amostras de água retiradas dos lagos, onde detectou-se em determinados pontos teores altos do elemento.

O mercúrio é utilizado principalmente nas caixas de concentração de sedimentos para facilitar a captura do ouro e de forma manual pelos garimpeiros através da utilização nas bateias próximos aos lagos, onde posteriormente é realizado o processo de queima desse elemento para separação final do ouro (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Quantidade de mercúrio utilizado semanalmente



Fonte: Própria pesquisa, 2017.

Do ponto de vista de demanda de trabalho, os garimpeiros relatam que o Município de Luís Domingues não lhes oferece condições, nem mesmo oportunidade de trabalhar em outro ramo, ou até mesmo não são absorvidos pela mineradora que explora o Garimpo do Aurizona, muitos deles pelo fato de não serem mão de obra especializada. Por isso, diante da carência de postos de trabalhos e outras oportunidades, os trabalhadores são obrigados a exercer o ofício de garimpeiro.

A remuneração semanal segundo informado no (Gráfico 5), 50% responderam que tem um ganho de 120 a 130 reais, 25% entre 200 a 250 reais, o que representa uma margem de remuneração recebida ao final do mês, isso dependendo da produção, em média recebem menos de 01 salário mínimo por mês.

Isto se explica pelo fato de quem lucra mais com a atividade extrativa são os donos dos maquinários, uma vez que estes têm o hábito de pagar aos garimpeiros a parte que lhes é cabível dependendo da produção, ou seja, os gramas de ouro garimpados (produção) onde cada garimpeiro fica com 10% dessa produção, que são divididos semanalmente, o restante

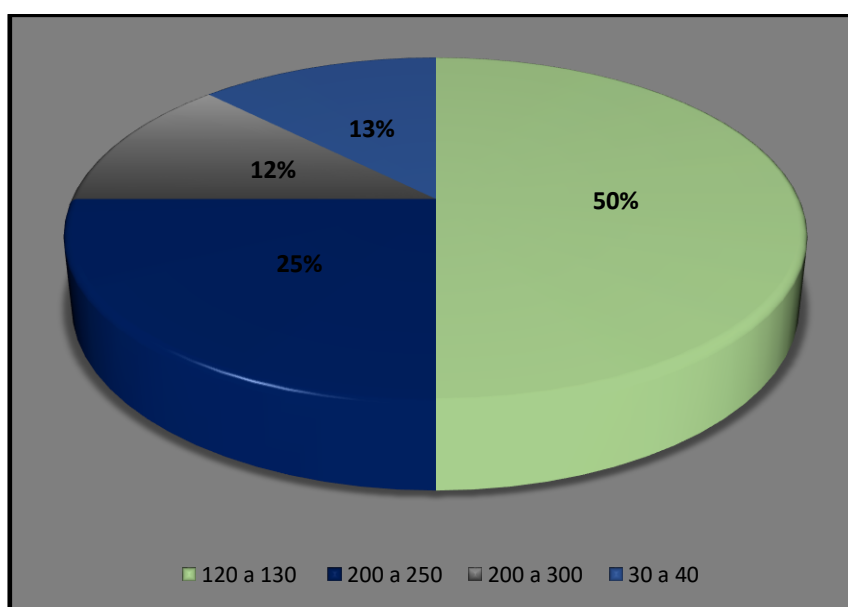


fica com o dono dos barrancos/maquinários. Desta forma, os garimpeiros lucram pouco pela atividade que exercem, ficando apenas o peso do trabalho árduo.

Complementando este gráfico, a liderança comunitária do garimpo denomina-se de fiscal I, aquele que organiza toda a parte de entrada de novos garimpeiros no garimpo e até mesmo intermedia conversas quando aparece novos donos de máquinas com interesse de explorar na área. Em sua fala, o fiscal I afirmou que os donos do maquinário possuem gastos altos como alimentação e despesas diversas pelas quais precisam se responsabilizar. Ocasionalmente por vezes, o lucro abaixo do esperado.

A pesquisa procurou conhecer ainda as questões trabalhistas (enquanto remuneração salarial mensal e/ou quinzenal e se haveria alguma contribuição ao regime previdenciário vigente). Entre outras perguntas abordadas, questionamentos se os garimpeiros fazem parte da cooperativa que atua em Luís Domingues. Onde constatou-se que nenhum dos entrevistados fazem parte da cooperativa de Garimpeiros que atua nas proximidades do garimpo, neste caso a COOPERGAN. Há um desinteresse por parte dos garimpeiros, por falta de esclarecimentos e demais informações que de fato ajudem e esclareçam, os mesmos realizam seus trabalhos de forma independente pelo receio de se comprometerem, alguns relataram que um possível pagamento de taxas poderia comprometer sua vida financeira mais ainda, bem como o fato de trabalharem em um garimpo clandestino, acabam deixando de lado a ideia de associar na cooperativa.

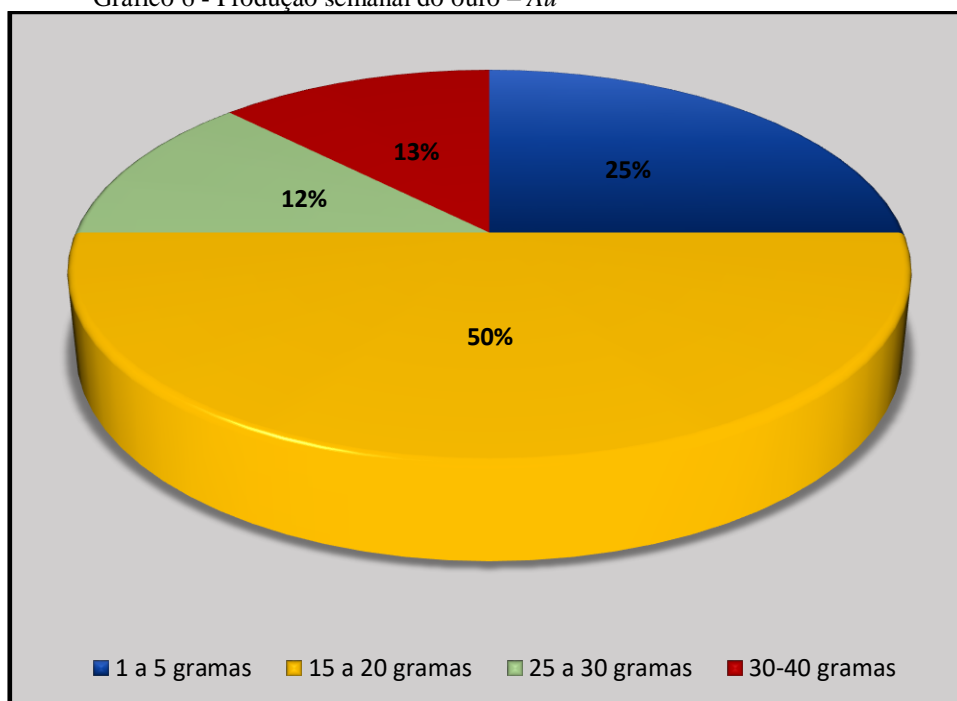
Gráfico 5 - Remuneração semanal dos garimpeiros



Fonte: Própria pesquisa, 2017

O ouro foi o único atrativo responsável pela ida dos garimpeiros para área. No que se refere à produção de ouro semanal no garimpo, este varia entre 01 a 40 gramas conforme o gráfico (Gráfico 6). Esta quantidade se dá pelo fato da garimpagem ser no formato manual, e os moldes de trabalho não são mecanizados nem há o emprego de tecnologia industrial para extração do mineral.

Gráfico 6 - Produção semanal do ouro – Au



Fonte: Própria pesquisa, 2017

Quanto à comercialização do ouro, a maioria da produção é vendida no município de Luís Domingues para compradores que trabalham no ramo de confecção de jóias e para atravessadores que compram para revender em outro estado. O valor do grama do ouro comercializado, uma vez já tratado, no seu estado final para venda, é vendido em média de 90 a 120 reais (Foto 21).

Foto 21 - Pepita de ouro garimpada na área de estudo- estado final de comercialização



Fonte: : Própria pesquisa, 2016

Um fato interessante é que em pesquisas anteriores da autora, mais precisamente no ano de 2004, obteve-se a informação de que o ouro produzido no garimpo de Caxias em sua maioria era comercializado no Estado do Pará. Porém, nos dias atuais, com os resultados dos questionários, indicaram que 85 % da produção são vendidos e comercializados em Luís Domingues, uma vez que já existe comprador na referida cidade e à partir deles o ouro é levado para o Estado do Pará.

O momento de investigação social através dos questionários, abordou ainda sobre a percepção ambiental dos entrevistados, assim, quanto aos principais problemas ambientais que mais incomodam atualmente são os desmatamentos, desmoronamentos, poluição sonora, e principalmente a parte visual do garimpo, ou seja, a mudança da paisagem (Fotos 22 e 23) aliado ainda a situação de pobreza em que se encontram. Os garimpeiros e moradores da comunidade mostraram-se sensíveis à questão ambiental e são conscientes das consequências de toda atividade, percebendo, portanto as alterações negativas no meio ambiente. Mesmo com essa situação, nos anos 2000 moradores costumavam utilizar um dos lagos para fins domésticos, como, lavagem de roupas, pesca e banho, além de usufruírem como forma de lazer.

Porém, notou-se que boa parte da comunidade e garimpeiros não estabelecem uma relação entre sua qualidade de vida e a contaminação por mercúrio; esse fato pode ser explicado pela falta de informação com relação ao problema abordado, o risco é subestimado, sendo importante ressaltar que o processo de percepção do risco é fortemente influenciado por questões culturais e sociais. A comunidade do Caxias necessita primeiramente ter conhecimento do risco a que está exposta para que assim possa aceitá-lo ou mesmo questioná-lo.

