



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIA DA TERRA E
DO AMBIENTE – PPGM



ALISSON LIMA

**AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM GARIMPO
SEMIMECANIZADO DE DIAMANTES NA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA**

Feira de Santana

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIA DA TERRA E
DO AMBIENTE – PPGM

ALISSON LIMA

**AVALIAÇÃO DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NO GARIMPO
SEMIMECANIZADO DE DIAMANTES DA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Modelagem em Ciências da Terra e do
Ambiente.

Orientador: Dr. Carlos César Uchôa de
Lima.

Co-orientadora: Dra. Majorie Cseko
Nolasco.

Feira de Santana

2018

ALISSON LIMA

**“Avaliação de recuperação ambiental no garimpo semimecanizado de
diamantes da Chapada Diamantina, Bahia”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientada pelo Prof. Dr. Carlos César Uchôa de Lima e Co-orientada pela Prof. Dra. Marjorie Cseko Nolasco. Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

Data da defesa: 27 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos César Uchôa de Lima (Orientador)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Prof. Dra. Marjorie Cseko Nolasco (Co-orientadora)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Prof. Dr. Washington de Jesus Sant’Anna da Franca Rocha (Examinador)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Prof. Dr. José Baptista de Oliveira Júnior (Examinador)
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

GARIMPEIRO DO MEU SONHO

*Aparentemente, falar da lida do garimpeiro é
um pretexto para falar da lida do poeta.*

*Na primeira estrofe o eu lírico parece
se referir tão somente ao garimpeiro.*

*Exposto ao sol, à chuva, o ousado aventureiro,
Já cego de ambição, buscava, num tormento,
A pedra preciosa, e escava o dia inteiro
A terra a batear, em busca do sustento.*

*E, assim vivemos nós, lutando noite e dia.
O cérebro a sondar esse abismo profundo,
A ampla mina gentil da nossa fantasia.
Cavamos, e eis por fim, pedras em profusão,
Carbonato feliz – qual o verso facundo
O poeta é um garimpeiro em busca da ilusão*

Rubens de Fonseca

Para minha mãe, Dona Sueli,
por sua persistência e força ensinando-me
que é possível a realização dos sonhos.

AGRADECIMENTOS

Grandes amigos se envolveram não só na elaboração desta dissertação, mas durante todo o período, de amplas, diversas e substanciais experiências ao longo deste mestrado. Agradeço a todos e todas pela parceria, amizade e convivência. Agradeço a minha família por todo apoio e amor para que eu conseguisse chegar até aqui, principalmente, Jamile, Jalon, e a minha mãe, a mulher mais incrível que já conheci. Amo todos vocês.

Ao meu orientador Carlos Uchôa por todo o apoio desde o início, pelo direcionamento centrado, sempre com ideias e comentários pertinentes, e a sua ajuda para fortalecer este trabalho nos momentos de insegurança. Orientador que é um exemplo para mim de como ser professor. À minha co-orientadora pela sugestão do tema, dicas ao longo do trabalho e confiança em me entregar este projeto. Ao amigo Samadhi por todo apoio na pesquisa. Aos professores do PPGM/UEFS que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa. Aos professores China e Washington pela disposição em me ajudar.

Agradeço a Coogan pela confiança e parceria neste trabalho. Ao Carlão, incansável guerreiro garimpeiro, exemplo de força, simplicidade, amizade e coragem.

Agradeço aos amigos da turma XVIII e IX. Aos amigos da melhor turma da história do PPGM, a turma X, prova viva de que na área acadêmica o trabalho em grupo com amor e amizade é mais enriquecedor e prazeroso, científica e humanamente. Em especial agradeço aos amigos Iria Rios, Gana, Barbie, BB Paulinho, Rey, Bueno, Disney, Mami, Mel, Renatinha, Sarita, Guinha, Bibia, Ilana, Geiza e Ivonice. Ao meu grande amigo San, pela colaboração neste trabalho e pela inestimável companhia de aventuras e risadas a tantos anos. Ao meu amigo Danilo Pirobo.

Agradeço a Caetano Veloso, Gilberto Gil, Raul Seixas, Renato Russo, Cazuza, Novos Baianos, Gal, Gonzagão e Gonzaguinha, Bob Marley, Aretha Franklin, Michael Jackson, Jorge Amado, Carlos Drummond de Andrade, Charles Bukowski, Fiódor Dostoiévski e Gabriel Garcia Marquez, ídolos que contribuíram para minha formação intelectual e social.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente pelo apoio institucional e a CAPES pelo apoio financeiro.

Gratidão a todos.

RESUMO

Este trabalho avaliou o processo de recuperação ambiental de uma área impactada por ação garimpeira em um depósito aluvionar de diamante no município de Andaraí na Chapada Diamantina, Bahia. Pela primeira vez na região, um grupo de garimpeiros se organizou para viabilizar a continuidade da pesquisa e lavra de diamantes, fundando em 2001 a Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí (COOGAN). A COOGAN, que obteve autorização para realização de pesquisa mineral na área entre 2006 – 2013, é responsável pela recuperação ambiental da área degradada dos atuais garimpos e tenta apresentar uma nova perspectiva formalizada e sustentável da exploração de recursos minerais. O ciclo mais recente dos garimpos na Chapada utiliza técnicas semimecanizadas para remoção dos sedimentos estéril e para dragagem da camada de cascalho diamantífero. Como toda ação humana, este tipo de mineração causa impactos ao meio ambiente, podendo contribuir de forma direta para a degradação ambiental, com ênfase para a destruição e/ou alteração da vegetação, das características físico-químicas dos solos e corpos d'água nas adjacências do garimpo, interferindo nos cursos d'água e padrões de drenagem. Nesse contexto, a minimização dos impactos da exploração garimpeira sobre o meio ambiente são pontos fundamentais para a continuidade da lavra garimpeira de diamantes na região. Este trabalho contribui com propostas para a formalização e adequação ambiental do pequeno e médio minerador através de cooperativas e ratifica a importância de políticas públicas que ajudam o garimpo a se manter em conformidade com a legislação ambiental. Adicionalmente, este estudo realizou uma avaliação da reabilitação progressiva de áreas testes que já foram recuperadas pela cooperativa, observando se a recuperação atingiu os padrões recomendados pela legislação mineral e ambiental brasileira e propôs um modelo de lavra sustentável.

Palavras-chave: Aluvião. Garimpo. Impactos ambientais. Recuperação ambiental. Diamantes. Mineração. Chapada Diamantina.

ABSTRACT

For the first time in Chapada Diamantina, a group of prospectors have organized to facilitate the continuity of the prospecting and mining of diamonds, established in 2001 the Prospectors' Cooperative of Andaraí (COOGAN). COOGAN, who obtained authorization for the realization of mineral inquiry in the area between 2006 - 2013, is responsible for the environmental recovery of the degraded area of current mines, presenting a new formalized perspective of the exploitation of the alluvia diamantiferous, in the areas known as Santa Rita and Pau D'óleo. The most recent cycle of the mines of this region uses semi-mechanized techniques for sterile removal of sediments and for dredging of the layer of diamantiferous gravel. As any human action, this type of mining causes impacts to the environment, being able to contribute directly to environmental degradation, with emphasis to the destruction and / or alteration of vegetation, physio-chemical characteristics of the solo and water bodies in the adjacent mines, interfering with river courses and drainage standards. In this context, the minimization of the impacts of the exploited manual extration on the environment and the necessity of recovery of the degraded areas are key points for conflict resolution due to the mining prospects of diamonds that at present takes place in the vicinity of the Paraguaçu river, in the municipality of Andaraí. This research characterizes the alluvial deposits goal of mining prospects, characterized by the current forms of mining of the prospectors identifying its environmental impacts and contributing with proposals for formalizing and environmental adaptation of the small and middle miners through cooperatives and ratifying the importance of public policies that help the mine to support itself in accordance with environmental legislation. For this reason, this study will carry out an evaluation of the progressive rehabilitation of areas that were already recovered by the cooperative, noticing if the recuperation reached the standards recommended by the Brazilian mineral and environmental legislation and proposing a model of sustainable plowing.

Key words: Alluvial. Prospect. Environmental impacts. Environmental recuperation. Diamonds. Mining. Chapada Diamantina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da Cadeia Produtiva de Diamantes.....	22
Figura 2 – Fluxograma para Obtenção de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG).....	25
Figura 3 - Fluxograma para Obtenção da Outorga de Lavra.....	28
Figura 4 – Serra do Sincorá, Chapada Diamantina/BA.	33
Figura 5 – Sequência de um processo de mineração de diamantes aluviais.....	37
Figura 6 - Maquinário utilizado na mecanização de garimpos de diamantes aluviais	38
Figura 7 – Fluxograma metodológico geral da pesquisa.....	42
Figura 8 - Mapa de localização dos Garimpos da COOGAN no município de Andaraí, na região da Chapada Diamantina no Estado da Bahia Diamantina (à direita).	44
Figura 9 - Mapa Geológico simplificado da Chapada Diamantina.....	46
Figura 10 – Mapa da Bacia do Paraguaçu e drenagem dos municípios de Andaraí e Nova Redenção – Chapada Diamantina/BA.	48
Figura 11 – Mapa de Vegetação da Região do Parque Nacional da Chapada Diamantina e da área dos garimpos em Andaraí.	49
Figura 12 – Mapa de Localização dos garimpos da COOGAN nas adjacências do Rio Paraguaçu.....	50
Figura 13 – Catas do garimpo Pau D’óleo denominadas A, B,C,D e E.....	52
Figura 14 - Fotografias do garimpo Santa Rita.	53
Figura 15 – Etapas da Pesquisa de Avaliação da recuperação ambiental dos garimpos de diamantes da Chapada Diamantina	55
Figura 16 – Mapa de localização do garimpo Santa Rita no município de Andaraí/BA.	60
Figura 17 - Rio Paraguaçu no município de Andaraí próximo aos garimpos da Coogan ...	61
Figura 18 – Coleta de perfil de cata do garimpo Santa Rita.	63
Figura 19 – Análises das partículas de amostras de sedimentos de garimpos no Laboratório de Estudos Ambientais do PPGM/UEFS.	64
Figura 20 – Perfil do depósito aluvionar do rio Paraguaçu no trecho de Andaraí.....	65
Figura 21 – Registros dos garimpos de Draga e Tradicionais.	70
Figura 22 – Fluxograma Operacional da Lavra garimpeira da Coogan.....	71
Figura 23 – Esquema de um garimpo de draga, onde o garimpeiro 01 escava o material e o garimpeiro B trabalha na lavagem do cascalho extraído pela draga juntamente com lama. 72	
Figura 24 – Mapa de localização dos garimpos entre Andaraí e Nova Redenção na Chapada Diamantina.	84
Figura 25 – Imagens espectrais dos anos de 1984, 2009 e 2015, com as áreas garimpadas representadas em branco, com solo exposto e parcialmente escavado.	86
Figura 26 - Imagens Landsat utilizadas no estudo.....	88
Figura 27 - Pontos de amostragem de água	90
Figura 28 - Mapas de uso e cobertura após a vetorização das imagens orbitais de alta resolução de 2009 e 2015 para a área de estudo.	91
Figura 29 – Mapa das mudanças do garimpo Santa Rita ocorridos entre 1984, 2009 e 2015, no município de Andaraí.	93
Figura 30 – Comparação da área garimpada e a poligonal que representa área autorizada pelo DNPM.	95
Figura 31 - Imagem NDVI colorida.	96
Figura 32 - Valores do SAVI para as imagens de 2001, 2009 e 2015 na cena com garimpos e área adjacentes.	97

Figura 33 - Análise dos impactos na rede hidrográfica na Plataforma Google Earth Engine entre os anos de 2007 e 2015.	98
Figura 34 – Rio Paraguaçu nas proximidades do garimpo: A – Período de Cheia (Agosto/2016). B – Período de Seca (Janeiro/2017).	100
Figura 35 – Gráfico com síntese dos resultados da análise química das amostras de água do garimpo.	103
Figura 36 – Fotos do processo de recuperação da topografia local na antiga área garimpada.	107
Figura 37 – Fotografias do processo de recuperação de área degradada em 2013.	108
Figura 38 - Fotografias do processo de recuperação de área degradada em 2017	109
Figura 39 - Fotografias de peixes encontrados (à esquerda) dentro de Cata (à direita) inundada em período de cheia do rio Paraguaçu	