Quanto a necessidade do garimpeiro manter sua atividade, em entrevista, responderam que sua motivação vêm da esperança de encontrar o ouro, melhorando assim sua situação financeira, almejando mudança de vida. De acordo com o relato verbal, o garimpeiro emitiu a seguinte opinião:

*“[...] o garimpeiro pode não achar pepita alguma em seu serviço, mas não pode parar de garimpar porque a sua esperança é que mantém ele vivo e enquanto estiver garimpando e tiver oportunidade, vai ter esperança de encontrar a sorte do ouro...”*  
(INFORMAÇÃO VERBAL, 2016)

Nas verbalizações durante entrevista, complementaram que não lhes é ofertado outra forma de subsistência e trabalho disponível na região, enfatizaram sobretudo a luta diária pelo funcionamento do garimpo.

Foto 22 - Lago utilizado pelos moradores do garimpo para uso comum - (2005)



Fonte: GONÇALVES, 2005

Foto 23 - Modificação da paisagem – área minerada próximo ao lago principal



Fonte: Própria pesquisa, 2016

As doenças mais comuns conforme respostas dos participantes, pelas quais são acometidos destacam-se: malária, gripes e resfriados. Informaram ainda, que não souberam de nenhum caso de dengue, zica ou chikungunya nos últimos anos, com destaque para os últimos 03 anos (Gráfico 7).

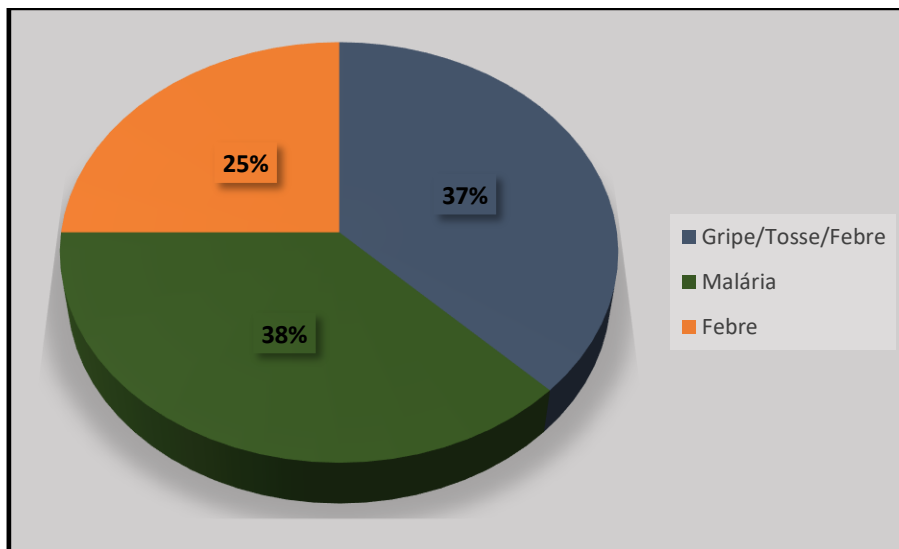
Com relação à saúde, um garimpeiro entrevistado, nascido no ano de 1991, em sua fala declarou:

*“Esse garimpo é abençoado, além de não se ter conflitos, mortes como é comum nos outros garimpos, ainda conseguimos viver com saúde e muitas doenças não chegam aqui”.* (INFORMAÇÃO VERBAL, 2016)

Para melhor investigação sobre a temática saúde, foram realizadas tentativas de contato e pesquisa junto ao hospital regional de Carutapera, para investigar justamente as ocorrências sobre a saúde dos garimpeiros e moradores da comunidade do Caxias, visto que este hospital recebe toda demanda da comunidade. Em uma das idas da pesquisadora até o hospital de Carutapera, foi informado pela Secretária da Administração do Hospital que não seria possível coletar tais dados devido não possuírem um sistema integrado, com informações específicas sobre a saúde de garimpeiros e moradores do Garimpo de Caxias. Na oportunidade, fora explicado ainda que houve um incêndio há alguns anos atrás ocasionando a

perda total de documentos e demais registros, a mesma destacou que seria impossível realizar quaisquer pesquisa desse porte no local.

Gráfico 7 - Doenças acometidas- garimpeiros entrevistados

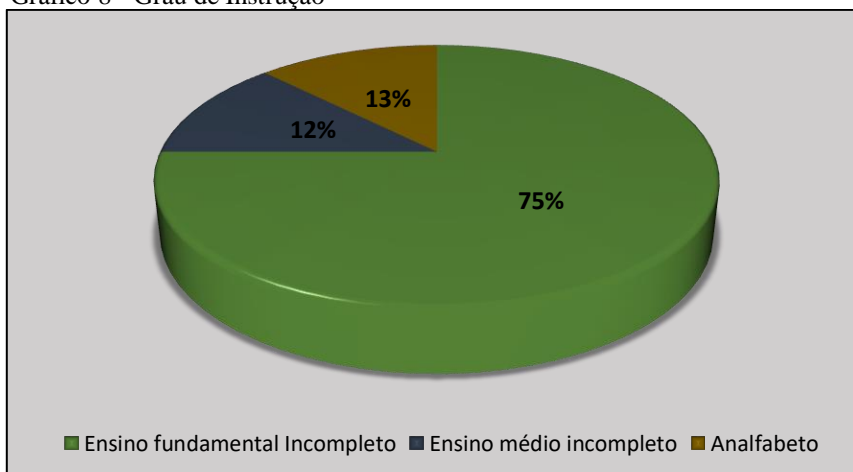


Fonte: Dados da pesquisa, 2017

É válido ressaltar que em contato com os moradores e demais relatos, nunca se soube caso de câncer no local, nem mesmo na comunidade que vive nas imediações da mineração.

No quesito nível de escolaridade, uma característica marcante dos garimpeiros é o fato de que nenhum dos entrevistados concluiu o Ensino Médio, ou seja, 75% responderam terem cursado apenas o Ensino Fundamental Incompleto (Gráfico 8), salientando o baixo grau de escolaridade dos mesmos.

Gráfico 8 - Grau de Instrução



Fonte: Dados da pesquisa, 2017

Com relação a existência de conflitos, 100% responderam negando a existência destes. Porém, lembraram que no passado era muito freqüente a ocorrência de mortes violentas geradas por vários motivos como exemplo: a posse de barrancos, maquinários, disputas de mulheres, roubos, dentre outros.

Uma observação feita durante a pesquisa com relação ao clima pacífico na comunidade pode ser relacionado à tendência de muitas famílias e garimpeiros pertencentes à comunidade, seguirem uma religião evangélica, inclusive existe no local a igreja Assembleia de Deus, onde são totalmente articulados com a igreja evangélica de Luís Domingues - MA.

No que diz respeito ao tempo de residência na comunidade do garimpo, a maioria das famílias residem de três a doze anos na área, 58% dos moradores residem em casas próprias, algumas de alvenaria e de taipa, que segundo Gonçalves (2004, p.25) é uma “parede feita de cal ou areia com enxaimel (técnica de construção de paredes montadas com hastes de madeira encaixadas entre si em posições horizontais) e ripas de madeira”.

Com relação à situação educacional das crianças da comunidade, menos de dez crianças com idade escolar do maternal e infantil, estudam na escola da comunidade do garimpo (Foto 24) a qual oferece uma estrutura extremamente precária, sendo observado no máximo uma sala e um banheiro, ambiente que contraria a garantia dos direitos à uma educação de qualidade, conforme preconiza o Art. 205 da Constituição Federal. Os demais alunos estudam no município de Luís Domingues, sendo o transporte feito por um ônibus coletivo, cedido e de responsabilidade da Prefeitura de Luís Domingues.

Foto 24 - Escola da comunidade



Fonte: Própria pesquisa, 2016.

Outra situação identificada como precária, refere-se a inexistência de posto médico para atendimento básico na comunidade do garimpo, equipamento este, de grande necessidade, sendo que este assunto fora exposto muitas vezes durante as entrevistas. Os moradores relatam que ao serem acometidos de alguma doença ou algum inconveniente de saúde, deslocam-se para o Hospital Municipal de Luís Domingues, e que muitos casos não resolvidos em Luís Domingues são encaminhados diretamente para o hospital Regional de Carutapera. O líder da comunidade em uma de suas contribuições na entrevista, destacou:

*“Aqui no Caxias, o que mais a comunidade pede é um posto de saúde com atendimento básico, pois somos carentes desse tipo de atendimento, e precisamos. Se acontecer algo, até que se chegue em Luís Domingues ou Godofredo Viana pode ser tarde demais”.*  
(INFORMAÇÃO VERBAL, 2016)

Alguns atendimentos são realizados esporadicamente pela Secretaria de Saúde de Luís Domingues na comunidade de Caxias, como exemplo, atendimentos do Programa Saúde da Família e realização de campanhas de vacinação, apenas. Nesse sentido, a comunidade têm se colocado nos anseios dessas questões uma vez que o poder público, no que concerne aos gestores do Município, necessitam de um olhar preciso e eficaz para o atendimento das demandas dos moradores e garimpeiros da comunidade.

## **5.6 Reflexos socioambientais do Garimpo de Caxias**

Foram levantados os diversos aspectos e impactos ambientais no garimpo de Caxias, os quais podem servir de base para uma avaliação ambiental da área. A seguir, serão demonstrados os impactos ambientais gerados durante o processo de exploração mineral.

- **Degradação da Paisagem:** O principal e mais característico impacto causado pela atividade minerária é o que se refere à degradação visual da paisagem e dos solos. Não se pode, porém, aceitar que tais mudanças e prejuízos sejam impostos à comunidade, da mesma forma que não se pode impedir a atuação da mineração, uma vez que ela é exigida por essa mesma comunidade como forma de opção de trabalho e sobrevivência.

Na página seguinte, as fotos 25 e 26 revelam um ambiente visivelmente degradado, causado pelo efeito da atividade de mineração.