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Minerais e Área para requerimento.	26
Quadro 2 – Perfil da sequência deposicional, camadas do sistema aluvionar sob o ponto de vista da descrição mineralógica, textural e morfométrica.....	68
Quadro 3 - Imagens utilizadas no estudo	87
Quadro 4 - Valores espectrais do ponto na área de garimpo	98
Quadro 5 – Grau de importância dos impactos ambientais de acordo com a atividade garimpeira da Coogan.....	105
Quadro 6 - Critérios para avaliar a recuperação e responsabilidade ambiental em áreas de garimpos de diamantes.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais descobertas de diamantes ocorridas nos diversos países através do tempo.....	19
Tabela 2 – Reservas e produção mundial de diamantes (estimadas).	20
Tabela 3 - Resumo de dados estatísticos relacionados ao resultado do peneiramento de amostras do perfil	67
Tabela 4 – Valores de parâmetros da mineração nos garimpos da Coogan.....	74
Tabela 5 – Resultados das análises físico-químicas nas águas do garimpo.	102
Tabela 6 – Resultados da análise química das amostras de água do garimpo.	102

LISTA DE SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

Arad – Avaliação de Recuperação de Área Degradada

CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral

Coogan – Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Iphan – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PIB – Produto Interno Bruto

PF – Polícia Federal

PNCD – Parque Nacional da Chapada Diamantina

Prad – Plano de recuperação de área degradada

UC – Unidade de Conservação

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 MINERAÇÃO DE DIAMANTES NO MUNDO E NO BRASIL.....	18
2.1.1 Cadeia produtiva dos Diamantes e Certificação Kimberley	21
2.2 LEGISLAÇÃO MINERAL BRASILEIRA.....	23
2.2.1 Regimes de Aproveitamento mineral para Diamantes	24
2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM MINERAÇÃO	28
2.4 OS DEPÓSITOS ALUVIONARES E A LAVRA DIAMANTINA NO BRASIL	31
2.4.1 Formação de Depósitos Aluvionares Diamantíferos	32
2.4.2 A lavra nos garimpos de diamantes	35
2.5 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINERAÇÃO	39
3 MÉTODOS UTILIZADOS	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	44
3.1.1 Contexto Geológico	45
3.1.2 Hidrografia	47
3.1.3 Cobertura Vegetal e Solos	48
3.1.4 Os garimpos da COOGAN	49
3.2 DIAGNÓSTICO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL.....	53
CAPÍTULO 4	56
ARTIGO 1 - CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL, MINERALÓGICA E A LAVRA DE ALUVIÕES DIAMANTÍFEROS NOS GARIMPOS DA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA	57
4.1 INTRODUÇÃO	57
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
4.2.1 O rio Paraguaçu	60
4.2.2 Caracterização do Perfil Estratigráfico	62
4.2.3 Caracterizações da Lavra e Beneficiamento dos garimpos semimecanizados de diamantes da COOGAN	64
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.3.1 Caracterização dos depósitos aluvionares diamantíferos de Andaraí	65
4.3.2 Garimpos de Draga	71
4.3.3 Viabilidade da exploração dos aluviões	73
4.4 CONCLUSÕES	75
4.5 REFERÊNCIAS.....	76

CAPÍTULO 5	79
ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS: PROPOSTAS PARA OS GARIMPOS DE DIAMANTES NA CHAPADA DIAMANTINA – BAHIA.	80
5.1 INTRODUÇÃO	80
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	83
5.2.1 Área da pesquisa.....	83
5.2.2 Aquisição de dados.....	85
5.2.3 Modelagem em ambiente sig para cálculo da expansão da área dos garimpos.	85
5.2.4 Sensoriamento Remoto e Análise das modificações na cobertura vegetal usando NDVI e SAVI.....	87
5.2.5 Análise dos impactos na rede hidrográfica e na topografia do terreno	88
5.2.6 Análises de parâmetros físico-químicos nas águas associadas ao garimpo	89
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
5.3.1 Expansão da área garimpada 2009 – 2015	92
5.3.2 Impactos na Cobertura Vegetal e no Solo.....	95
5.3.3 Impactos na rede hidrográfica e na topografia.....	98
5.3.4 Impactos nas águas associadas ao garimpo.....	101
5.3.5 Impactos ambientais de maior relevância.....	104
5.4 AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	105
5.5 MODELO PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS.....	109
5.6 CONCLUSÕES	117
5.7 REFERÊNCIAS.....	119
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
BIBLIOGRAFIA GERAL CITADA	124

1 INTRODUÇÃO

A atividade de extração mineral é de suma importância para a sociedade moderna, na forma de fornecimento de matérias-primas, de geração de empregos, de tributos e de desenvolvimento econômico que contribui de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da vida das atuais e futuras gerações. Por outro lado, impactos ambientais negativos associados à mineração se contrapõem a importância dessa atividade e ratificam a necessidade da recuperação das áreas que são modificadas.

As áreas mineradas sofrem alterações ambientais de diversos tipos, com ênfase para: supressão vegetal, reconfiguração de superfícies topográficas, alterações na qualidade do solo, aceleração de processos erosivos, indução aos movimentos de massa, assoreamento de cursos d'água de rios, aumento da turbidez e sólidos em suspensão nas águas, disposição de rejeitos de forma inadequada, impacto visual e outros (MME, 2006; FLÔRES & LIMA, 2012).

Historicamente, a mineração sempre desempenhou um papel de grande importância no desenvolvimento econômico e social de áreas remotas, por certo este é o caso da Chapada Diamantina. O garimpo impulsionou o núcleo populacional nessa região do da Bahia, desde a atual cidade de Mucugê (antiga Santa Isabel do Paraguaçu), vila que englobava em seu domínio territorial espaços que agora formam outros municípios da região, como a cidade de Andaraí, e que surgiram através da busca pelos diamantes (NOLASCO, 2002; PIMENTEL, 2014). O garimpo dessas gemas é responsável pela fundação das cidades, pela formação social e cultural do seu povo e pela delimitação da própria região da Chapada Diamantina (MATTA, 2006).

Durante muito tempo, a atividade garimpeira constituiu uma importante fonte de renda nessa região, atividade que hoje, praticamente, perdeu espaço para os circuitos ecoturísticos, amplamente incentivados pelos poderes governamentais, enquanto que o garimpo virou sinônimo de degradação ambiental. Por outro lado, com o intuito de iniciar pela primeira vez uma organização garimpeira formalizada na região, para viabilizar o garimpo semimecanizado e a continuidade da lavra de diamantes em conformidade ambiental, foi fundada em 2001 a Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí (Coogan).

Essa cooperativa é responsável por fazer as requisições de pesquisa mineral e Permissão de Lavra Garimpeira junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral

(DNPM), bem como da obtenção da licença ambiental, e conseqüentemente, pela recuperação das áreas degradadas pela exploração mineral, inclusive através da execução do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad) previsto pela legislação ambiental brasileira. Essa cooperativa se propõe a trabalhar com mineração numa nova perspectiva socioambiental, com estatuto interno que visa gerar emprego e renda para a população local e norteia as regras do garimpo.

A Coogan obteve autorização para prospecção mineral depois de sua fundação e após estar em conformidade com a legislação mineral e ambiental brasileira. As áreas garimpadas estão localizadas nas imediações da Fazenda Santo Onofre II e do rio Paraguaçu, identificados como garimpos Santa Rita e Pau D'óleo, na região da Chapada Diamantina, no município de Andaraí, Bahia.

Existem diversas pesquisas em diferentes áreas do conhecimento que propõem resolver a questão ambiental relacionada à extração mineral. Nas palavras de Flôres & Lima (2012), "A conciliação entre a mineração – indústria fundamental à vida moderna – e, de outro lado, a necessária proteção ambiental – direito inalienável dos seres vivos é medida que se impõe". Nesse contexto, com o aumento das restrições ambientais na região da Chapada Diamantina, os conflitos relacionados à continuidade dos garimpos de diamantes ganharam destaque na atualidade, pois se trata de uma região rica em recursos naturais e com um grande potencial para a extração de minérios, como o diamante (NOLASCO, 2002).

Este trabalho apresenta um modelo da exploração desses recursos em conformidade com a implantação de um projeto de recuperação ambiental dos garimpos de diamantes, para subsidiar a atividade de lavra garimpeira de forma sustentável frente à legislação pertinente. O trabalho contribui para solucionar a problemática de como aliar a exploração destes recursos naturais, que geram emprego e renda na região, à necessária preservação ambiental, conflitos que perpassam pela história da Chapada Diamantina até os dias atuais.

Este estudo também apresenta um diagnóstico dos impactos ambientais associados aos garimpos de diamantes. Há muitos anos, atuante na região, os garimpos foram apontados como causadores de modificações no meio ambiente, com destaque para os impactos nos rios, solo, topografia, drenagem e na cobertura vegetal. Antes de propor um modelo, buscou-se conhecer as atividades de garimpagem da cooperativa e caracterizar os depósitos aluvionares explorados. É importante ressaltar que o estudo apresentou os efeitos no meio ambiente e

infraestrutura local, pressupondo apenas aspectos físicos e físico-químicos no entorno do garimpo, bem como a interação socioeconômica da atividade na região, e a partir desses impactos detectados, gera um modelo com propostas para a recuperação ambiental dos aluviões lavrados.

Os resultados disponibilizam informações importantes para gerar bases sustentáveis à avaliação de programas de recuperação ambiental para áreas degradadas por garimpos de diamantes em depósitos aluvionares. Dessa forma, foi considerada a seguinte hipótese: a recuperação ambiental das áreas de garimpos em aluviões diamantíferos é possível. Logo, o principal questionamento que envolve esta pesquisa é saber se a recuperação ambiental promovida pelos garimpeiros, nas áreas degradadas pela exploração dos diamantes, tem conseguido estabelecer os padrões recomendados pela legislação pertinente na área de influência dos garimpos.

1.1 OBJETIVOS

a) Objetivo geral:

- Realizar um diagnóstico ambiental avaliando os impactos ambientais e a recuperação ambiental nas áreas com exploração de aluviões diamantíferos nos garimpos de Andaraí na Chapada Diamantina.

b) Objetivos específicos:

- Caracterizar as jazidas do complexo garimpeiro em Andaraí com base em análise textural e mineralógica dos sedimentos do sistema aluvionar.
- Caracterizar os parâmetros da mineração, como método de lavra, relação estéril/minério, volumes dos aluviões, dimensões das camadas de estéril e cascalho diamantífero.
- Avaliar a recuperação ambiental em área teste promovida pela Coogan, avaliando se as modificações ocorridas na área estão de acordo com legislação mineral e ambiental brasileira.
- Propor um modelo para recuperação ambiental em garimpos de diamantes explorados por cooperativas.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação está dividida em seis capítulos, sendo o primeiro um capítulo introdutório para contextualizar o trabalho. O segundo capítulo é destinado à apresentação de uma revisão bibliográfica geral, descrevendo os aspectos relacionados à mineração de diamantes, os garimpos na Chapada Diamantina, descrição dos depósitos aluvionares diamantíferos, métodos de lavra e beneficiamento e aspectos sobre legislação ambiental e recuperação de áreas degradadas por mineração. O terceiro capítulo traz considerações metodológicas gerais da pesquisa.

Já os capítulos subsequentes estão escritos em formato de artigo, os quais apresentam e discutem os resultados encontrados nesta pesquisa. O capítulo 4, *“Caracterização geológica e a mineração de aluviões diamantíferos nos garimpos da Chapada Diamantina - Bahia”*, apresenta e discute os resultados da caracterização dos depósitos aluvionares da área de estudo e a mineração desses aluviões por parte dos garimpeiros. O capítulo 5 intitulado *“Avaliação dos impactos e recuperação ambiental de áreas degradadas: propostas para os garimpos de diamantes na Chapada Diamantina – Bahia”*, realiza um diagnóstico dos impactos ambientais associados às atividades garimpeiras e propõe um modelo de uma recuperação ambiental adequada para áreas garimpadas. O último capítulo apresenta as considerações finais desta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MINERAÇÃO DE DIAMANTES NO MUNDO E NO BRASIL

Os diamantes têm composição química considerada simples, sendo constituído apenas pelo elemento químico Carbono (C) e denso arranjo atômico, cristalizado sob altas pressões e temperaturas (ANDRADE, 1999; ALVES & PERALTA, 2010). Conforme Kraus (2008), o diamante é um mineral raro, infundível e refratário a ação de ácidos, ocupando o mais alto posto na escala de dureza. Características peculiares como o seu brilho mais esplêndido e mais resplandecente, quanto maior e melhor lapidada for a gema, o tornam único entre muitas pedras preciosas.