Foto 25 - Formação de crateras do solo no garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Foto 26 - Desmoronamento de barrancos área de mineração do garimpo



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Para identificar e avaliar as alterações do garimpo de Caxias, foi utilizado os dados de observação *in loco* obtidos durante visita ao campo na área rural a 8km do Município de Luís Domingues. Segundo a Norma Brasileira de Regulamentação – NBR/ISO 14001 (ABNT, 1996), o aspecto ambiental pode ser definido como “elemento das atividades, produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” e impacto

ambiental como “qualquer modificação/alteração do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”

No que concerne à origem de toda alteração ocorrida na área de estudo, informa-se que estes podem estar diretamente relacionados com as fases da extração do minério, bem como do beneficiamento deste com o uso do mercúrio sendo uma das etapas finais. Desse modo, com o uso do método de listagem *Check List*, sendo este baseado no trabalho desenvolvido por Bacci *et al.* (2006), com adaptações para a realidade em foco. Assim sendo, o quadro 6 demonstra os aspectos e impactos locais identificados nas diversas etapas das atividades de extração do ouro.

Quadro 6 - Aspectos e impactos ambientais

ATIVIDADES	ASPECTOS	IMPACTOS
Remoção da cobertura superficial, deterioração da cobertura vegetal	Erosão, movimentação de terra e assoreamento de córregos, alteração da paisagem, flora e fauna locais	Esgotamento de recurso natural; Perda da fauna; Modificação e destruição da vegetação nativa; Aumento Progressivo de processo erosivo no solo em virtude da retirada de vegetação.
Abertura de Barranco- Bombeamento de água para derrubada de blocos de solos	Geração de poeira e ruído dos motores dos barrancos; Riscos de acidentes; Vibração dos equipamentos;	Poluição sonora; e desconforto aos trabalhadores, riscos de doenças pulmonares e desconforto aos trabalhadores; condições insalubres de trabalho;
Abertura de novas vias de acesso aos barrancos	Processos erosivos Geração de ruído, poeira e emissão de gases produzidos pelas máquinas; Vazamentos de óleos/combustíveis/graxas das máquinas.	Poluição atmosférica, poluição dos solos, não ocorrência de ultra lançamentos;
Utilização de mercúrio no formato líquido	Parte do mercúrio no manuseio é jogado <i>in natura</i> , Poluição do ar e sonora, intoxicação diária, por esse elemento; Contaminação das águas superficiais dos lagos, represa e solos .	Contaminação por Hg das águas superficiais, solos e sedimentos.

Fonte: BACCI *et. al.*, (2006). Adaptado com os dados da pesquisa de campo, 2016.

Dentre os diversos impactos identificados no acima apresentado, os que mais se destacaram associam-se a abertura de Barranco - bombeamento de água para derrubada de

blocos de solos, pois são os que causam maior impacto ao meio ambiente. O uso de mercúrio e conseqüentemente a contaminação dos corpos líquidos e solos da área.

Afora os impactos evidenciados acima, pode-se ainda, segundo Braga *et al.*, (1996), considerar os seguintes aspectos ambientais: erosão, assoreamento, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, impactos sobre a flora e fauna, instabilidade de taludes e encostas, mobilização de terra, poluição do ar, sonora e visual, ultra lançamento de fragmentos, vibração do terreno e sobrepressão atmosférica.

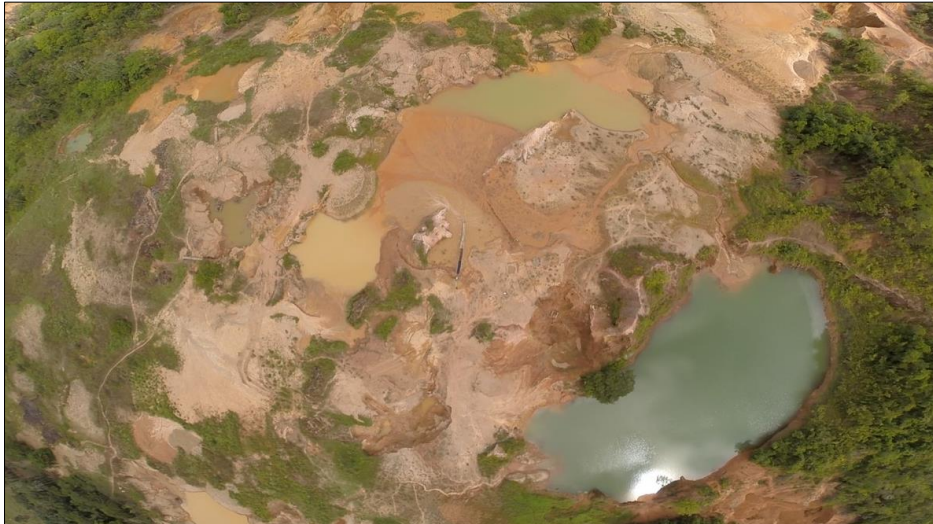
Diante dos problemas relacionados acima e ainda aqueles vistos no quadro acima, conclui-se que a extração mineral realizada no garimpo de Caxias, possibilita reflexos ou problemas socioambientais, a saber:

- **Meio Físico:** O decapeamento da vegetação reduz a biodiversidade; a mineração modifica a paisagem e reduz a disponibilidade de recursos minerais; o desmonte de solo e rochas são feitos com bombas que trazem jatos de água, desmoronando de forma provocada os barrancos, e a grande revirada de terra na área causando uma mudança no ambiente minerado (Foto 27).

Os efeitos no solo podem ser vistos na formação de processos erosivos, tomando por base as considerações de Araújo *et al.*, (2009), a perda dessa camada do solo reduz a fertilidade do solo por que: (a) conforme o solo se torna mais denso e fino, fica menos penetrável às raízes e pode se tornar superficial demais a elas; (b) reduz-se a capacidade de o solo reter água e torná-la disponível às plantas, e (c) os nutrientes para as plantas são levados com as partículas de solo erodidas (ARAÚJO *et al.*, op. cit., p. 24).

Ainda de acordo com o supracitado autor, os riscos de erosão dependem tanto das condições naturais quanto dos modelos de uso da terra, ou seja, qualquer atividade humana que exija a remoção da cobertura vegetal protetora promoverá a erosão da área.

Foto 27- Fragilidade de área com solo exposto no garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2016

Outra ocorrência identificada como agravante para o meio físico, muito comum de ser encontrada na faixa de mineração do garimpo, trata-se da contaminação do solo pelo derrame de óleo combustível, provocada possivelmente pela falta de manutenção adequada dos equipamentos utilizados (Foto 28).

Foto 28 - Derramamento de combustível no solo do garimpo de Caxias



Fonte: Própria pesquisa, 2015

- **Meio Biótico:** Neste meio percebe-se a ausência de animais e aves, pois a presença humana e os ruídos e barulho dos motores nos barrancos condicionam a migração de aves e mamíferos, além do ato de minerar na área causar interferências na morfologia dos vegetais provocando ainda, poluição visual e adequação da qualidade ambiental, fator este que causa incômodo da comunidade que vive nos arredores do garimpo.

Conforme foto abaixo, consegue-se observar que as residências da comunidade estão muito próximo da área de mineração (Fotos 29 e 30).

Foto 29 - Residências localizadas próximas à área minerada



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Foto 30 - Mudança da paisagem com formação de lago em antigo barranco



Fonte: Própria pesquisa, 2015

- **Meio Antrópico:** para o meio antrópico, foram identificados impactos positivos e negativos. Os positivos estão ligados à geração de emprego e renda, o que possibilita uma oportunidade para a sobrevivência de trabalhadores garimpeiros e suas famílias, mesmo que tal atividade realizada no garimpo seja exercida como informal e de forma clandestina. Quanto aos impactos negativos, pôde-se diagnosticar: a) condições insalubres de trabalho (Fotos 31 e 32), uma vez que estão expostos ao sol, a água, poeira e contato sem nenhuma

precaução com o mercúrio; b) o uso de mercúrio na atividade expõe trabalhadores a grandes riscos de saúde; c) Risco de morte por desmoronamento de barrancos.

Foto 31 - Trabalhador em ambiente insalubre instituído pela atividade garimpeira



Fonte: Própria pesquisa, 2015

As condições de trabalho em ambiente insalubre pelos quais os trabalhadores passam diariamente e fazem parte da rotina de trabalho no garimpo, é preocupante. Uma vez que tal ambiente os direciona a caminhos de riscos impostos por tal atividade mineradora, levando-os à implicações negativas na saúde desses garimpeiros.

Foto 32- Garimpeiro e sua condição de trabalho dentro de barranco



Fonte: Própria pesquisa, 2015

Nota-se que os reflexos da degradação ambiental em áreas de garimpo podem ser observados no conjunto da paisagem e em todos os seus elementos como o solo, fauna, flora e na geomorfologia. Assim, as mudanças que ocorrem no meio físico geram grande impacto no ambiente minerado.

Embora conhecendo-se, mesmo que de forma lacônica, os reflexos ou problemas associados às atividades mineradoras que tanto impactam o ambiente com sua forma de extração e o uso do mercúrio sem critérios, conclui-se que, por meio de instrumentos de avaliação de impacto e planejamento ambientais, pode-se adotar medidas que evitem ou atenuem os impactos negativos advindos da mineração, reduzindo assim os danos socioambientais e, conseqüentemente, os custos envolvidos na sua remediação ou correção.

Os impactos ambientais causados pela mineração na área de extração de ouro, implicam, entre outras causas, o desmatamento de áreas verdes, modificação da topografia, contaminação dos corpos líquidos como possivelmente dos garimpeiros.