O primeiro centro produtor de diamantes no mundo foi a Índia, com dados históricos indicando que a gema já era utilizada no território entre os anos 800 e 600 antes de Cristo (ANDRADE; 1999). A Índia dominou o mercado até a descoberta dessas pedras em território brasileiro no começo do século XVIII, pois ainda não eram conhecidos os diamantes da África (FERREIRA 1993; ALVES & PERALTA 2010). A África Subsaariana passou a ser o maior produtor de diamantes do mundo após a descoberta dos campos de Kimberley e Colônia do Cabo, com boa parte dos diamantes advindos de depósitos aluvionares (depósitos de placer), com extração realizada de forma artesanal e exercida por mineração de pequeno porte. (SHIAVINATTO, 2012)

Conforme a *Diamond Development Initiative*, em Priester et al (2010), estes depósitos diamantíferos representam aproximadamente 20% da produção mundial de diamantes. No entanto, a maior parte deles possui um valor agregado maior que os de recuperação por fontes primárias, uma vez que sofreram processos de seleção e qualificação ao longo de todo percurso na bacia sedimentar até a sua deposição final. Um dos maiores depósitos de placer diamantífero do mundo localiza-se no sudoeste do continente africano, abrangendo os países da Namíbia e África do Sul.

Por outro lado, os diamantes produzidos diretamente das fontes primárias (rochas vulcânicas tipo Kimberlito e Lamproíto) apresentam teores mais expressivos, como o da jazida de Argyle, na Austrália (SVIZZERO & CHAVES, 1999). A Tabela 1 apresenta uma relação das principais descobertas de diamantes e os tipos de depósitos associados

Tabela 1 – Principais descobertas de diamantes ocorridas nos diversos países através do tempo.

PAÍS	LOCALIDADE	ANO	TIPO DE DEPÓSITO
Índia	Golconda	800 A.C	Aluv./Detrítico
Bórneo	Bórneo	600 D.C	Aluv./Detrítico
Brasil	Diamantina, MG	1729	Aluvionar/conglomerado
	São Lourenço, MT	1790	Aluvionar/Detrítico
	C.Diamantina, BA	1842	Aluvionar/Detrítico
	Água Suja, MG	1860	Aluvionar/Detrítico
	Rio Veríssimo, GO	1906	Kimberlítico
	Tibají, PR	1930	Aluvionar/Detrítico
	Juína, MT	1975	Aluvionar/Detrítico
	Nordestina, BA	2008	Kimberlítico
África do Sul	Colônia do Cabo	1867	Aluvionar/Detrítico
	Kimberley	1871	Kimberlítico
	Mina Premier	1904	Kimberlítico
	Rio Vaal	1926	Aluvionar/Detrítico
	Namaqualândia	1927	Aluvionar/Detrítico
Guiné	Aredor	1890	Aluvionar/Detrítico
Estados Unidos	Akansas	1906	Lamproíto
	Colorado	1979	Kimberlítico
Congo (Zaire)	Mbuji Mayi	1986	Kimberlítico
Namíbia	Luderitz	1908	Aluvionar/Detrítico
Tânzania	Mwadui	1910	Kimberlítico
Angola	Vale do Rio Kasai	1912	Aluvionar/Detrítico
Gana	Gana	1912	Kimberlítico
Costa do Marfim	Costa do Marfim	1914	Aluvionar/Detrítico
Serra Leoa	Koidu	1930	Kimberlítico
Libéria	Note e Noroeste	1930	Kimberlítico
Guiné Francesa	Guiné Francesa	1932	Aluvionar/Detrítico
Lesoto	Letseng-la-Terae	1958	Kimberlítico
Botswana	Orapa	1967	Kimberlítico
Venezuela	Rio Carone	1901	Aluvionar/Detrítico
	Rio Quebrada	1970	Aluvionar/Detrítico
Rússia	Montes Urais	1942	Aluvionar/Detrítico
	Yakutia	1957	Kimberlítico
China	China	1955	Kimberlítico
Rússia	Mir	1958	Kimberlítico
Suaziland	Suaziland	1973	Kimberlítico
Austrália	Argyle	1979	Lamproíto
Canadá	Lec de Grass	1998	Kimberlítico

Fonte: Adaptado de ANDRADE, 1999. Fonte: SCHIAVERO, 1995; DNPM, 2017.

As reservas mundiais de diamantes estimadas nesta década, pelo *Mineral Commodity Summaries – 2016* é de mais de 750 Mct (milhões de quilates), sendo os Estados Unidos considerado o principal mercado mundial das gemas. Segundo o DNPM (2014), a Austrália é o país que detém a maior reserva de diamante, seguido da República Democrática do Congo e de Botsuana. O Brasil detém 1,8 % da reserva mundial, considerando as reservas declaradas pelos detentores de concessões de lavra. Neste ranking, descrito na Tabela 2, o Brasil apresenta uma posição modesta em relação à reserva e a produção de diamantes mais importante, levando em consideração o universo de países que dele participa (SCHIAVINATTO, 2012). Na produção nacional destacam-se como estados produtores, o Mato Grosso e Minas Gerais, seguidos em menor relevância pela Bahia e Piauí.

Tabela 2 – Reservas e produção mundial de diamantes (estimadas).

Discriminação Países	Reserva (10 ⁶ ct)	Produção (ct)		
		2012	2013	(%)
Brasil	13,5	49.234,00 (4)	49.166,23(4)	0,04
Rússia	40	34.927,650	37.884,140	29
Botsuana	130	20.554,928	23.187,580	18
República Democrática do Congo	150	21.524,266	15.681,985	12
Austrália	270	9.180.923,0	11.728.657,4	9
Canadá	Nd	10.450,618	10.561.623,0	8
Zimbábue	Nd	12.060,163	10.411.817,6	8
Outros países	146	19.217,204	20.977.811,4	16
TOTAL	750 (Arredondado)	127.964,986	130.482,781	100,0

Fonte: (1) *Mineral Commodity Summaries – 2014, Diamond Industrial*, (2) dados DNPM: Relatório Anual de Lavra (RAL) 2014; (3) *KPCS – Annual; Global Summary* e Relatório de Transações Comerciais (RTC); (4) dados do SCPK (Sistema de Certificação do Processo de Kimberley) gerenciados pelo DNPM (ct) quilate; (nd) dado não disponível.

Em território brasileiro, os relatos sobre os primeiros diamantes surgem a partir de 1729 no Tejuco, atual região de Diamantina, em Minas Gerais. Na Bahia, a primeira exploração intensiva na Chapada Diamantina só começou em 1845, no Rio Mucugê no alto Paraguaçu, concentrando mais de 30.000 mil pessoas (SVIZZERO, 1995;

ANDRADE, 1999; CHAVES & CHAMBEL; 2004). Desde o século XIX, a garimpagem de diamantes, concentradas principalmente nos municípios de Lençóis, Palmeiras, Andaraí e Mucugê, levou a região a um desenvolvimento e povoamento tumultuados, que deixaram vestígios e registros geológicos nos sítios urbanos (NOLASCO, 2002).

A decadência da atividade garimpeira se dá na segunda metade do século XX e retomando sua intensidade com a chegada das primeiras máquinas de extração de lavras mecanizadas. A partir do uso de novas técnicas de extração - o *garimpo semimecanizado* - entre as décadas de 1970 a 1980 se intensifica como uma atividade realizada de maneira artesanal em serras, para extração em aluviões de forma semimecanizada, a partir de máquinas como dragas e retroescavadeiras (NOLASCO, 2002; PIMENTEL, 2014, ROCHA & ROCHA, 2015).

As pesquisas de Nolasco (2002), Matta (2006) e Pimentel (2014) apresentam uma ampla visão sobre os conflitos socioambientais relacionados à extração mineral na Chapada Diamantina. Os garimpos de diamante existem mais de 150 anos nessa região, que chegou a ser a maior produtora de diamantes do mundo e hoje apresenta uma redução drástica de exploração devido à queda do preço internacional e principalmente ao esgotamento das jazidas de mais fácil extração (MATTA, 2006).

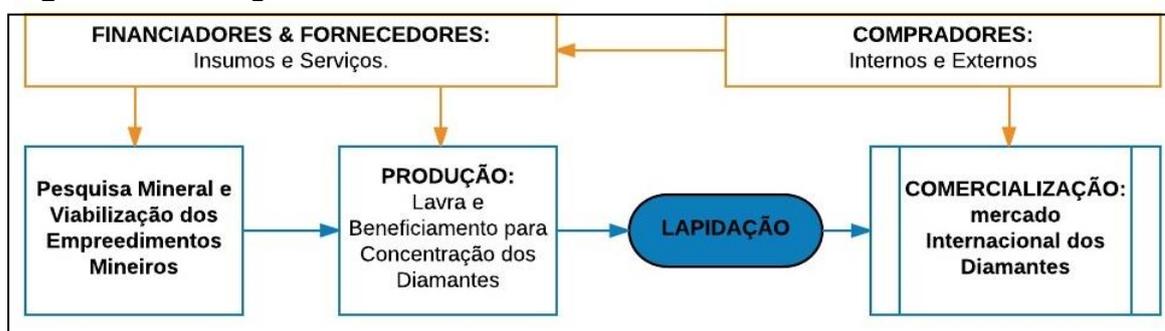
A cidade de Lençóis foi a grande província mineira da região, onde ocorria a lapidação dos cristais e onde eram realizadas as feiras de comercialização dos diamantes. Conforme Teixeira (1998) e Matta (2006), os garimpeiros da região eram frequentemente encontrados discutindo negócios com compradores oriundos de Paris e Amsterdam. Em Lençóis desenvolveu-se um centro urbano com arquitetura de estilo colonial típico da riqueza mineira característica de certas regiões dos séculos XIX e XX no estado da Bahia. Andaraí, também desenvolveu sua história sob a influência do garimpo de diamantes, com garimpos ocorrendo em terras próprias. O desmembramento da vila Santa Isabel do Paraguaçu, atual Mucugê, fez Andaraí adquirir a categoria de Distrito, depois, de Vila e, posteriormente, a condição de cidade, alcançada em abril de 1891 (TEIXEIRA, 1998).

2.1.1 Cadeia produtiva dos Diamantes e Certificação Kimberley

A cadeia produtiva, criada em torno dos diamantes, pode ser definida pelas atividades de prospecção, extração mineral e concentração dos diamantes

financiados por agentes investidores do mercado das gemas, seguida pela etapa de lapidação e comercialização para artesanato industrial e joalherias (GOREUX, 2001). Quando a pedra preciosa é encontrada na modalidade aluvionar é vendida em bruto, para posteriormente ser separada obedecendo aos critérios de tamanho e qualidade e em seguida, passar pelas etapas de corte e polimento para confecção da joia (SCHIAVINATTO, 2012). A cadeia produtiva de diamantes, de um modo geral, pode ser visualizada no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da Cadeia Produtiva de Diamantes.



Fonte: CPRM, 2006.

Segundo Gosmann (2011) e Schiavinatto (2012), no que diz respeito à comercialização dos diamantes, é importante dar destaque ao Sistema de Certificação do Processo Kimberley (SCPK), que tem por objetivos

“I – Assegurar o acesso da produção brasileira de diamantes brutos ao mercado Internacional; II – Impedir a entrada, no território nacional, de diamantes brutos originários de países não-participantes do Processo de Kimberley, bem como daqueles originários dos países participantes, mas que estejam desacompanhados de documentação compatível com aquele Sistema; e III - Impedir a saída do território nacional de diamantes brutos desacompanhados do Certificado do Processo de Kimberley.” (MATTA, 2006).

Um dos principais objetivos dessa certificação internacional é impedir a comercialização de diamantes extraídos irregularmente, de acordo com a política de combate a lavra clandestina do governo brasileiro, além de impedir o financiamento de conflitos no mundo relacionados ao mercado dos diamantes (MATTA, 2006; RIBEIRO & SILVA, 2010). Nesse contexto, para manter a estrutura legal que tem a função de regulamentar e fiscalizar a atividade de mineração no Brasil e comercialização de minérios foram criados diversos órgãos federais, estaduais e

municipais que controlam os processos de autorização, concessão e licenciamento ambiental nos empreendimentos mineiros, no caso dos diamantes, a regulamentação e fiscalização estão ligadas a órgãos federais, que serão discutidos no tópico a seguir.

2.2 LEGISLAÇÃO MINERAL BRASILEIRA

A Constituição Federal de 1988 influencia na estrutura organizacional da atividade de mineração e na sua interface com meio ambiente, pois, nos termos do artigo 20, inciso XII, os bens minerais pertencem à União, inclusive os do subsolo, sendo de competência da União legislar sobre estas jazidas e minas (BRASIL, 1988). A Constituição, ainda indica no artigo 225

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. (BRASIL, 1988)

Nesse contexto, a Constituição de 1988 foi ainda a primeira que dedicou alguns incisos à questão garimpeira e às questões ambientais, o que pode ser considerado de grande relevância no setor mineral, pois significou um marco do reconhecimento, nos termos legais, da atividade garimpeira como uma forma de aproveitamento mineral (CETEM, 2002). O artigo 21, por exemplo, define como uma das atribuições da União estabelecer as áreas e as condições para o exercício da atividade de garimpagem, em forma associativa (BRASIL, 1988).

A Constituição atribui literalmente a competência da União de legislar sobre jazidas minerais e, para este fim, foi criado o *Código de Mineração*, cujo objetivo era dar cumprimento à definição da política e do plano de desenvolvimento econômico do governo da época (MATTA, 2006). Promulgado através do Decreto-Lei Nº 227 de 1967, e atualizado pela Lei Nº 9.314 de 1996, o *Código de Mineração* é considerado o principal marco regulatório constitucional do setor mineral brasileiro, pois apresenta as diretrizes sobre os regimes de autorização e concessão para aproveitamento das jazidas minerais, de conceitos como pesquisa e lavra, dos direitos do minerador e do proprietário do solo, das empresas e cooperativas legalmente habilitadas à mineração, entre outros assuntos de interesse dos agentes da mineração (CETEM, 2002).

Segundo o *Código de Mineração*, em seu artigo 70, a garimpagem pode ser considerada como

O trabalho individual de quem utiliza instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis, na extração de valiosas pedras preciosas, minerais metálicos ou não metálicos, em depósitos de eluvião 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, 1967).

O regime de aproveitamento legal mais apropriado para este tipo de garimpo artesanal ou manual é o de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG). Para os trabalhos de garimpagem feitos com o uso de retroescavadeiras e bombas de dragagem, para remoção do capeamento e desmonte hidráulico do cascalho, pode-se aplicar o regime de autorização de pesquisa e concessão de lavra de acordo com a dinâmica do trabalho, que caracteriza o garimpo do tipo semimecanizado (DNPM, 2016). A licença ambiental é documento obrigatório para o deferimento de todos os regimes de exploração mineral.

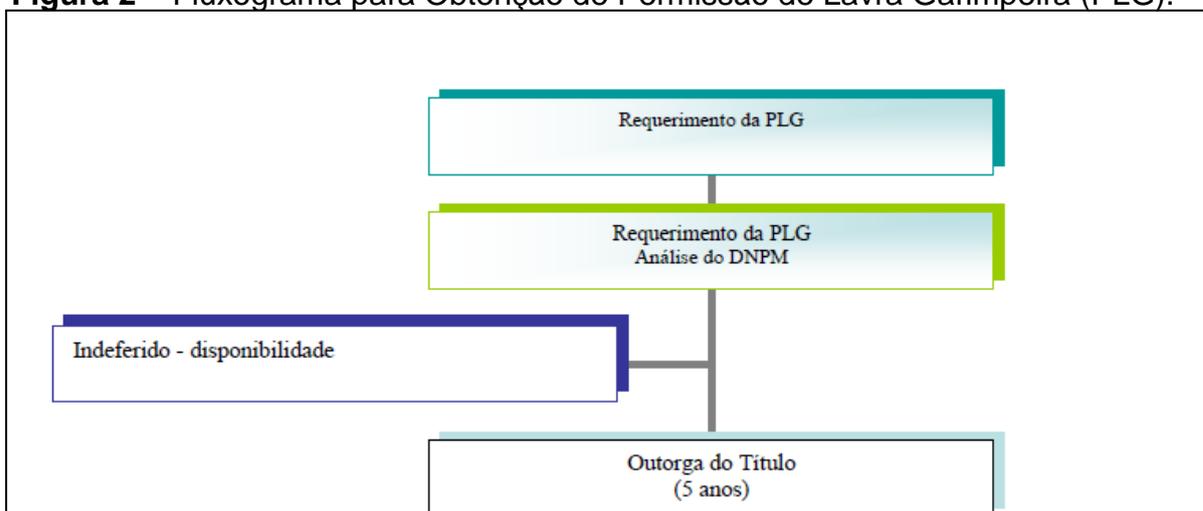
Nessa perspectiva, todos os regimes de aproveitamento mineral estão definidos nesse Código, com base na sua importância econômica para o país, no tipo da jazida e na autoridade concedente do direito à exploração (CETEM, 2002; MME, 2006). Para contemplar os objetivos desta pesquisa serão discutidos apenas os itens que dizem respeito ao cenário da extração de diamantes na Chapada Diamantina: regime de *Permissão de Lavra Garimpeira* e os regimes de *Autorização e Concessão*.

2.2.1 Regimes de Aproveitamento mineral para Diamantes

O regime de *Permissão de Lavra Garimpeira (PLG)* é o mais adequado aos garimpos do tipo artesanal ou manual, de acordo com a natureza simples dos trabalhos de extração, o seu pequeno porte e o tipo de substância explorada economicamente - o diamante. Este tipo de licença é aplicável aos depósitos eluvionares, aluvionares e coluviais dos seguintes minerais garimpáveis: diamante, ouro, cassiterita, columbita, tantalita, berilo, espodumênio, wolframita e outros tipos de ocorrências minerais que vierem a ser indicados para garimpagem, a critério do órgão federal competente.

A PLG pode ser obtida por garimpeiros de forma individual, ou organizados em cooperativas se forem cumpridas as seguintes etapas processuais apresentadas na figura 2 e explicadas na sequência.

Figura 2 – Fluxograma para Obtenção de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG).



Fonte: Adaptado de MATTA, 2006.

As etapas a serem cumpridas são as seguintes:

- 1ª Etapa: Entrada com processo de requerimento da PLG a ser protocolado no Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, regulamentada pela Portaria nº 178, de 12/04/2004, Diário Oficial da União de 13/04/2004, do Diretor geral do DNPM. A área máxima a ser requerida por pessoa física é de 50 hectares e, por uma cooperativa, de 1000 hectares;
- 2ª Etapa: O DNPM analisa o processo e realiza inspeção “in loco” com emissão de parecer em relação à área requerida. O objetivo desta análise é a emissão de uma declaração de aptidão do requerente para receber a PLG. Se o pedido de PLG for indeferido, a área será declarada disponível por edital.
- 3ª Etapa: Após a declaração de aptidão do requerente para receber a PLG, ele terá noventa dias para apresentar a licença ambiental ao DNPM;
- 4ª Etapa: Outorga definitiva do título da PLG com a protocolização da licença ambiental. O título vigorará por um prazo de cinco anos podendo ser renovado quando requerido pelo titular, a critério do DNPM.

De maneira geral, os trâmites processuais para aquisição da PLG são considerados mais simples quando comparado aos processos de concessão e autorização, pois não é necessária a etapa de pesquisa mineral e nem de um projeto de lavra mais elaborado associado a um Plano de Aproveitamento Econômico – PAE para a jazida de diamantes.

No entanto, os garimpeiros devem cumprir as Normas Reguladoras da Mineração - Portaria do DNPM N° 12 de 22/01/2002 e Portaria N° 178 de 12/04/2004, DOU de 13/04/2004. Essas normas estão relacionadas à boa técnica de mineração, da prevenção e segurança dos trabalhos de mineração e recuperação ambiental. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em sua Instrução Normativa N° 11, de 11 de dezembro de 2014, também ratifica a necessidade de mineradores em cumprir a legislação ambiental, especialmente no que concerne aos procedimentos relativos à reparação de danos ao meio ambiente.

Para a extração mecanizada de diamantes, quando se utilizam equipamentos tipo dragas e desmonte hidráulico do material estéril, os regimes de *autorização de pesquisa e concessão de lavra* são os mais adequados. Esses dois regimes se complementam e podem ser resumidos nas seguintes etapas descritas pelo DNPM (2016), sintetizadas no fluxograma da Figura 3 e analisadas no trabalho de Matta (2006):

- 1ª etapa: O pretendente solicita o requerimento do Alvará para o regime de autorização de pesquisa, diploma legal, outorgado pelo diretor geral do DNPM, que o autoriza, somente, a pesquisar na área de interesse. É a fase de prospecção da jazida contendo estudos exploratórios do projeto de mineração. Esse regime antecede ao regime de concessão de lavra e é dispensável, somente, quando o regime definitivo de lavra da jazida é o de regime de permissão de lavra garimpeira. Se o requerimento for indeferido, a área será declarada disponível por edital publicado no DOU para novos interessados, conforme Portaria Ministerial N° 12, de 16/01/1997.

Para esse regime de autorização de pesquisa, a legislação mineral estabelece os tamanhos de áreas apresentados no Quadro 1. A área máxima a ser requerida para diamante é de 2000 hectares.

Quadro 1 – Minerais e Área para requerimento.

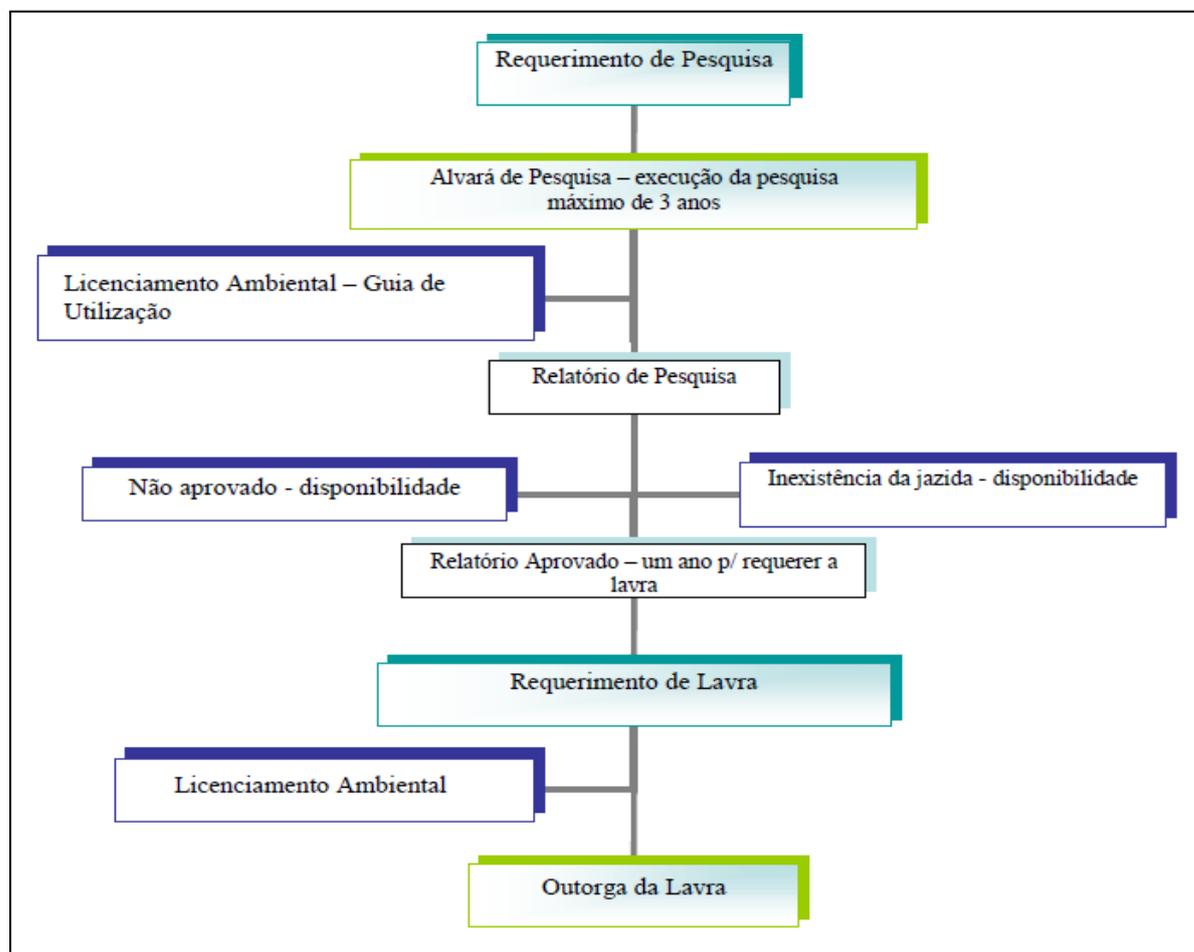
Substâncias	Tamanho da Área
Minerais metálicos, minerais fertilizantes, carvão, diamante, turfa, sal-gema, rochas betuminosas e pirobetuminosas.	Até 2.000 ha, com o prazo de três anos, renovável por mais três anos. Na Amazônia Legal poderá atingir até 10.000 ha.
Minerais de uso imediato na construção civil, águas minerais, areias de fundição, ardósias, calcita, dolomitos, feldspatos, gemas, micas, pedras ornamentais, quartzito, quartzo e rochas para revestimento.	50 há, pelo prazo de dois anos, renovável por mais um ano.
Demais substâncias.	Até 1.000 ha, com o prazo de três anos, renovável por mais três anos.