Por ser uma atividade essencial para os garimpeiros, toda a problemática relacionada a esta atividade merece tratamento especial regulamentando sua forma de ação, vigilância continuada e permanente dessas populações, além de se estabelecer as bases para avaliar a resolutividade das medidas preventivas, corretivas e ou mitigadoras. Nota-se que a área de garimpo sofre diariamente alterações prejudiciais, haja vista que o ato de minerar, tanto no

processo de extração mineral quanto no de deposição de rejeitos, modifica a estrutura do terreno, o que, a priori, indica a impossibilidade de se reverter o quadro. Em todas as etapas da atividade extrativa, a preservação ambiental deveria vir sempre acompanhada do cuidado com o meio, através de medidas preventivas controlando desta forma, alguns impactos possíveis de ocorrer na área minerada, como: planejamento da retenção do material desagregado; do uso de metais pesados, como o mercúrio, um bom padrão de qualidade da água para consumo humano. Uma vez adotadas essas medidas, os impactos seriam minimizados.

A contaminação de recursos naturais da área, como a água e o solo, principalmente, ocasionam impactos sociais e econômicos, limitando a sua utilização. Os problemas de saúde também são passíveis de ocorrer, considerando-se a vulnerabilidade a qual está submetida esta população, o que será melhor explicitado no item que trata da percepção social através das entrevistas aplicadas.

Devido não possuir um sistema de gestão ambiental e nem avaliações de desempenho, no entanto, algumas medidas de avaliação dos impactos foram tomadas, observando-se que os valores de sobrepressão atmosférica atingem cerca de 100 dB, o que gera grande desconforto à população (BACCI; LANDIM, 2001 *apud* BACCI *et. al.*, 2006).

Por fim, e de forma concisa, conclui-se que a mineração é uma atividade econômica imprescindível para a comunidade que vive no entorno dela e moradores de Luís Domingues, todavia seus efeitos e consequências devem ser analisados de forma minuciosa e ressaltando o bem estar socioambiental. Nesta perspectiva, deve-se propor mecanismos práticos que possibilitem a mitigação dos impactos negativos da mineração, visando um desenvolvimento socialmente justo e ambientalmente correto.

Embora a atividade no Garimpo de Caxias seja considerada uma impulsora de impactos negativos, é fato que a pesquisa possibilitou ainda, identificar pontos positivos na área do garimpo, como por exemplo a não utilização de explosivos para a abertura de barrancos têm sido de certa forma um atenuante para as todas as questões que ocorrem na área.

Por ser uma atividade que atinge uma dimensão considerada pequena em metros quadrados, e a forma artesanal de extração do minério, não se vê a prática de pilha de rejeitos, mesmo com o garimpo ativo há décadas, além da não utilização de maquinários como retroescavadeiras e tratores que não são vistos ou circulam no local.



Portanto, fazendo uma comparação com outros garimpos existentes na região, sejam eles espaços de exploração no formato industrial e legalizado, seja ele manual e clandestino como tantos outros que existem naquelas proximidades da área de estudo. O garimpo de Caxias há décadas desenvolve suas atividades praticamente de forma tímida/contida em um único espaço de exploração, não avançando para outras grandes dimensões de terras daquele garimpo.

Desta forma, não há um avanço considerável de aberturas de novos barrancos de exploração mineral. Assim, o Garimpo de Caxias se reserva a tradição da existência de exploração de ouro local e pontual.

## 6 CONCLUSÕES

Entende-se a importância econômica que a atividade de mineração representa para uma região e localidade, incluindo o ponto de vista econômico. Porém, vale ressaltar que o modo como vem sendo desenvolvida a mineração, sobretudo, de subsistência, caracterizada pela ineficiência da fiscalização nos locais que ainda permanecem ativos na busca de minerais preciosos, bem como pelo descaso com o meio ambiente e ausência de proteção do trabalho, especialmente com as pessoas que sobrevivem de tal atividade, envolvendo as condições de insalubridade em que muitos se encontram.

Além disso, destaca-se os impactos ambientais causados pela mineração na área de extração de ouro, que implicam, o desmatamento de áreas verdes, modificação da topografia, contaminação dos corpos líquidos como possivelmente dos garimpeiros. Por ser uma atividade essencial para os garimpeiros, toda a problemática relacionada a esta atividade merece tratamento especial regulamentando sua forma de ação, vigilância continuada e permanente dessas populações, além de se estabelecer bases para avaliar a resolutividade das medidas preventivas, corretivas e ou mitigadoras.

Nota-se que a área de garimpo sofre diariamente alterações prejudiciais, haja vista que o ato de minerar, tanto no processo de extração mineral quanto no de deposição de rejeitos, modifica a estrutura do terreno, o que, a priori, indica a impossibilidade de se reverter o quadro. Em todas as etapas da atividade extrativa, recomenda-se que a preservação ambiental deveria vir sempre acompanhada do cuidado com o meio, através de medidas preventivas controlando desta forma, alguns impactos possíveis de ocorrer na área minerada, como: planejamento da retenção do material desagregado; do uso de metais pesados, como o mercúrio, um bom padrão de qualidade da água para consumo humano. Uma vez adotadas essas medidas, os impactos seriam possivelmente minimizados.

Embora a mineração atue de forma negativa no ambiente, este pode ser reestruturado de forma aceitável, limitando assim o impacto ambiental a um certo período de tempo. É nesse contexto que a palavra reestruturação ambiental se destaca, devendo ser aplicada em áreas degradadas, tendo importância como resposta das ações mitigadoras. O processo de reestruturação ocorre desde o princípio do processo de planejamento, durante a exploração até um período após o término da atividade mineira.

Durante a realização da pesquisa, identificou-se que os garimpeiros e moradores da área têm uma percepção dos principais problemas ambientais ocorridos, dentre eles, os desmatamentos e os desmoronamentos, poluição sonora, e principalmente a questão visual do

garimpo que tanto os desagrada, e ainda a situação de pobreza em que se encontram. Os garimpeiros e moradores da comunidade se mostraram sensíveis à questão ambiental, são conscientes das consequências da atividade e percebem as alterações negativas no meio ambiente. Por outro lado, mantêm o discurso que não tem outra forma de subsistência e trabalho disponível, e lutam pelo funcionamento diário do garimpo.

Por outro viés de análise, observa-se que os moldes de mineração exercidos no garimpo de Caxias de seu início até os dias atuais, são exercidos em seu formato estritamente manual, fato este que possibilita na análise, um atenuante diante de toda a degradação gerada. Uma vez que em décadas de atividade não se vê ao avanço e expansão de áreas em km<sup>2</sup> garimpada, ou seja, sempre estão praticando a extração do mineral nas mesmas áreas, nos barrancos, mesmo que este seja revirado a terra inúmeras vezes. O que se mostra diferente do modelo industrial adotado por empresas multinacionais que estão instaladas na mesma região. Estas, fazem de sua forma de exploração a mais onerosa possível para o meio ambiente e o descuido com significativas comunidades que vivem no entorno. O resultado desse modelo é visto com o desmatamento de área extensas, uso indiscriminado de compostos químicos e exploração total do minério.

Na área de estudo, um fator preocupante refere-se à saúde dos moradores, já que os garimpos executados de forma manual, a céu aberto proporcionam a subsistência dos grupos humanos em condições precárias, em meio a toda sorte de doenças como malária, gripe e principalmente as derivadas do mercúrio.

No que se refere aos aspectos sociais, compete a gestão pública municipal de Luís Domingues, voltar seu olhar para esta comunidade, em decorrência da situação precária e de restrições em que vivem e a forma de trabalho que realizam. A comunidade necessita de intervenções que os beneficiem, dentre muitas demandas para aquela área, a realização de capacitação dos trabalhadores que se encontram naquela localidade, de modo a esclarecer, sobre a importância do uso de equipamentos de proteção individual – EPI's, visto que a atividade que estes exercem se caracteriza como sendo de alto risco e por falta de informação e até de condições impede o uso dos equipamentos; bem como regularização da situação trabalhista dessas pessoas; outrossim, seria oportuno orientar sobre a possibilidade de organização destes em uma cooperativa, como iniciativa de formalizar a atividade mineradora e trazer impactos positivos para a vida das pessoas. Outra intervenção importante, está direcionada para a necessidade de estudos e realização de exames para investigação da saúde dos moradores e garimpeiros da comunidade. A fim de esclarecer a população sobre os riscos

e cuidados com a saúde uma vez que já foram constatados nesta pesquisa o alto teor de mercúrio nos corpos líquidos do garimpo.

É fato que em todas as etapas da atividade extrativa, a preservação ambiental deveria vir sempre acompanhada de cuidado com o meio, através de medidas preventivas controlando desta forma, impactos possíveis de ocorrer na área minerada. Uma vez adotadas essas medidas, seriam minimizados tantas alterações que surgem como consequência desta atividade.

Assim, para a minimização dos impactos socioambientais na área do garimpo, sugere-se as seguintes propostas:

- Plano de fiscalização; Desenvolvimento de estudos ambientais;
- Estudos de investigação para identificar questões de saúde dos moradores e garimpeiros e prestação de assistência médica, mais precisamente, a realização de exames periódicos junto à comunidade do garimpo.
  - Monitoramento das áreas contaminadas por mercúrio e acompanhamento daquelas não contaminadas;
  - Identificação e monitoramento de áreas com processos erosivos, Isolamento de algumas áreas;
  - Aplicação do plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD); Ações de educação e percepção ambiental que visem a sensibilização e participação da comunidade.

Conclui-se que a mineração é uma atividade econômica imprescindível ao desenvolvimento da sociedade, o que não é diferente na área pesquisada. Todavia seus efeitos e consequências devem ser analisados de forma minuciosa e ressaltando o bem estar socioambiental. Nesta perspectiva, deve-se propor mecanismos práticos que possibilitem a mitigação dos impactos negativos da mineração, visando um desenvolvimento socialmente justo e que amenizem as alterações ambientais da área.

Por atuarem na clandestinidade, o risco torna-se maior em todos os aspectos, saúde, segurança, meio ambiente, dentre outros. E por ter esta característica inviabiliza a fiscalização dos órgãos responsáveis, assim como da ausência e/ou inutilização dos EPI's adequados para a proteção destes trabalhadores. O fato de não estarem organizados, em cooperativas, por exemplo, impede que estas pessoas busquem incentivos financeiros para o aprimoramento da atividade exercida. Enfim, a permanência desse modelo e ritmo de exploração, tanto da natureza, como do próprio homem perpetua há mais de um século no garimpo de Caxias, o que inviabiliza o crescimento social da comunidade e de seus trabalhadores onerando o meio ambiente a custos elevados, muitas vezes irreversíveis.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. NBR ISO 14.001.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 32p.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso ABNT NBR ISO 14001: 2015.** APCER. 41p.
- ALBUQUERQUE, Francisco Nataniel Batista de. **Recurso natural, organização espacial e ordenamento territorial: mineração e degradação de terras na depressão interplanáltica semiárida do Alto Coreau (CE).** 2015. 222 f. Tese (Doutorado em Geografia)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas/ Campus de Rio Claro.2015.
- ALEXANDRE, S.C. **Caracterização de área contaminada por mercúrio em descoberto – Minas Gerais.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 53p., 2006.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. (1976) **The Upper Precambrian of South America. Boletim.** Instituto de Geociências US. São Paulo, v. 7, p. 45-80. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/PLGB/pardo/pardo\\_referencias.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/PLGB/pardo/pardo_referencias.pdf)> Acesso em: 20 maio 2016.
- ALMEIDA, J. A.; MAÇANEIRO, K. C.; KLAMT, E. **Mineralogia da fração argila de solos vermelhos com horizontes superficiais brunados do planalto de Lages (SC).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 4, 2000, pp. 815-828
- ANDRADE, Manuel Correia. **Geografia econômica.** Editora Atlas.12 ed. São Paulo, 1998.
- ANDRADE, J.C.S., MARINHO, M.M.O., KIPERSTOK, A. **uma política nacional de meio ambiente focada na produção limpa:** elementos para discussão. Bahia análise & dados. Salvador/BA, 6, vol. 10 n° 04, p. 326-332, março/2001;
- ARAÚJO, G. H. de S., et. al. **Gestão ambiental de áreas degradadas.** 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 320p.
- ARNOLD, R.W. **Conceitos of Soils and Pedology.** In: WILDING, L.P.; SMECK, N.E. & HALL,G.F. Pedogenesis and Soil Taxonomy-I. Concepts and Interactions. Volume 11, Part A, Pages iii-x, 304p.,1983
- ARTAXO, P.; CAMPO, R. C.; FERNANDES, E. T.; MARTINS, J. H. V.; XIAO, Z. **Large scale mercury and trace element measurements in the Amazon basin.** Atmospheric Environment, v. 34, p. 4085-4096, 2000.
- AUGUSTIN, C. H. R. R. Sistemas naturais e sociedade na Geografia Física. *In:* OLIVEIRA, M. P; COELHO, M. C. N; CORRÊA, A. M. (org.). **O Brasil, a América Latina e o Mundo:** espacialidades contemporâneas (I). Rio de Janeiro: Lamparina, 2008, v. 1, p. 373-384.

- AZEVEDO, F.A. **Toxicologia do mercúrio**. São Carlos: RIMA, 292 p., 2003.
- BACCI, D. de L. C., LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. de. **Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana**. REM - Revista Escola de Minas. v. 59, n. 1, p. 47-54, 2006
- BACOCOLI, G., & GAMBOA, L. **A terra em transformação: litosfera o solo e os recursos minerais**. Qualitymark editora, pag. 79. Rio de Janeiro – 1992;
- BALDASSARINI, J. de S. **Contribuição ao estudo da dinâmica de perda de solo por meio de técnicas diretas e indiretas de determinação em propriedades agrícolas de Getulina e Vera Cruz - SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, Unesp, Presidente Prudente– SP, 2016.
- BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade: adequabilidades/potencialidades e limitações frente ao uso e à ocupação**. Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.
- BARRETO, M. L. & DAMASCENO. E. C. **Garimpo de ouro no Brasil: desafios da legalização**. Tese de doutorado da Universidade de São Paulo – USP, sendo BARRETO a autora e DAMASCENO o orientador. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Minas (BT/PMI/119). São Paulo – 2000;
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, n. 13, Instituto de Geografia da USP, 1971, 27p. (Trad. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique, 1968).
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.
- BRAGA T. O. et al. **Auditoria ambiental, uma proposta para empreendimentos mineiros**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Boletim 69, São Paulo, 1996. 18p.
- BRANCO, S. M. **Água, origem, uso e preservação**. 3ª ed. São Paulo: Ed. Moderna, 1993.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, 2005. **Resolução CONAMA 357/05** – Qualidade das águas superficiais.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>.> Acesso em: 20 maio 2016.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas**. (Org.). Coord. Geral Wagner Fernandes Pinheiro,

Oswaldo Barbosa Ferreira Filho, Carlos Augusto Ramos Neves; Equipe Técnica por Marina Marques Dalla Costa... [et. Al.]; – Brasília: DNPM, 2016. 31 p.: il.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico preliminar sobre o mercúrio no Brasil**. Brasília, 2013.106p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, n. 90, 13 maio 2002c. Seção 1, p. 68.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos / Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental. **Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral**. Brasília, DF. 2001. 132p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Código de mineração e legislação correlativa**. Publicação Especial nº 12 Reedição. Brasília. 1978.157p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 1339, de 18 de novembro de 1999**. Considerando o artigo 6º, parágrafo 3º inciso VII da Lei nº 8.080/90, delega ao Sistema Único de Saúde - SUS a revisão periódica da listagem oficial de doenças originadas no processo de trabalho. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 Nov. 1999. Disponível em:  
<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339\\_18\\_11\\_1999.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339_18_11_1999.html)> Acesso em: 20 maio 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Lei nº 2.914, de 14 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Gabinete do Ministro, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em:<  
<[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf)>. Acesso em: 20. dez. 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 1339, de 18 de novembro de 1999**. Considerando o artigo 6º, parágrafo 3º inciso VII da Lei nº 8.080/90, delega ao Sistema Único de Saúde - SUS a revisão periódica da listagem oficial de doenças originadas no processo de trabalho. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 18 Nov. 1999. Disponível em:  
<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339\\_18\\_11\\_1999.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1339_18_11_1999.html)>, Acesso em: 20 maio 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Considerando o respeito pela dignidade humana e pela especial proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos; Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 12 Dez. 2012. Disponível em:  
<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466\\_12\\_12\\_2012.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html)> Acesso em 12.12.2016.

BONUMÁ, N. B. **Avaliação da qualidade da água sob impacto das atividades de implantação de garimpo no município de São Martinho da Serra.** 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BORGES, Celia Alves. **Evolução espacial e alterações ambientais provocadas pelos garimpeiros de ouro em Peixoto Azevedo/Matupá (MT).** 2002. 236 f. Doutorado em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro- Rio de Janeiro-RJ.

CARVALHO, C. E. V.; LACERDA, L. D.; GOMES, M. P. **Heavy metal contamination of the marine biota along the Rio de Janeiro Coast, SE-Brazil. water, air and soil pollution**, v. 57-58, p. 645-653, 1991.

CABRAL, Laíse do Nascimento, PEREIRA, Suellen Silva, ALVES, Telma Lucia Bezerra. **Degradação ambiental e implicações para a saúde humana decorrentes da mineração: o caso dos trabalhadores de uma pedreira no município de Campina Grande/PB1.** Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. 2012.

CABRAL, L. O. A paisagem enquanto fenômeno vivido. **Geosul**, v.15, n. 30, p.34-45, jul./dez. 2000.

CESAR, R. G.; EGLER, S. G.; POLIVANOV, H.; RODRIGUES, A. P. C.; FERNANDES, V. A.; SILVA, M. B.; CASTILHOS, Z. C. ARAUJO, P. C. **Metais pesados em solos e sedimentos fluviais em antiga área de garimpo de ouro em descoberto, Minas Gerais.** Rio de Janeiro: CETEM, 2009. 9p. (Comunicação Técnica).

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1999. 236 p.

CPRM. **Perspectivas do meio ambiente do Brasil – uso do subsolo.** MME - Ministério de Minas e Energia, 2002. Disponível em [www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br). Acesso em 18 Nov 2016.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo;** Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-45.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encosta em interface com a geomorfologia.** In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 3, p 93-209.

CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., Caxambu. Anais. Sociedade de Ecologia do Brasil, Caxambu, 2005. pp. 3-5.



- COSTA, J.L.; ALMEIDA, H.G.G.; RICCI, P.S.F. Metamorfismo e divisão tectono estratigráfica do grupo Gurupi no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., 1996, Belém. **Resumos**. Belém: SGB- Núcleo Norte, 1996. p. 110-112.
- COSTA, J.L.; RICCI, P.S.F. Estratigrafia. In: COSTA, J.L. (Org.). **Castanhal**: folha SA. 23-V-C, estado do Pará, escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 2000. 1 CDROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- DAGNINO, R. S; CARPI JÚNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e estudos da paisagem**. Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 50-87. 2007.
- DANTAS, Marcelo Eduardo et.al . Compartimentação Geomorfológica. In:, Bandeira, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina CPRM, 2013. 294 p.
- DE-PAULA, V.G.; LAMAS-CORRÊA, R.; TUTUNJI, V.L. **Garimpo e mercúrio: impactos ambientais e saúde humana**. Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1 / 2, p. 101-110, 2006.
- DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Angela; CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: Rima Editora. 2002. 237 p.
- DICIONÁRIO AURÉLIO. 2016. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/gamela>>. Acesso em: 06 ago. 2017.
- DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; FONTES, M.P.F.; KER, J.C. & SCHAEFER, C.E.G.R. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. R.Bras. Ci. Solo, 27:765-772, 2003.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 306p, 2006.
- FEITOSA, A.C.; TROVÃO, J.R. **Atlas escolar do Maranhão**: espaço geo-histórico e cultural. João Pessoa: Grafset, 2006.
- FERREIRA, D. G. *et al.* **A desertificação no nordeste do Brasil**. Teresina: UFPI; Núcleo Desert. 1994.
- FERREIRA, R. H; APPEL, L. E. Mercúrio: fontes e usos. In: VILLAS-BOAS, R. G. (Org.). **Resumos técnicos do projeto desenvolvimento de tecnologia ambiental no garimpo de ouro de Poconé**, Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral/CNPq, 1990, p. 16.