Fonte: CETEM, 2002.

- 2ª Etapa: De posse do Alvará de Concessão de pesquisa, o titular põe em prática o Plano de Pesquisa a ser realizado na área com todos os trabalhos de pesquisa mineral. Geralmente, realiza-se um estudo das dimensões e características geológicas da jazida, além de avaliação da relação estéril-minério e viabilidade econômica para a futura lavra. Os trabalhos técnicos de prospecção e pesquisa geológica têm prazo máximo de três anos, podendo ser prorrogado até igual período a critério do DNPM (art. 22, do *Código de Mineração*). Antes de finalizar o prazo desta etapa de pesquisa, o relatório com a conclusão dos trabalhos exploratórios deve se submeter à aprovação do DNPM.
- 3ª Etapa: Após a avaliação do relatório final de pesquisa pelo DNPM, se este apontar para inexistência da jazida ou inviabilidade técnica dos trabalhos de lavra, o processo é arquivado e a área entra em disponibilidade para pesquisa, por edital para novos interessados. Se o relatório for aprovado (art. 30, item I do CM), o titular terá o direito por um ano, a partir da data da publicação no DOU da sua aprovação, a requerer a lavra da jazida apresentando um Plano de Aproveitamento Econômico – PAE. Este requerimento precisará ser efetuado por pessoa jurídica.
- 4ª Etapa: Se o requerimento da concessão final de lavra for deferido, o titular poderá obter a concessão de lavra através de Portaria assinada pelo Ministério de Minas e Energia. O concessionário terá o prazo de seis meses para iniciar a lavra, de acordo com as condições especificadas no PAE e exigidas pelo DNPM e pelo órgão ambiental competente. O fluxograma da Figura 3

representa as etapas processuais inerentes à obtenção dos regimes de autorização e concessão

Figura 3 - Fluxograma para Obtenção da Outorga de Lavra.



Fonte: Matta, 2006.

Além da autorização e concessão, ainda é preciso adquirir junto ao DNPM ou, dependendo de determinadas situações, junto à Secretaria da Receita Federal, a Certificação do Processo de Kimberley (Lei Nº 10.743, de 09/10/2003), com base no sistema de certificação internacional de origem dos diamantes brutos destinados à exportação e à importação para evitar a comercialização ilegal dos diamantes (lavra clandestina).

2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM MINERAÇÃO

O Prad – Plano de Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas está inserido no âmbito do Programa Nacional de Gestão de Recursos Naturais dando subsídio para a Agenda 21, e deve apresentar ações voltadas à “promoção de recuperação de

áreas degradadas no território nacional”, inclusive por atividades de mineração (BRASIL, 2000).

Todas as alterações ambientais promovidas pela garimpagem devem ser reabilitadas, conforme salienta o § 2º do artigo 225 da Constituição Federal de 1988: “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” (BRASIL, 1988). Os incisos do artigo 47 do *Código de Mineração* também convergem com a legislação ambiental e estão relacionados com as consequências ambientais e sociais das atividades de mineração, conforme CETEM (2002), quando afirma que o titular da concessão fica obrigado a

VIII - Responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra; IX - Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local; X - Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos; XI - Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração; XII - Proteger e conservar as Fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos [...]; XIII - Tomar as providências indicadas pela Fiscalização dos órgãos Federais; XIV - Não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao DNPM; XV - Manter a mina em bom estado, no caso de suspensão temporária dos trabalhos de lavra, de modo a permitir a retomada das operações (BRASIL, 1967).

Esse fragmento do Código apresenta uma preocupação com os impactos ambientais da mineração no meio físico que podem atingir a qualidade do solo, da água e do ar, mas como os impactos negativos da mineração não se restringem ao meio ambiente, os incisos XIV e XV dão atenção especial ao impacto social da paralisação temporária das atividades. Segundo Flôres & Lima (2012), os impactos da paralisação da lavra acarretam mudanças na estrutura e funcionamento das ordens econômicas, social e cultural, local e regional.

Nas últimas décadas a questão ambiental relacionada à exploração de recursos naturais tem sido debatida, principalmente por instituições governamentais sobre o acesso do homem a estes recursos com a manutenção de um ambiente ecologicamente equilibrado. Segundo Rocha (2015), nesse mesmo período começa a expandir no Brasil e no mundo, debates e inquietações a respeito da questão ambiental.

Como exemplo, as Conferências Mundiais de Meio Ambiente, os movimentos sociais em defesa do meio ambiente e Organizações Não Governamentais que lutam pela preservação ambiental, assim como o surgimento de Unidades de Conservação (UCs) – a exemplo do Parque Nacional da Chapada Diamantina, em 1985. A criação de UCs como forma de frear os índices alarmantes de degradação ambiental acarretou conflitos socioambientais relacionados a interesses distintos, por exemplo, o contraponto entre o uso sustentável e a proteção integral (SANTOS & CARVALHO, 2006; PIMENTEL, 2014).

No que diz respeito à recuperação de área degradada pela mineração, é tratada com especial atenção no Decreto Federal Nº 97.632, de 10 de abril de 1989, o qual determina que, conjuntamente com o EIA/RIMA, os empreendimentos que visem à exploração de recursos minerais devem “submeter à apreciação do órgão ambiental competente plano de recuperação de área degradada. ”

Esse decreto tem como exigência principal o Plano de Recuperação da Área Degradada (Prad) junto com a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). A recuperação de área minerada também é determinada pelos artigos 20, 176 e 225 da Constituição Federal, pelo artigo 19 da Lei Federal Nº 7.805/1989, pelo Decreto Federal Nº 99.274/1990, e artigo 55 da Lei Federal Nº 9.605/1998, todas visando a prevenção de impactos ambientais (ROCHA 2015; BRASIL, 2016). Dessa forma, o plano de recuperação das áreas degradadas torna-se condição básica para a obtenção da concessão para prospecção mineral e da posterior autorização da lavra.

O Prad da Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí foi elaborado para uma área inicial de 141.8 hectares visando realizar o requerimento ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para a prospecção de diamantes (COOGAN, 2017). A autorização ocorreu em 04 de dezembro de 2012 publicado em Diário Oficial da União e o prazo de duração da pesquisa foi de três anos.

Com a implantação do PRAD se pretende implantar medidas de recuperação, restabelecendo a função ambiental da área como a estabilidade geológica, harmonia paisagística, conservação dos solos, preservação da fauna e flora entre outros benefícios ambientais. Adequação paisagística quando da conclusão da recuperação de área será semelhante à vegetação nativa da região e será entregue ao

proprietário da fazenda para que ele defina junto aos órgãos ambientais seu uso futuro. (COOGAN, 2012, p. 21-22)

Este documento tem por objetivo devolver ao meio ambiente as principais características físico-químicas e biológicas na área garimpada. (ROCHA & ROCHA, 2015) Dessa forma, a legislação mineral converge com a legislação ambiental de forma inequívoca, pois para a obtenção do direito à extração mineral, torna-se também obrigatória o cumprimento à legislação ambiental e a obtenção da licença ambiental. Essa licença geralmente se encontra relacionada às legislações federais, estaduais e municipais que são baseadas principalmente das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

2.4 OS DEPÓSITOS ALUVIONARES E A LAVRA DIAMANTINA NO BRASIL

O Brasil foi o primeiro país ocidental a produzir diamantes oriundos de depósitos aluvionares, iniciando os trabalhos de extração na região central do de Minas Gerais no ano de 1729, permanecendo durante um século como o maior produtor do mundo, perdendo a sua posição somente depois da descoberta do campo de Kimberley na África do Sul (SVISERO, 1995). Conforme Turra (2012), destacam-se no cenário nacional as províncias diamantíferas relacionadas à Serra do Espinhaço, que é considerada um sítio clássico dos estudos geológicos brasileiros por conter rochas fontes de diamantes.

A Serra do Espinhaço é definida como uma unidade fisiográfica com elevações que atingem mais de 1000 metros acima do nível do mar e que atravessa o interior dos estados da Bahia e de Minas Gerais, com orientação geral no sentido Norte-Sul, relacionada com as maiores reservas de diamantes oriundos de depósitos aluvionares do território brasileiro, apresentando significativo impacto socioeconômico para estas regiões. (CHAVES, 2004; CHAVES & BENITEZ, 2009; TURRA, 2012)

Svisero (1995) e Chaves (1997) desenvolveram pesquisas na Serra do Espinhaço para o entendimento dos processos geológicos que atuam na crosta terrestre para formação dos depósitos diamantíferos e identificaram diversos ciclos de erosão e sedimentação para formação dos depósitos aluvionares. No intuito de identificar as rochas-fonte de diamante nestas regiões foram rastreados minerais

pesados indicadores de rochas kimberlíticas na Serra do Espinhaço e nos sistemas aluvionares recentes da região.

Os dados coletados nos trabalhos dos autores não chegaram a uma resposta conclusiva, mas certamente contribuíram para reforçar o entendimento sobre a teoria da formação dos depósitos aluvionares de diamantes no território brasileiro. Acredita-se que, na medida em que estas rochas, fontes primárias dos diamantes, são intemperizadas e erodidas, principalmente, pelas águas fluviais e pela gravidade, liberam os diamantes que são conduzidos pelas forças geológicas citadas, sendo armadilhados e depositados ao longo do trajeto em locais que compõem as jazidas secundárias (FLEISCHER, 1995; PEDREIRA, 2002).

2.4.1 Formação de Depósitos Aluvionares Diamantíferos

O engenheiro Teodoro Sampaio descreveu a extensa região das lavras diamantinas, na Chapada Diamantina entre 1879 e 1880:

Se, porém, quisermos delimitar com mais precisão a zona diamantífera, no interior da Bahia, teríamos de destacar entre os onze graus e os catorze graus de latitude sul, o mais largo trecho da chapada, cujos limites por linhas naturais seriam, a começar de oeste: o rio São Francisco desde o Xiquexique até a Barra do Paramirim, e por este acima até as suas nascentes no pico das Almas, daí pelo curso do rio Brumado até sua barra no rio de Contas, seguindo depois por este abaixo até onde lhe entra pela esquerda o rio Sincorá. Daí, tomando para o Norte, sobe o Sincorá até as suas cabeceiras e, transpondo a serra de mesmo nome, ganha as nascentes do rio Una, cujo curso desce até a sua foz no Paraguaçu. Remonta o curso deste até a barra do rio Santo Antônio, e subindo por este acima vai até a foz do rio Utinga, cujo curso subirá até as suas cabeceiras nas vizinhanças do Morro do Chapéu. (...) A face ou vertente ocidental da Chapada Diamantina, que apresenta uma bela escarpa por sobre a alta planície dos Gerais, onde corre o rio Paraguaçu, tem comumente o nome de Serra do Sincorá e conta nada menos de cinco interrupções ou gargantas numa extensão de 140 quilômetros. (PEREIRA, 2010)

A Serra do Sincorá (Figura 4) tem um topo tabular ligeiramente inclinado para leste que representa o flanco conservado de um grande anticlinal, suavemente longo em direção ao Leste, sendo composto de metassedimentos da Formação Tombador (LIMA & NOLASCO, 2015).

Figura 4 – Serra do Sincorá, Chapada Diamantina/BA.



Fonte: Lima & Nolasco , 2015.

Os diamantes da Chapada Diamantina são oriundos de metaconglomerados do Mesoproterozóico do grupo Chapada Diamantina. Fragmentos destas rochas máficas ou ultramáficas, anteriores à mobilização que formou as rochas da Chapada Diamantina (Pré-Cambriano), foram incorporadas e passaram a fazer parte das rochas nas fácies conglomeráticas da Formação Tombador (PEDREIRA, 2002). Nesse contexto, as rochas que sustentam a Serra do Sincorá são essencialmente as rochas siliciclásticas dos grupos Paraguaçu e Chapada Diamantina, incluindo os arenitos rosados e conglomerados da Formação Tombador (PEREIRA, 2010).