FERREIRA, Vanderlei de Oliveira. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v. 6, n. 2, dez. 2010.

FIGUEIREDO, Candido de. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 1913. Disponível em: <<http://www.dicionario-aberto.net/dict.pdf>> Acesso em: 23 fev. 2017.

FREITAS, Eduardo De. **O garimpo na região Norte**: Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/o-garimpo-na-regiao-norte.htm>>. Acesso em: 03 de abril de 2016.

FREIRE. O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAE, 2006.

FOSTIER, A. H.; FORTI, M. C.; GUIMARÃES, J. R. D.; MELFI, A. J.; BOULET, R.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; KRUG, F. J. **Mercury fluxes in a natural forested Amazonian catchment, Serra do Navio, Amapá State, Brazil. The Science of the Total Environment**, v. 260, p. 201-211, 2000.

GONÇALVES, C.; FÁVARO, D. J. T.; MELFI, J. A.; OLIVEIRA, S. M. B.; GUIMARÃES, J. R. D.; VASCONCELLOS, M. B. A.; FOSTIER, A. H.; BOULET, R.; FORTI, M. C. **Evaluation of Mercury levels in sediment and soil samples from Vila Nova river basin, in Amapá State, Brazil, using radiochemical neutron activation analysis**. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 243, n. 3, p. 789-796, 2000.

GONÇALVES. Lílian Daniele Pantoja. **Degradação ambiental decorrente da extração do ouro no garimpo de Caxias, município de Luís Domingues - MA**. Monografia de Graduação. 2004 53f.

GORAYEB P.S.S; ABREU F.A.M. **Feições magmáticas e transformações tectono-metamórficas em granitóides da Suíte Rosário-MA**. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, Anais, 2:94-97. 1996.

GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. (Orgs.). **Pedologia e Geomorfologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 372p.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. **Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos**. Anuário do Instituto de Geociências. [S.l.]. v. 19, p. 93-114, 1996.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

GUERRA, A J; MARÇAL, M dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192 p.

HILLS, R. C. **The determination of the infiltration capacity of fields soils using the Cylinder Infiltrometer**. London (UK): British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, 3, 1970.

HIMENES, G. F.; TUTUNJI, V. L. *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* resistentes ao mercúrio: bioindicadores de contaminação mercurial em ambientes aquáticos. Monografia (graduação) Curso de Biologia: Centro Universitário de Brasília, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico** – 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/cidade@](http://www.ibge.gov.br/cidade@)>. Acesso em: 19 de julh. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa geomorfológico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. Escala 1:5.000.000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 3. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2015. 430 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pedologia**: mapa exploratório de solos do estado do Maranhão. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Escala 1:400.000.

KÄMPF, N. & CURI, N. **Formação e evolução do solo (Pedogênese)**. In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. Pedologia: fundamentos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, p 207-302, 2012

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo – planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA, 1979.

KLEIN, E.L. Evolução geológica pré-cambriana e aspectos da metalogênese do ouro do cráton São Luís e do cinturão Gurupi, NE-Pará/NW Maranhão, Brasil. 2004. 303 f. **Tese** (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

KLEIN, E.L.; LARIZZATTI, J.H; MARINHO, P. A. da C.; COSTA, L. T. da R.; LUZARDO, R.; FARACO, M. T. L. **Geologia e recursos minerais da folha Cândido Mendes – SA. 23-V-D-II**: estado do Maranhão: escala 1:100.000. Belém: CPRM, 2008. 146 p.

KLEIN, E.L.; MOURA, C.A.V. Age constraints on granitoids and metavolcanic rocks of the São Luís craton and Gurupi belt, northern Brazil: implications fo lithostratigraphy and geological evolution. **International Geology Review**, v. 43, p. 237-253, 2001.

Disponível em:

<<http://www.cultura.ufpa.br/paraiso/novo/artigospublicados/2009pdf/candido2009a.pdf>>

Acesso em: 20 maio 2016.

KLEIN, E.L. MOURA C.A.V., KRYMSKY, R. S. GRIFFIN, W. L. The Gurupi belt in northern Brazil: lithostratigraphy, geochronology, and geodynamic evolution. **Precambrian Research**, v. 141, p. 83-105, 2005a.

KLEIN E.L., MOURA C.A.V., PINHEIRO B.L.S. Paleoproterozóica crustal evolution of the São Luís Craton, Brazil: evidence from zircon geochronology and Sm-Nd isotopes. **Gondwana Research**, 8:177-186, 2005b. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.2057&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 22 maio 2016.

KLEIN, E.L.; LOPES, E.C.S. **Geologia e recursos minerais da folha Centro Novo do Maranhão**. Belém: CPRM, 2011. Disponível em:

<[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Folha\\_Rio\\_Araguari\(NA.22-Y-D\)NotaExplicativa.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Folha_Rio_Araguari(NA.22-Y-D)NotaExplicativa.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2016.

KLEIN, E.L.; LOPES, E.C.S. **Projeto metalogenia do cinturão Gurupi**. Belém:

CPRM, 2012. Geologia e recursos minerais do estado do Maranhão: sistema de informação geográfica (SIG). Belém: CPRM, 2012.

Disponível em: <<http://sedeme.com.br/portal/download/oficinas/minerais-estrategicos-CPRM.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2016.

KLEIN, E.L.; LUZARDO R.; MOURA, Cândido A.V.; LOBATO, D. C.; BRITO, R.S.C.; ARMSTRONG, R. Geochronology, Nd isotope and reconnaissance geochemistry of volcanic and metavolcanic rocks of the São Luís craton, northern Brazil: implications for tectonic setting and crustal evolution. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 27, p. 129-145, 2009. Disponível em:

<<http://www.cultura.ufpa.br/paraiso/novo/artigospublicados/2009pdf/candido2009a.pdf>, >. Acesso em: 22 maio 2016.

KLEIN, E.L. **Metalogênese do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi**. In: SILVA, Maria da Glória da; NETO, Manoel Barreto da Rocha; JOST, Hard; KUYUMJIAN, Raul Minas. Belo Horizonte: CPRM, 2014.

KLEIN E.L., PINHEIRO B.L.S. Paleoproterozóica crustal evolution of the São Luís Craton, Brazil: evidence from zircon geochronology and Sm-Nd isotopes. **Gondwana Research**, 8:177-186, 2005. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.2057&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 22 maio 2016.

KLEIN, E. L. Síntese Geológica e Geocronológica do Cráton São Luís e do Cinturão Gurupi na Região do Rio Gurupi (NE-Pará / NW-Maranhão). **Revista do Instituto de Geociências – USP**. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 3, p. 97-112, agosto 2003. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/guspvc/v3/08.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2016.

KLEIN, E L; TASSINARI, C. C. G. and VASCONCELOS, P. M. **Geocronologia do depósito aurífero Paleoproterozoico orogênico do Caxias, fragmento cratônico São Luís, Brasil**. *Braz. J. Geol.* [online]. 2014, vol.44, n.2, pp.277-288. ISSN 2317-4889.

KOPEZINSK, Isaac. **Mineração x Meio Ambiente**: considerações legais, principais impactos e seus processos modificadores. Porto Alegre: ed. Universidade/ UFRGS, 2000. 103p.

KOUMITZIS, T. **Environmental chemistry**. Greece: Ziti Publishers, 1994.

LACERDA, L.D. & MALM, O. **Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos brasileiros: uma análise das áreas críticas.** Estudos Avançados (USP) 22: 173-190. 2008.

LEMOS, R. C. e SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** SBSC e Embrapa CNPS, Viçosa. 2005. 83 p.

LESPCH; I F. **19 Lições de Pedologia.** São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LIMA, Ana Paula de Souza. **Avaliação do impacto de uma atividade garimpeira em um centro urbano no Estado do Pará.** Tese (Doutorado) em Ciências. IPEN/CNEN-São Paulo-SP, 2005.115p.

LIMA, Daniel Pandilha de. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Macapá, 2013. 147p.

LOPES, Elem Cristina dos Santos, TEIXEIRA, Sheila Gatinho. Contexto Geológico. In: BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade do estado do Maranhão.** Teresina: CPRM, 2013. 294 p.

LOPES, R.F. **Projeto Aurizona:** depósito Piaba. Reavaliação de reservas. [s.l.]: Mineração Aurizona S/A, 2000. Portaria de Lavra nº 1.201/88. v. 1 (Relatório inédito).

LUCAS, F.R.A. **Estudo geológico das rochas conglomeráticas da região do Japiim, nordeste do Pará.** 2009. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

LUTZ, Instituto Adolfo. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** / coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020

MACEDO, Ricardo Kohn de. **Conhecendo os estudos ambientais.** Rio de Janeiro: Kohän-Saagoyen. C 2002. 68p.

MACEDO, R.J. Características gerais da fertilidade de solos arenosos no Brasil. In: **Simpósio brasileiro de solos arenosos.** Presidente Prudente-SP. 2014.

MARANHÃO (NUGEO). **Bacias hidrográficas:** subsídios para o planejamento e a gestão territorial. Universidade Estadual do Maranhão/Núcleo Geoambiental, São Luís: UEMA, 2011.

MARANHÃO (NUGEO). **Atlas do Maranhão.** Universidade Estadual do Maranhão/Núcleo Geoambiental, São Luis: Geplan/Uema, 2002.

MARANHÃO. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão.**

Programa Nacional de Meio Ambiente/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão. São Luís. LITHOGRAF, 1991. 194p.

MARANHÃO, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Código de proteção de meio ambiente do Estado do Maranhão**: Lei Estadual nº 5.405 de 08/04/92, Decreto Estadual nº 13.494 de 12. 11.93. São Luís- MA 1997, p.146.

MATHIS, A.; BRITO, D. C.; BRÜSEKE, F. J. **Riqueza volátil**: a mineração de ouro na Amazônia. Belém: Cejup, 1997. 290p.

MARTINS, C. R.; SILVA, L. A.; ANDRADE, J. B. **Sulfetos**: por que nem todos são insolúveis?. Química Nova, v. 33, n. 10, p. 2283-2286, 2010.

MATTA, Paulo Magno da. **O garimpo na chapada diamantina e seus impactos ambientais**: uma visão histórica e suas perspectivas futuras. Salvador, 2006. Dissertação de mestrado.

McKEOWN- EYSEN, G. E.; RUEDY, J. Prevalence of neurological abnormality in Cree Indian exposed to methylmercury in Northern Quebec. **Clinical & Investigative Medicine**, Canada, v. 6, p. 161-169. 1983.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. 24 (68), 2010.

MEDEIROS, A. D.; DELGADO, D. G.; SOUZA, L. M. R.; SILVA, L.; SILVA, M. A. M. **Garimpo e devastação ambiental**. Cuiabá: UNIC, 2006. 18p.

MELO, V. F.; FONTES M. P. F.; NOVAIS, R. F.; SINGH, B. ;SCHAEFER, C. E. G. R. Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 25, núm. 1, 2001, pp. 19-32.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: ciência humana?**. 7 ed. – São Paulo: Contexto, 2001. – (Repensando a Geografia).

MINERAÇÃO AURIZONA S/A. **Aurizona Project**. Relatório inédito. 35 p. 1995.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistema – a história de uma procura**. São Paulo: Contexto. 2003. (Coleção Novas Abordagens, Geosp 3).

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Soil Color Charts**. M.D. USA, 2009

NERY, Miguel Antonio Cedraz; SILVA, Emanuel Apolinário da. Balanço Mineral Brasileiro, Ouro. In: **Sumário Mineral**. 2001, p.1-40. Disponível em: < <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-ouro>> Acesso em: 28 out. 2015.

- NUNES, Paulo Henrique Faria. **Meio ambiente & mineração: desenvolvimento sustentável**, Curitiba: Juruá, 2009
- OLIVEIRA, F. F. G. de; MEDEIROS, W. D. de A. **Bases teórico-conceituais de métodos para avaliação de impactos ambientais em EIA/RIMA**. Revista: Mercator - Revista de Geografia da UFC 2007.
- OLIVEIRA, R. C. **Zoneamento ambiental como subsídio para o planejamento de uso e ocupação do solo do município de Corumbataí – SP**. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Campus de Rio Claro. 2003.
- OLIVEIRA, D. Técnicas de Pedologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Geografia: Práticas de campo, laboratório e sala de aula**. Editora Sarandi, São Paulo, 2011.
- PAIXÃO, F. J. R; et al. **Estimativa da infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares**. Revista de biologia e ciências da terra. Campina Grande/PB, v.5, nº 1, p. 2-12, 2004.
- PARAHYBA, R. E. R. Economia mineral do Semiárido. In.: DNPM. **Mineração no semiárido brasileiro**. Brasília. 2009.
- PASTANA, José Maria do Nascimento. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil – PLGB: Turiaçu, Folha SA.23-V-D [e] Pinheiro, Folha SA.23-Y-B**. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:250.000 /– Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.CR-ROM.
- PAVLOGEORGATOS, G.; KIKILIAS, V. **The importance of mercury determination and speciation to the health of the general population**. Global Nest: The International Journal, Greece, v. 4, n. 2-3, p. 107-125. 2002.
- PFEIFFER, W.C. & LACERDA, L.D. **Mercury inputs into the Amazon region, Brazil**. *Environmental Technology Letters* 9: 325-330. 1998.
- PINHEIRO, A.; TEXEIRA, L.P.; KAUFMANN, V. **Capacidade de Infiltração de água em solo sob diferentes usos e praticas de manejo agrícolas**. *Ambi-Agua*. Taubaté (SP), v. 4 n.2, p. 188-199, 2009.
- PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. **Geossistema, território e paisagem – método de estudo da paisagem rural sob a ótica Bertrandiana**. *Geografia*, Londrina, v. 18, n. 1, jan./jun. 2009, p. 5-31. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em 23 out 2016.
- RAMOS, W.E.S. **Contaminação por mercúrio e arsênio em ribeirões do quadrilátero ferrífero-MG, em área de mineração e atividades garimpeiras**. Tese. Viçosa- MG, 122 p. 2005.
- RODRIGUES, L. S.; DUARTE, R. M.; VAL, A. L. **Determinação da sensibilidade ao cobre para a espécie de peixe amazônica *Paracheirodon axelrodi*, schultz 1956**. In:

Congresso de Ecologia do Brasil. Anais.Sociedade de Ecologia do Brasil. Caxambu.pp.3-5. 2005.

ROSS, J.L.S. (Org.). Os fundamentos da geografia da natureza. In: **Geografia do Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1997. p. 13-65.

RUELLAN, A.; DOSSO, M.SOLDIDAC Educagri editions-AUF 2003.

SARTORI, A.; NETO, F. L.; GENOVEZ, A. M. (2005). **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.05-18.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. Editora Oficina de textos. 2008.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et.al. **Sistema Brasileiro de Classificação dos solos**. 3 ed. Brasília , DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, Luiz Carlos Araujo dos, LEAL, Antônio Cezar. **Gerenciamento de recursos hídricos no Estado do Maranhão – Brasil**. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.5, n.13, p. 39-65, jun. 2013.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. 1925. In: ROSENDAHL, Z.; CORRÊA, Roberto Lobato. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1998. pp.12-74.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et.al. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3 ed. Brasília , DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p

SCARPELLI, W. **Introdução à geologia médica**. São Paulo: USP, 2003

SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p

SILVA, A. C. & VIDAL-TORRADO, P. **Gênese dos latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 23, núm. 2, pp. 329-341, 1999.

SILVA, Ivanildo Costa da. **Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.1, N.4, p.648 - 662, 2012.

SILVA. J. A.L. **Uma discussão sobre desertificação: caso do Município de Pedra Lavrada- PB**. Monografia 2010. P.68.



SILVA, M.B. ; ANJOS, L.H.C; PEREIRA, M.G.; SCHIAVO, J.A.; COOPER, M. & CAVASSANI, R.S. **Gênese e classificação de solos de uma topossequência em área de carste na Serra da Bodoquena, MS.** R. Bras. Ci. Solo, 37:1464-1480, 2013.

SIQUEIRA, O.J.W. Diagnostico da fertilidade dos solos do estado de Sergipe. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado do Sergipe.** Ed. SOBRAL, (et al.) – Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 49-79, 2007.

SOUZA, L. C. D.; CARVALHO, M. A. C.; CORRÊA, B. S.; SILVA, M. P. **Consequências da atividade garimpeira nas margens do rio Peixoto de Azevedo no perímetro urbano do município de Peixoto de Azevedo – MT.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 8, n. 2, p. 220-231, 2008.

SOUZA, M. J. N. **Análise e ecodinâmica das paisagens no semi-árido.** Programa de Pós-Graduação em Geografia - UECE. Fortaleza, 2011.

SOUSAA, Rafael Arromba de, CAMPOSA, N. da S. , ORLANDO, Ricardo. **Preparação de amostras para análise elementar.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Instituto de Ciências Exatas. Juiz de Fora. 2015.

SOUZA, U.D.V.; FEITOSA, A.C. **Ocupação e uso da zona costeira do estado do Maranhão.** In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Montevidéo. **Anais...** Montevidéo: EGAL, 2009. 15 p.

TANNÚS, M. B. et. al.. Projeto Paracatu: concepção e resultados preliminares. **Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercúrio utilizado por la minería aurífera artesanal em Iberoamérica.** Setembro de 2001. Lima, Peru: CYTED, 2001.

TAVARES-FILHO, J. & MAGALHÃES, F.S. **Dispersão de amostras de latossolo vermelho eutroférico influenciadas por pré-tratamento para oxidação da matéria orgânica e pelo tempo de agitação mecânica.** R. Bras. Ci. Solo, 1429-1435, 2008

TEIXEIRA, Wilson. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos. Reimpressão, 2001.

TINÔCO, A. A. P.; AZEVEDO, I. C. D. D.; MARQUES, E. A. G.; MOUMEER, A. H.; MARTINS, C. P.; NASCENTES, R.; REIS, E. L.; NATALINO, R. **Avaliação de contaminação por mercúrio em Descoberta, MG.** Engenharia Sanitária Ambiental, v. 15, n. 4, p. 305-314, 2010.

TORRES, E. C. **As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem nas microbacias dos ribeirões: Santo Antonio – SP São Francisco – PR e Três Barras – MS.** Tese de Doutorado – UNESP: Presidente Prudente, 2003.

TRINDADE, B. E.; BARBOSA FILHO, O. **Extração de Ouro – princípios, tecnologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CETEM, 2002, 330p.

TRUCKENBRODT, W.; NASCIMENTO, M.S.; GÓES, A.M. Distribuição de minerais pesados em arenitos de formações fanerozoicas no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão. In: GOES, A.M.; NASCIMENTO, M.S.; TRUCKENBRODT, W. (Org.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: SBG, 2005. v. 4. p. 180-189.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo. n. 20. 2006. pp. 09-17.

VIANA, J. H. M. **Determinação da densidade de solos e de horizontes cascalhentos**. EMBRAPA comunicado técnico 154. Sete Lagoas – MG, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 23 de maio de 2016.