Para entender a dinâmica que envolve a formação de um depósito diamantífero aluvionar a partir de suas fontes primárias (as rochas kimberlíticas), é importante considerar que

[...] Os aluviões são constituídos de sedimentos transportados e depositados pelos rios e possuem textura que pode variar de argila a cascalhos. A base dessa sequência sedimentar geralmente é constituída por cascalhos. (MORAES & LIMA, 2007)

A deposição dos minerais pesados na base é previsível em função de processos hidráulicos que relacionam as características físicas das correntes (velocidade e viscosidade do fluxo) com as características físicas dos materiais transportados (diâmetro e densidade) (GONZAGA & CAMPOS, 1999)

Nesse sentido, Ianhez *et al.* (1983) menciona que os ambientes, onde são encontrados depósitos aluvionares diamantíferos, estão nos trechos fluviais mais sinuosos ou onde se observa a intensa meandração do canal, sendo que a formação desses depósitos deve-se principalmente ao controle estrutural dos rios. Esses ambientes, de acordo com o seu mecanismo de transporte fluvial, podem ser formados pelos sistemas fluviais de leques aluviais, de rios entrelaçados, de rios meandantes e os depósitos resultantes da interação destes sistemas, e foram descritos pelos autores Gonzaga & Campos (1999) da seguinte maneira:

- *Sistema de Leques aluviais*: fácies fluviais do tipo "leques aluviais" são caracterizadas por uma sedimentação grossa com correntes aquosas e fluxos de detritos associados. Sua formação depende do perfil topográfico local, pois necessitam gradiente de relevo acentuado, podendo o mesmo ser originado ao longo de escarpas de falhas. Em relação às litologias depositadas, podem ser conglomerados (com proporções variáveis de matriz) até arenitos e argilitos. Um exemplo de depósito de diamante originado em condições de leques aluviais é a antiga "mina" de Romaria no oeste do estado de Minas Gerais.

- *Sistema fluvial entrelaçado*: é caracterizado pela migração de barras longitudinais e transversais com deposição de cascalhos e areias. Classificado como um sistema de alta energia de transporte em regime de fluxo superior e geralmente ocorrem rios entrelaçados dominados por areias ou por cascalhos. O transporte ocorre através de processos tracionais e existe uma tendência de diminuição da granulometria com o transporte. Um exemplo de depósito auri-diamantífero, originado a partir de um sistema fluvial entrelaçado, é representado pelas ocorrências de ouro e diamante na região do Rio Mau em Roraima. (Pessoa & D'Antonnal, 1988)

- *Sistema de Rios meandantes*: são caracterizados por grande carga em suspensão e reduzido transporte de materiais finos por tração (areias e silte). Um exemplo de um sistema meandrante atual com ocorrências diamantíferas tipo placer é representado por segmentos de grande extensão do Rio Paranaíba no Triângulo Mineiro.

Os rios da Chapada Diamantina de uma maneira geral são, ou foram diamantíferos, logo, possuem armadilhas de sedimentos (trapas), o que os tornam imediatamente indicador da presença das gemas (NOLASCO, 2002; PIMENTEL 2014). De acordo com os autores Suguio & Bigarella (1990), Lima & Nolasco (1997), e Nolasco (2002), para formação dos depósitos aluvionares da Chapada Diamantina

ocorreu uma reconcentração secundária, com sedimentos depositados-armadilhados nas falhas e fraturas abertas, verticais e horizontais, ampliadas pelos rios, em especial nas antigas praias e terraços fluviais suspensos.

Em relação aos principais tipos de depósitos aluvionares diamantíferos encontrados na Chapada Diamantina, são descritos por DNPM/CPRM (1991) e Matta (2006) como:

a) Depósitos de barras em pontal: Geralmente compostos por areias de granulometria média a grosseira, quartzosa, de cor marrom, com presença de argila. Estes sedimentos compõem em sua maioria o estrato estéril do depósito com uma espessura aproximada de 9 metros.

b) Depósitos residuais de canal: Constituídos de cascalhos médios a grosseiros com matriz areno-argilosa. Os seixos e blocos são bem arredondados e formados de quartzito, meta-arenito, entre outros minerais. São cobertos por areia, argila e solos orgânicos com espessura aproximada 1,5 m.

c) Depósitos de várzea e solos orgânicos: Constituídos de sedimentos essencialmente argilosos, orgânicos, pouco arenosos e escuros com espessura aproximada 10 m. De quando em vez, repousam sobre o cascalho diamantífero.

2.4.2 A lavra nos garimpos de diamantes

A mineração é o ramo da engenharia que conduz as operações extrativas principais, tendo em vista o melhor rendimento da exploração evitando a lavra predatória e preservando as reservas futuras e o meio ambiente (SOUZA, 2001). Priester *et al* (2010) e Scilar (1996), descrevem a mineração como a atividade que descobre, avalia, extrai e beneficia as substâncias minerais em depósitos superficiais ou subterrâneos, sendo o garimpo a forma mais rudimentar da atividade mineira.

Com relação aos principais tipos de mineração, em Minas a céu aberto, as atividades de lavra podem ser classificadas como mineração de minerais metálicos ou industriais (*open pit*), mineração de carvão (*countor mining*), mineração de rochas ornamentais e mineração de aluviões (desmonte hidráulico e dragagem), este último tipo, geralmente, está associado às atividades garimpeiras.

Segundo Scilar (1996), os garimpos ocorrem preferencialmente onde existe abundância de metais preciosos e de fácil extração, sendo o mais garimpável o diamante, além de ouro, cassiterita (minério de estanho) e comlumbialita (nióbio-

tântalo). Em relação aos trabalhos de garimpagem, Nolasco (2002) definiu que são explorações manuais ou semimecanizadas, executados individual ou coletivamente, geralmente classificados como tradicional (garimpo de serra) ou de dragas (mecanizado).

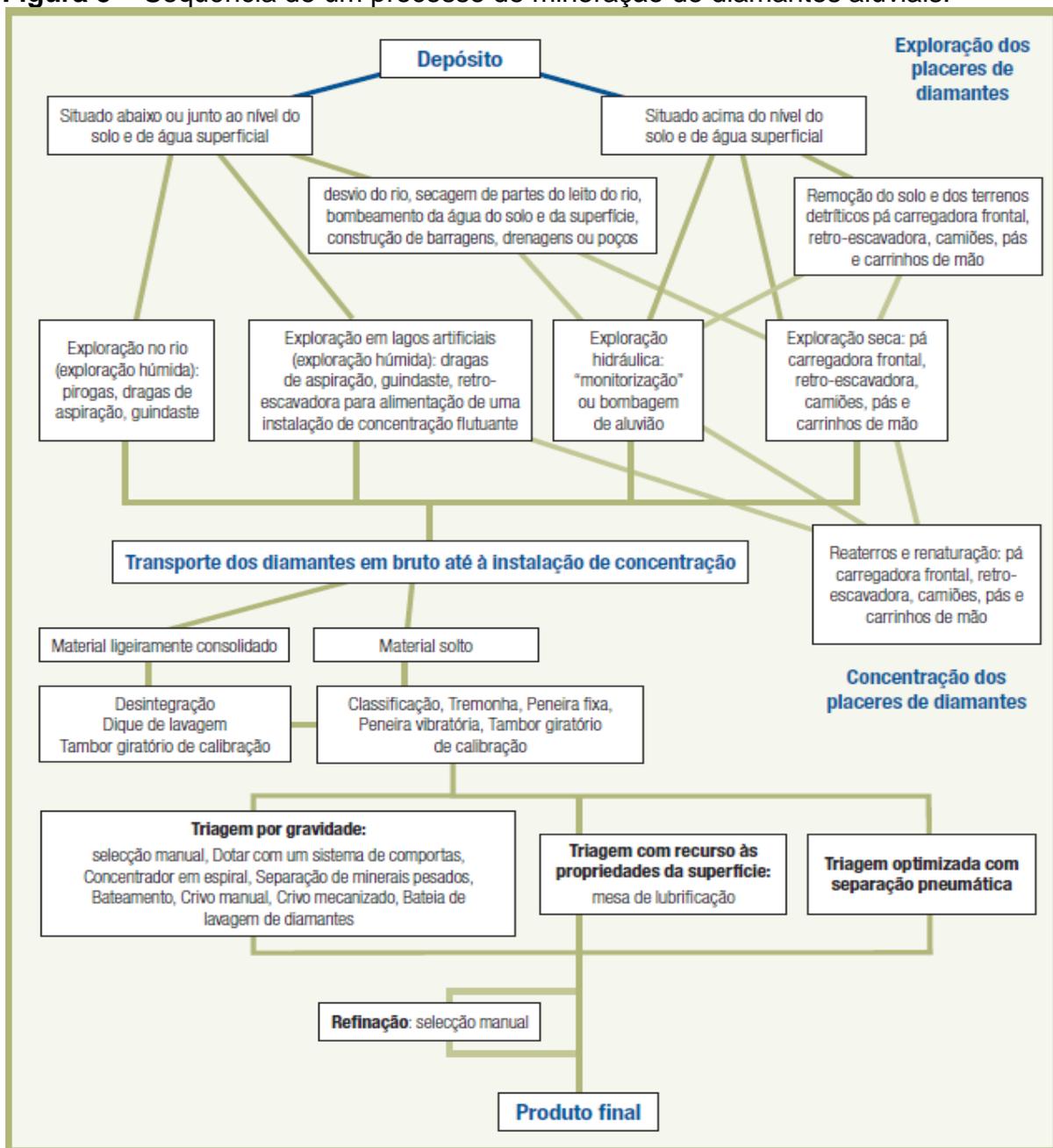
Nesse sentido, a dragagem pode ser definida como uma escavação subaquática de um placer, geralmente realizada a partir de uma plataforma flutuante, a qual incorpora os equipamentos de concentração e disposição dos rejeitos. (COSTA, 2014). Após a lavra por dragagem, inicia-se o tratamento ou beneficiamento do minério, que consiste de operações – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais (CETEM, 2010). No caso dos garimpeiros, são as operações de beneficiamento do cascalho diamantífero dragado.

Os diamantes existentes na Chapada Diamantina são comumente do tipo gema, mas existe também ocorrência do tipo industrial, o carbonado, composta por um agregado de micro-cristais de diamantes, de cores cinza ou preta, muito porosa e de aspecto irregular oriundos de depósitos aluvionares (MATTA, 2006).

Dessa forma, Gonzaga & Campos (1999) consideram que algumas características desses depósitos aluvionares secundários valorizam seu potencial exploratório, tais como a natureza inconsolidada, que viabiliza economicamente os trabalhos nos depósitos com teores de diamante significativos; o relativo baixo custo de exploração, pesquisa e lavra; a possibilidade de se desenvolver uma lavra garimpeira em circuito hidráulico fechado (para reciclagem de água), que minimizam os impactos ambientais na hidrografia local e a ocorrência de outras gemas e os diamantes industriais, aumentando os preços médios por quilate.

Nessa perspectiva, Priester *et al* (2010) afirma que as operações mineiras em lavras mecanizadas de diamantes, de maneira geral utilizam um processo de exploração semelhante: remoção do terreno detrítico com auxílio de retroescavadeiras, exploração de cascalho com recurso de dragagem, transporte mecanizado e concentração em equipamentos de lavagem mecanizados. O fluxograma da Figura 5 mostra detalhadamente as características da mineração de diamantes para diferentes tipos de depósitos de placeres diamantíferos bem como as técnicas semimecanizadas utilizadas em vários garimpos de diamantes ao redor do mundo.

Figura 5 – Sequência de um processo de mineração de diamantes aluviais.



Fonte: Priester et al., (2010) - Diamond Development Initiative (DDI").

O estudo de Priester et al. (2010), encomendado pela *Diamond Development Initiative (DDI)*, no âmbito do "Processo Kimberley" e realizado em lavras não-mecanizadas de diamante em países como Brasil, Guiana, Guiné, Gana, República Democrática do Congo e Serra Leoa, aponta para a baixa produtividade e o pouco lucro dos garimpeiros que utilizam ferramentas rudimentares e técnicas manuais.

Nesse estudo, os autores entenderam a mecanização em depósitos aluviais como sendo processo de fundamental importância para sua viabilidade:

(...) A mecanização é o processo de criação e implantação de equipamento especializado que aumenta o poder dos garimpeiros melhorando os resultados de trabalho relativos à capacidade física humana e ao lucro gerado com a garimpagem. (PRIESTER et al., 2010)

Segundo Nolasco (2002) e Matta (2006), os garimpos com uso de draga (Figura 6) ocorriam, nas décadas passadas, necessariamente em áreas com solo encharcado com este equipamento realizando operações de escavação, transporte e deposição de sedimentos. A dragagem era executada nas margens ou canais dos rios, e, eventualmente podia ocorrer em terrenos não tão adequados para a utilização das dragas, quando os garimpeiros não tinham retroescavadeira ou sequer trator à disposição para auxiliar na mecanização do trabalho.