VITTE, A. C. Os fundamentos metodológicos da geomorfologia e sua influência no desenvolvimento das ciências da terra. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2012, p. 23-48.

ZAVARIZ, C.; GLINA, D. M. R. **Avaliação clínico – neuro – psicológica de trabalhadores expostos a mercúrio metálico em indústria de lâmpadas elétricas**. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 26, n. 5, p. 356-365. 1992.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### LIDERANÇA COMUNITÁRIA

#### IDENTIFICAÇÃO PESSOAL:

Nome: \_\_\_\_\_

Data de Nasc.: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Altura : \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Ocupação principal: \_\_\_\_\_ Grau de

escolaridade: \_\_\_\_\_ Local de

moradia: \_\_\_\_\_

- ✓ Tempo de residência no garimpo?
- ✓ Sua profissão?
- ✓ Como ocorre o processo de chegada do garimpeiro até o posto de trabalho nos barrancos?
- ✓ Quantas máquinas estão instaladas e trabalhando atualmente? Pertencem à único dono?
- ✓ Quantos garimpeiros atualmente trabalham no garimpo? Qual a origem destes trabalhadores? são de outros lugares ou nasceram no próprio garimpo de Caxias?
- ✓ Sobre a quantidade de produção de ouro? Quantos gramas são produzidos por mês?
- ✓ A abertura da caixa com o ouro é semanal ou mensal?
- ✓ Onde o ouro é comercializado?
- ✓ Onde é comprado o mercúrio?
- ✓ Quantidade de mercúrio utilizado? E qual o tempo de duração deste elemento nas atividades diárias de garimpagem?
- ✓ O mercúrio usado no garimpo é na forma líquida ou sólida?
- ✓ Como acontece o uso do mercúrio na atividade da extração do ouro?
- ✓ Como é feito a divisão do ouro no pagamento dos garimpeiros?
- ✓ O garimpo do Caxias foi visitado por algum órgão de controle? Caso sim, alguma vez foi proposto regulamentação da atividade de mineração?
- ✓ Quais os principais problemas relacionados na área que mais incomodam?



- ✓ No caso de doença, você se desloca para que hospital?
- ✓ Doenças mais comum acometidas?
- ✓ Quantas máquinas estão em atividade ultimamente?
- ✓ Qual o valor do grama de ouro comercializado no garimpo?
- ✓ Você recebe algum benefício do governo?
- ✓ O que você acha que precisa melhorar na comunidade do Garimpo de Caxias, seja o ambiente ou social?
- ✓ O que você espera/ almeja para sua família, seus filhos?

## ANEXO 2

### GARIMPEIRO

#### IDENTIFICAÇÃO PESSOAL:

Nome: \_\_\_\_\_

Data de Nasc.: \_\_\_\_\_ Naturalidade: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Altura : \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Ocupação principal: \_\_\_\_\_ Grau de

escolaridade: \_\_\_\_\_ Local de

moradia: \_\_\_\_\_

- ✓ Tempo de residência no garimpo?
- ✓ Sua profissão?
- ✓ Como ocorreu o seu processo de chegada até o posto de trabalho nos barrancos?
- ✓ Para quem o senhor trabalha, e com quantas máquinas?
- ✓ Você já teve outro tipo de ocupação antes de trabalhar no garimpo?
- ✓ Qual sua remuneração mensal na atividade do garimpo?
- ✓ Sobre a quantidade de produção de ouro, quantos gramas conseguem obter por mês?
- ✓ A abertura da caixa com o ouro é semanal ou mensal?
- ✓ Onde o ouro é comercializado?
- ✓ Tem conhecimento de onde é comprado o mercúrio?
- ✓ Quantidade de mercúrio utilizado? E qual o tempo de duração deste elemento nas atividades diárias de garimpagem?
- ✓ O mercúrio usado no garimpo é na forma líquida ou sólida?
- ✓ Como acontece o uso do mercúrio na atividade da extração do ouro?
- ✓ Como é feito a divisão do ouro no pagamento dos garimpeiros?
- ✓ Quais os principais problemas relacionados na área que mais incomodam?
- ✓ No caso de doença, você se desloca para que hospital?
- ✓ Doenças mais comum acometidas? Como malária, dengue, chicungunhia?
- ✓ Quantas máquinas estão em atividade ultimamente?
- ✓ Qual o valor do grama de ouro comercializado no garimpo?



- ✓ Você recebe algum benefício do governo?
  
- ✓ O que você acha que precisa melhorar na comunidade do Garimpo de Caxias, seja o ambiental ou social?
  
- ✓ Qual sua expectativa de vida com relação ao garimpo e seu trabalho?
  
- ✓ O que você espera/ almeja para sua família, seus filhos?

### ANEXO 3

#### **PRESIDENTE DA COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DE LUÍS DOMINGUES**

- 1- Quando foi formada a cooperativa de garimpeiros de Luís Domingues?
- 2- Quantos garimpeiros associados?
- 3- O que motivou a criação da cooperativa?
- 4- A sede é própria, alugada, cedida?
- 5- Qual a importância da cooperativa para o município de Luís Domingues e garimpeiros?
- 6- Existem critérios para participar da associação, caso a pessoa tenha interesse? Se positivo, quais os critérios?
- 7- A associação trabalha com algum projeto envolvendo a comunidade do garimpo?
- 8- Qual a taxa paga anualmente pelos garimpeiros?
- 9- A associação recebe algum apoio financeiro ou incentivo para manutenção e desenvolvimento dos trabalhos? Caso sim, qual o órgão?
- 10- Como se dá o controle da venda de ouro externa e interna da cooperativa?
- 11- Se pudessem opinar por projetos para a comunidade do Caxias e garimpeiros?





12- Qual a área gostariam que fosse estimulada?

13- O que a cooperativa objetiva para o ano de 2017?

## ANEXO 4

### PARA DIRETORIA DO HOSPITAL

- 1- O hospital regional de Carutapera, recebe muita demanda de atendimentos de saúde da comunidade do Garimpo de Caxias? Se positivo, quais seriam esses casos de doenças?
- 2- Quais são os principais casos de doenças da população da comunidade do garimpo de Caxias que utiliza os serviços de saúde no hospital regional de Carutapera? Há ocorrência de doenças como malária, coceira, diarreia, verminose, dengue, chicungunha, doenças do sistema nervoso, abortos de atendimentos relacionados à comunidade do Caxias?
- 3- Quantos partos foram realizados no hospital referente ao ano de 2000 a 2016 oriundos da comunidade do garimpo de Caxias? Ou a média de nascimentos por ano?
- 4- Houve ocorrência de algum nascimento onde a criança tenha sido diagnosticada com má formação congênita, (possível uso intenso de mercúrio no ambiente e nos corpos líquidos e alimentos pela atividade de mineração)?



## ANEXO 5

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### **PROJETO: ALTERAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS PROVOCADAS PELA EXPLORAÇÃO MINERAL NO GARIMPO DE CAXIAS, MUNICÍPIO DE LUÍS DOMINGUES – MA**

Estou sendo orientada com relação ao estudo realizado pelo mestrado em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, através do Programa de Pós Graduação em Geografia-PPGEO /UEMA. A pesquisa tem como objetivo analisar as consequências socioambientais decorrentes da extração do ouro no Garimpo do Caxias e implicações da contaminação pelo uso do mercúrio. No estudo também será aplicado entrevistas que serão direcionadas para pessoas-chave dentro do processo de mineração do referido garimpo. Onde as perguntas são de relevância para a avaliação dos efeitos da mineração no meio social e ambiental do garimpo, bem como investigações relacionadas à saúde da comunidade. Esta pesquisa não trará nenhum risco para os participantes. Os pesquisadores, comprometem-se a utilizar os dados obtidos exclusivamente para fins científicos, mantendo total sigilo da identificação dos participantes deste estudo.

São Luís-Ma.....de.....de 2016.

\_\_\_\_\_  
Lílian Daniele Pantoja Gonçalves – Mestranda do PPGEO- UEMA Tel.: 3245-6141

Estou ciente sobre a minha participação nesta pesquisa, mediante a informação completa sobre a mesma, e também tendo liberdade de desistir de minha participação no momento que desejar. Concordo com o que está discriminado acima, autorizando minha participação neste estudo na condição de que os resultados obtidos sejam utilizados apenas para fins de publicação no âmbito da pesquisa, e que seja garantido o sigilo de minha identificação.

São Luís-MA.....de.....de 2016.

Assinatura do participante da pesquisa: \_\_\_\_\_



Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Programa de Pós Graduação em Geografia- PPGeo /UEMA Pesquisa sobre Alterações socioambientais provocadas pela exploração mineral no garimpo de Caxias, município de Luís Domingues – MA.: Lílian Daniele Pantoja Gonçalves. Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. José Fernando Rodrigues Bezerra.

#### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa,

“Alterações socioambientais provocadas pela exploração mineral no garimpo de Caxias, município de Luís Domingues – MA”, como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador \_\_\_\_\_ sobre o estudo, seus objetivos, procedimentos nele envolvidos e a garantia de privacidade dos participantes, evidenciando que providências serão tomadas para preservar a minha identidade pessoal na divulgação dos resultados e publicação do trabalho.

Luís Domingues-MA, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

---

Assinatura do participante

ANEXO 6

Teste de infiltração				
Tempo (s/min)	Altura de infiltração (cm)	Volume infiltrado (ml)	Tempo (s/min)	Infiltração (ml)
30s			30"	
1			60"	
1,5			1,5	
2			2	
3			3	
4			4	
5			5	
6			6	
7			7	
8			8	
9			9	
10			10	
11			11	
12			12	
13			13	
14			14	
15			15	
16			16	
17			17	
18			18	
19			19	
20			20	
21			21	
22			22	
23			23	
24			24	
25			25	
26			26	
27			27	
28			28	
29			29	
30			30	
TOTAL				



Pós-Graduação em  
Geografia, Natureza  
e Dinâmica do Espaço