Figura 6 - Maquinário utilizado na mecanização de garimpos de diamantes aluviais



Fonte: MATTA, 2006; PIMENTEL, 2014.

Frente à exaustão dos diamantes de serra (os mais fáceis, capazes de serem extraídos de forma artesanal), a região da Chapada foi submetida a uma larga aplicação das dragas para extrair os diamantes aluvionares (MATTA, 2006; PIMENTEL, 2014). Os impactos ambientais associados aos garimpos de aluviões são discutidos no tópico a seguir.

2.5 RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS EM MINERAÇÃO

A este respeito, Ahrens (2005) citou a Política Nacional do Meio Ambiente para compreender o termo degradação, que por definição legal, seria uma danificação da qualidade ambiental “qualquer alteração adversa das características e elementos que integram o meio ambiente”. Neste contexto, os garimpos podem contribuir para a degradação do meio ambiente, modificando a área onde são implantados, pois, causam a destruição e/ou alteração da vegetação natural, as características físico-químicas dos solos e substratos, interferindo nos cursos d’água, padrões de drenagem e permeabilidade da área, além de modificar o habitat da fauna e vários outros caracteres ambientais (ROCHA, 2008).

Segundo Silva (2007), os principais impactos ambientais decorrentes da atividade garimpeira estão relacionados a seguir: a) desmatamentos e queimadas; b) alteração nos aspectos qualitativos e no regime hidrológico dos cursos de água; c) alterações topográficas; d) desencadeamento dos processos erosivos; e) turbidez das águas; f) fuga de animais silvestres.

De acordo com Griffith (1980), os solos e substratos também são diretamente degradados durante a ação garimpeira. A mineração de superfície e decapeamento da cobertura vegetal, que facilita as escavações para atingir os depósitos aluvionares, provocam impactos no solo e na topografia do local, por exemplo, o processo de desgaste das rochas ou solo, que se manifesta na decorrência da modificação topográfica. (SILVA & MATOS, 2011)

A retirada da vegetação, a constante movimentação da retroescavadeira para mobilização do solo e substrato em diversas profundidades e a ação das águas para a procura de diamantes, pode desestabilizar a estrutura físico-química após os trabalhos realizados na área, tornando-a susceptível à perda de permeabilidade, erosão e sedimentação, além de apresentar características físico-químicas diferenciadas, quando comparadas a estrutura original mesmo após um processo de recuperação ambiental (ROCHA, 2008).

Outro impacto ambiental importante, gerado pela mineração dos diamantes, é a poluição visual, que é considerado o principal e mais característico impacto causado pela atividade garimpeira no que se refere à degradação visual da paisagem, com a retirada da cobertura vegetal e presença de imensas escavações e depósitos de rejeitos (SILVA & MATOS, 2011).

É importante ressaltar que o papel socioeconômico da mineração ainda é pouco reconhecido, tanto pela sociedade, como pelos órgãos ambientais competentes, pois a mineração também possibilita impactos positivos, sobretudo, impactos sociais, econômicos e culturais. Com a interdição e fechamento mal planejado dos garimpos, Flôres & Lima (2012) destacam os impactos sociais negativos, como ambiente desconfortável, alterações na dinâmica demográfica e remoção de pessoas, além dos impactos econômicos associados a redução de emprego e renda e impactos culturais, como perda de patrimônio e alterações das relações socioculturais.

Segundo Oliveira Junior (2001), a desativação de um empreendimento mineiro deverá ser encarada como uma etapa ou fase importante dos projetos de mineração. No entanto, a falta de roteiros e normas na legislação ambiental para a preparação da desativação desde o início da exploração pode dificultar o plano de restauração e/ou recuperação das áreas degradadas. Esses dois termos são comumente utilizados para descrever o processo de reabilitação das áreas impactadas pela mineração.

Flôres & Lima (2012) diferenciam esses conceitos, de forma que a “recuperação” significa devolver ao local (mina, pilha de estéril e rejeito, entre outros) o equilíbrio ambiental. A recuperação ambiental está ligada a aspectos físicos como movimentação de terra, recomposição da topografia local e revegetação, para que ao término das atividades de mineração as condições ambientais fiquem próximas daquelas anteriores a garimpagem. Já o termo “restauração” significa devolver à área as condições exatas de que desfrutava antes da mineração, inclusive restauração do solo e relevo originais.

Outro termo utilizado na gestão ambiental em mineração é o “passivo ambiental”, atribuído às obrigações que uma empresa, cooperativa ou indivíduo, devem cumprir no campo ambiental em decorrência de suas atividades, podendo ser quantificado através do valor monetário necessário para reparar o dano ambiental (SÁNCHEZ, 2005). Dessa forma, o plano do fechamento da mina pode ser conceituado, como um importante instrumento técnico-jurídico que tem por objetivo planejar as atividades de reabilitação do sítio mineiro para garantir à sociedade que o ecossistema será recuperado, os impactos econômicos e sociais com o fechamento da mina serão mitigados, e após a mineração o local não representará nenhum risco a saúde e a segurança. (CIPRANI, 2002; FLÔRES & LIMA, 2012; OLIVEIRA JÚNIOR & SÁNCHEZ, 2002).

O CETEM (2001) afirma que existem diversos instrumentos utilizados para minimizar impactos ambientais causados pelo desenvolvimento de atividades de mineração consideradas efetiva ou potencialmente degradante, e são justamente eles que podem dar base para um bom plano de fechamento de mina. Estes são os instrumentos legais referentes ao licenciamento ambiental, como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad), cujo conteúdo deve ser aproveitado por empresas e cooperativas para realizar uma ampla avaliação das condições ambientais, econômicas, sociais e culturais do sítio mineiro.

Desse modo, Christofolletti (1999), ressalta a importância de se criar modelos para uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes, por exemplo, a modelagem da recuperação de um sistema ambiental.

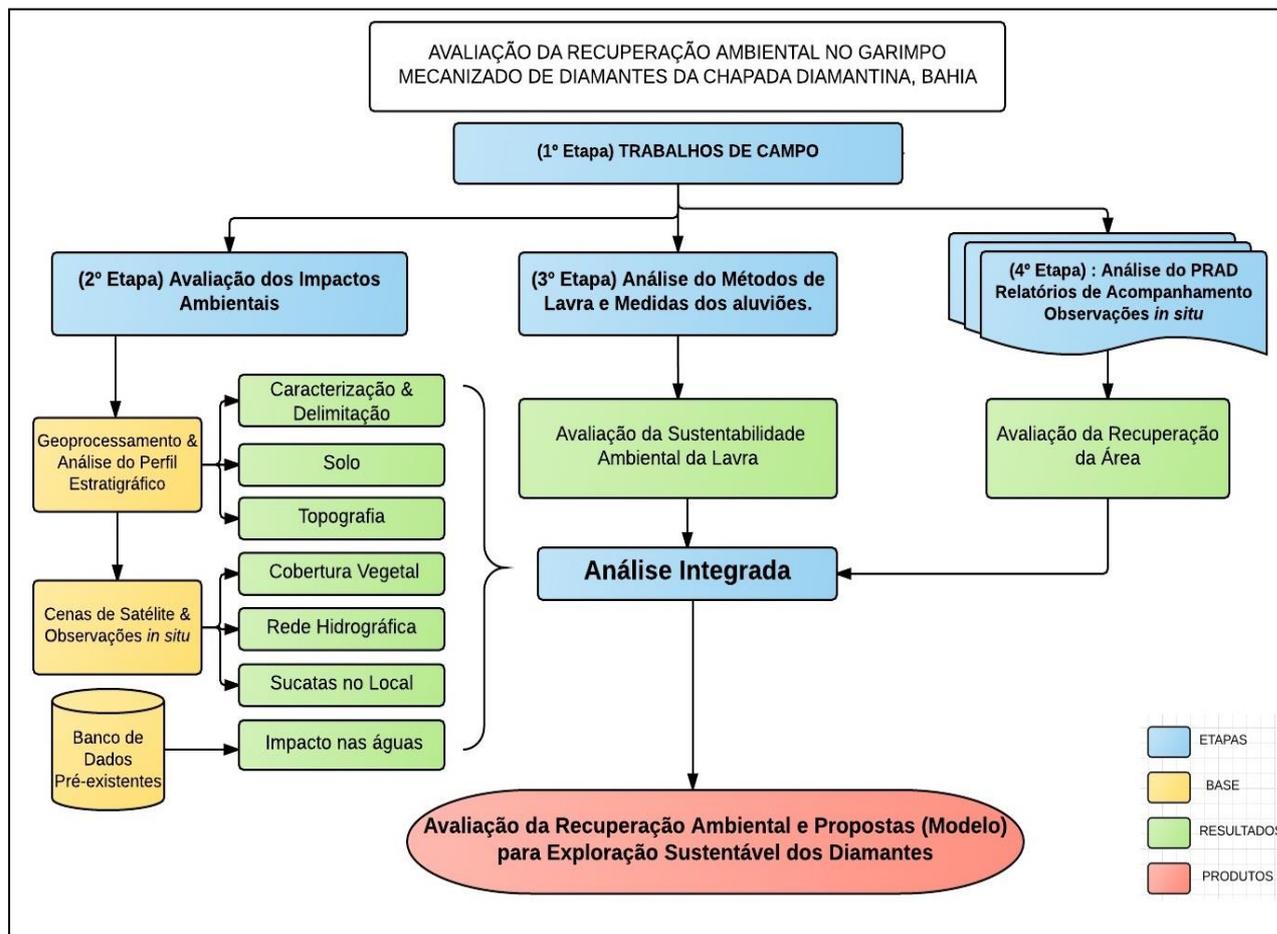
A modelagem de sistemas ambientais se enquadra inerentemente como procedimento teórico com abordagem holística, utilizando-se também de elementos reducionistas, sobre a realidade, envolvendo técnicas qualitativas e/ou quantitativas, expressando bases de operacionalização da análise sistêmica, na qual há necessidade de se compreender a complexidade desses sistemas, por exemplo, uma área minerada. Assim como, as categorias de seus componentes com fluxos de informações em interações externas e internas ou não, com variabilidade espaço-temporal ou não.

3 MÉTODOS UTILIZADOS

Esta pesquisa estrutura-se em cinco etapas de desenvolvimento nas quais foram realizados procedimentos diferenciados. A metodologia realizada e os

resultados foram discutidos em forma de artigo nos capítulos 4 e 5 desta dissertação. Na Figura 7 é apresentado o fluxograma metodológico geral da pesquisa com um resumo das etapas executadas.

Figura 7 – Fluxograma metodológico geral da pesquisa.



Na primeira etapa foram realizados trabalhos de campo nos garimpos de Andaraí – BA para coletas de dados do garimpo que geraram informações para o reconhecimento da área e para as etapas subsequentes. Os trabalhos de campo incluíram medidas dos aluviões (volume e dimensões das camadas de estéril e minério), observações *in situ* de impactos ambientais, reconhecimento das unidades geológicas aflorantes, coletas de amostras para construção de perfil estratigráfico, tomadas fotográficas e tomadas de pontos em GPS para validação de dados obtidos com o uso de ferramentas geotecnológicas. Além disso, realizou-se um levantamento da documentação técnica da Coogan em seu escritório local.

A segunda etapa deste estudo compreende a delimitação (zoneamento da área de influência garimpeira) e caracterização dos garimpos sob diversos aspectos, incluindo uma descrição textural e mineralógica dos sedimentos que compõe os aluviões garimpados e uma interpretação ambiental da formação dos depósitos aluvionares diamantífero de Andaraí. A caracterização do método de lavra, a avaliação da sustentabilidade ambiental deste método e os parâmetros da mineração dos diamantes, também são caracterizados nesta etapa.

A avaliação dos impactos ambientais no meio físico associados ao garimpo, com base no método de lavra e utilização de água pelo garimpo integraram a terceira etapa que realiza um diagnóstico ambiental das atividades garimpeiras. O quarto momento da pesquisa avaliou áreas com abertura de catas que já passaram por um processo que tentou recompor a topografia e a cobertura vegetal, comparando esta área anterior e como ela se encontra atualmente nos garimpos de Andaraí através de cenas de satélites, tomadas fotográficas, memorial do Prad, da COOGAN e relatórios anuais das ações de mitigação dos impactos ambientais.

Nesse sentido, a avaliação verificou se as modificações da recuperação ambiental ocorrida na área estão de acordo com a legislação pertinente. Na última etapa da pesquisa foi realizada uma análise integradora com todos os resultados gerados para propor um modelo sustentável de exploração destes aluviões.

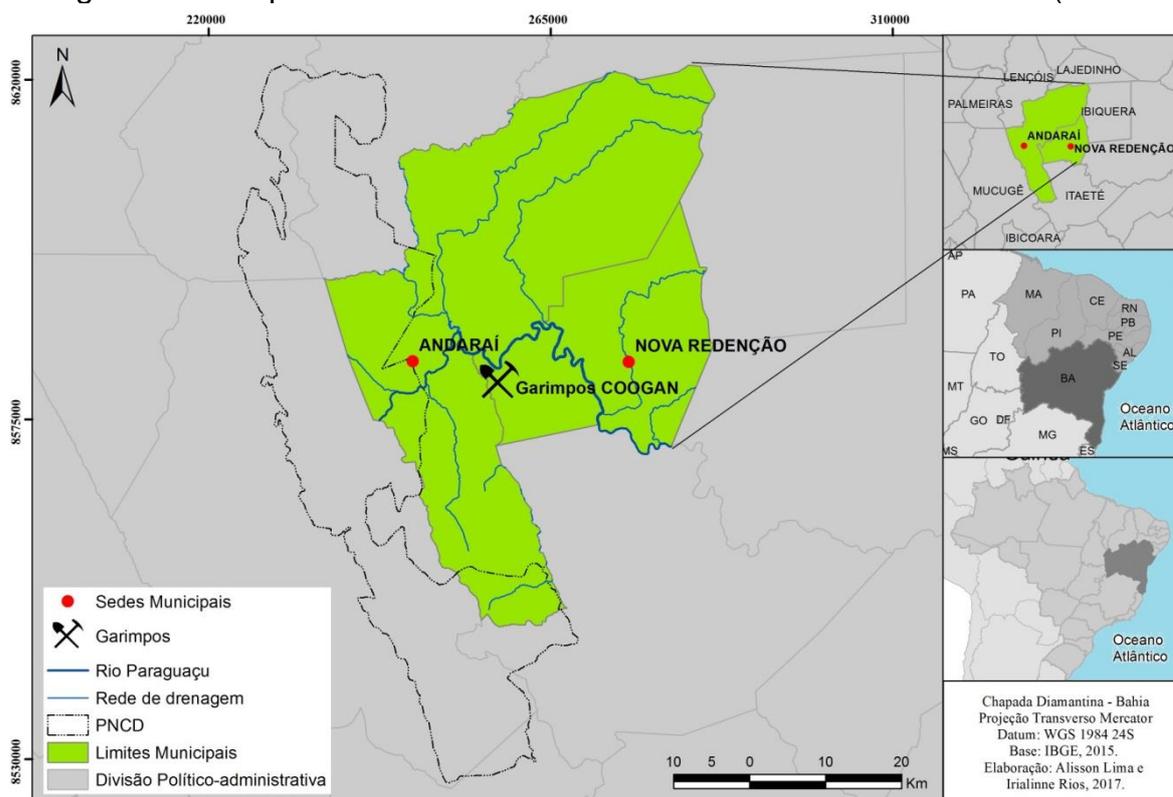
Essa estratégia permitiu o entendimento dos efeitos dos garimpos de diamantes nesta área e dos trabalhos de recuperação ambiental executados pela cooperativa de garimpeiros, sendo possível contribuir para as pesquisas pré-existentes, relacionadas aos conflitos socioambientais dos garimpos da Chapada Diamantina, já realizadas pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Os experimentos de campo foram planejados seguindo algumas metodologias utilizadas em estudos do DNPM/CBPM (1991), Matta (2006) e Pimentel (2012) em áreas da Chapada Diamantina que sofreram ação de garimpagem. Também se utilizou técnicas de geoprocessamento para caracterização da área e identificação das mudanças ocorridas na paisagem ao logo da garimpagem, entre outros caracteres ambientais. Em termos de descrição da amostragem e detalhamento das técnicas de geoprocessamento utilizadas, serão apresentados de forma detalhada nos artigos com os resultados deste trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região da Chapada Diamantina está localizada no centro geográfico do Estado da Bahia. Os garimpos da COOGAN encontram-se no município de Andaraí, parte leste da Chapada e fora do Parque Nacional da Chapada Diamantina (a 5 km dos limites do PNCD), distando aproximadamente 430 km da capital baiana, a cidade de Salvador (Figura 8). A Chapada Diamantina está inserida nas regiões mais elevadas do Estado da Bahia, em que o conjunto de suas serras, em sua maioria, pode atingir mais de 1000m de altitude (FUNCH et al., 2008). A Serra do Sincorá, por exemplo, pode chegar a 1500m de altitude, formando uma dobra anticlinal parcialmente flanqueada para oeste, constituindo um alto estrutural com descontinuidades tanto transversais como longitudinais (ANDRADE, 1999).

Figura 8 - Mapa de localização dos Garimpos da COOGAN no município de Andaraí, na região da Chapada Diamantina no Estado da Bahia Diamantina (à direita).



Fonte: SEI – BA (2002). IBGE (2015); Google Earth, 2017; DNPM 2017. Elaborada pelo autor, 2017.

O clima da região é caracterizado pelos climas do tipo tropical, subúmido e semiárido. A região da Chapada Diamantina apresenta duas estações bem definidas: uma estação seca, com início no final de abril, estendendo-se até meados de setembro; e uma estação úmida, de outubro a março. As temperaturas médias,

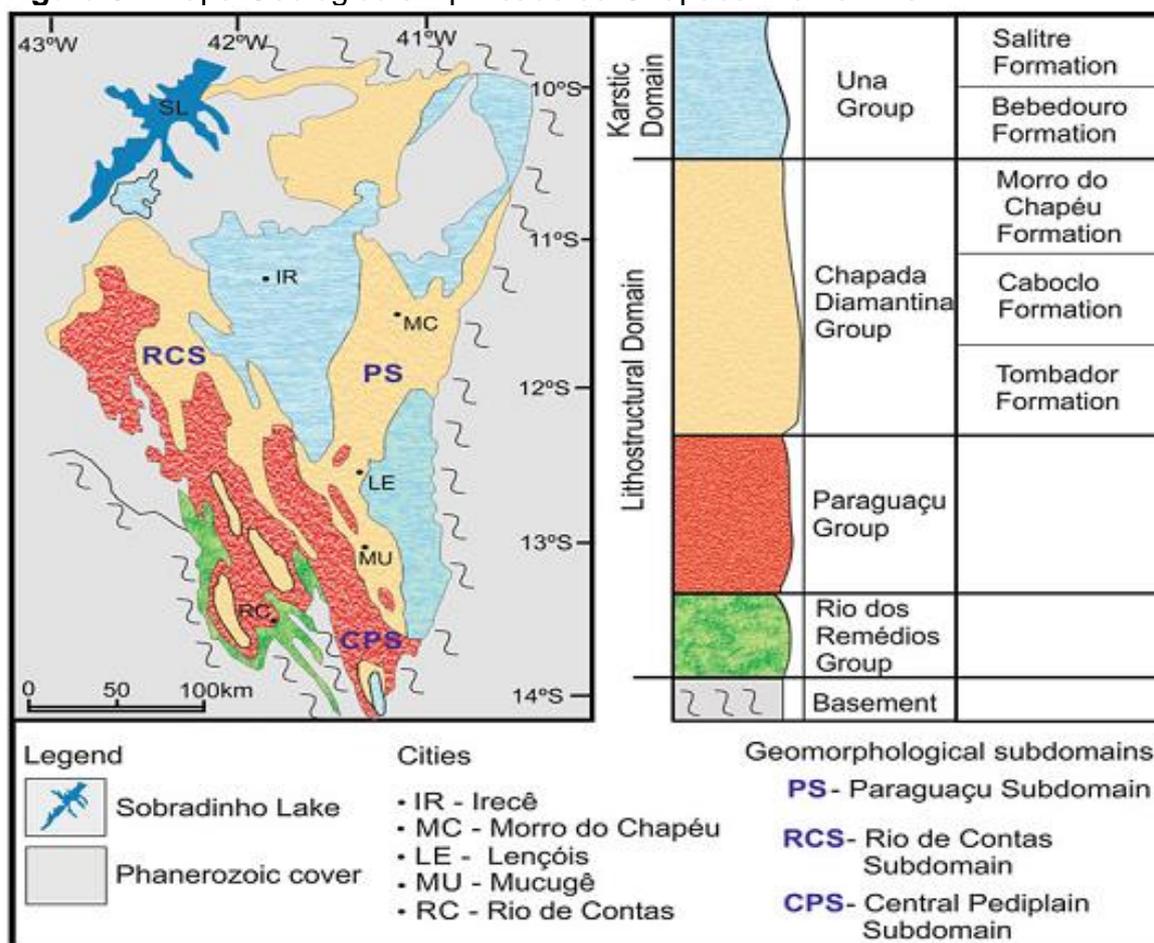
máxima e mínima, giram em torno de 28°C e 20°C, respectivamente. Já nas áreas de maior altitude registram-se temperaturas mais baixas que podem chegar à 12°C. (FRANCA-ROCHA et al, 2004; GUIDICE, 2011) A ocorrência de chuvas mais frequentes se dá entre os meses de novembro a janeiro. Todavia, os últimos anos foram de estiagens prolongadas com chuvas irregulares.

3.1.1 Contexto Geológico

Conforme Misi & Silva (1996), os registros geológicos indicam uma evolução complexa da Chapada Diamantina, ocorrida em um período superior a 1,7 bilhões de anos, envolvendo uma série de eventos de diversas naturezas, que incluem o vulcanismo, a formação de bacias sedimentares e deformações tectônicas, dentre outros. O substrato geológico que compõe o embasamento da Serra do Espinhaço no estado da Bahia é denominado de Supergrupo Espinhaço. (MATINS et al, 2008) Esta unidade estratigráfica apresenta dois domínios diferentes em território baiano, o espinhaço setentrional e a Chapada Diamantina separados por um alto estrutural do afloramento deste embasamento na região do vale do Parnamirim (TURRA, 2012).

Dominguez (1993), Matins et al (2008), Turra (2012), Lima & Nolasco (2015), discutiram sob o ponto de vista da análise de sequências sedimentares da Chapada Diamantina, estabelecendo que a bacia sedimentar onde se acumularam os sedimentos dos Supergrupos Espinhaço é formada, por rochas dos grupos Rios dos Remédios, Paraguaçu, Chapada Diamantina e Una da base para o topo (Figura 9).

Figura 9 - Mapa Geológico simplificado da Chapada Diamantina.



Fonte: Lima & Nolasco, 2015.

A Chapada Diamantina se constitui basicamente de rochas do grupo Chapada Diamantina onde ocorrem, predominantemente, as formações Tombador e Caboclo. (FRANCA-ROCHA et al., 2004; LIMA & NOLASCO, 2015). O Grupo Chapada Diamantina é o mais relevante para esta pesquisa, pois ocorre onde está situada a área de estudo (Andaraí-BA).

A ocorrência da Formação Tombador é ampla, composta por conglomerados e arenitos, cujas fácies são características de ambientes continentais (leque aluvial, fluvial e eólico) e transicionais (deltaico, estuarino, costeiro), destacando a ocorrência de sistemas fluviais com rios entrelaçados (TURRA, 2014; LIMA & NOLASCO, 2015). A Formação Tombador tem considerável valor econômico e histórico por conter rochas portadoras de diamantes, geralmente associadas às camadas conglomeráticas (MATINS et al, 2008).

A Formação Caboclo, sobreposta à Formação Tombador, é constituída por sedimentos finos (argilito, siltito, folhelho) e carbonatos, depositados originalmente

sobre plataforma marinha, sendo posteriormente escavado e modelado principalmente pela ação dos rios, água subterrânea e gravidade (LIMA & NOLASCO, 2015).

Na Chapada Diamantina, as rochas fontes primárias de diamantes ainda são desconhecidas. Os trabalhos de SVISERO, 1995; NOLASCO, 2002; PEREIRA, 2010, afirmam através que os diamantes da Chapada Diamantina, inclusive o carbonado (variedade policristalina), foram descobertos na Serra do Sincorá, caracterizado como um enorme planalto na região central da Bahia que atravessa cidades importantes da Chapada Diamantina, como Mucugê, Andaraí, Lençóis, Palmeiras, Brotas e Morro do Chapéu (SVISERO, 1995; PEREIRA, 2010).

Em termos geomorfológicos, a Chapada Diamantina se configura como um planalto, com um bordo suavizado a leste e a oeste escarpado em paredões, formando serras com picos rochosos menores que compõem um sistema de dobramentos proterozóicos com fraturas e falhamentos ortogonais (NOLASCO, 2002).

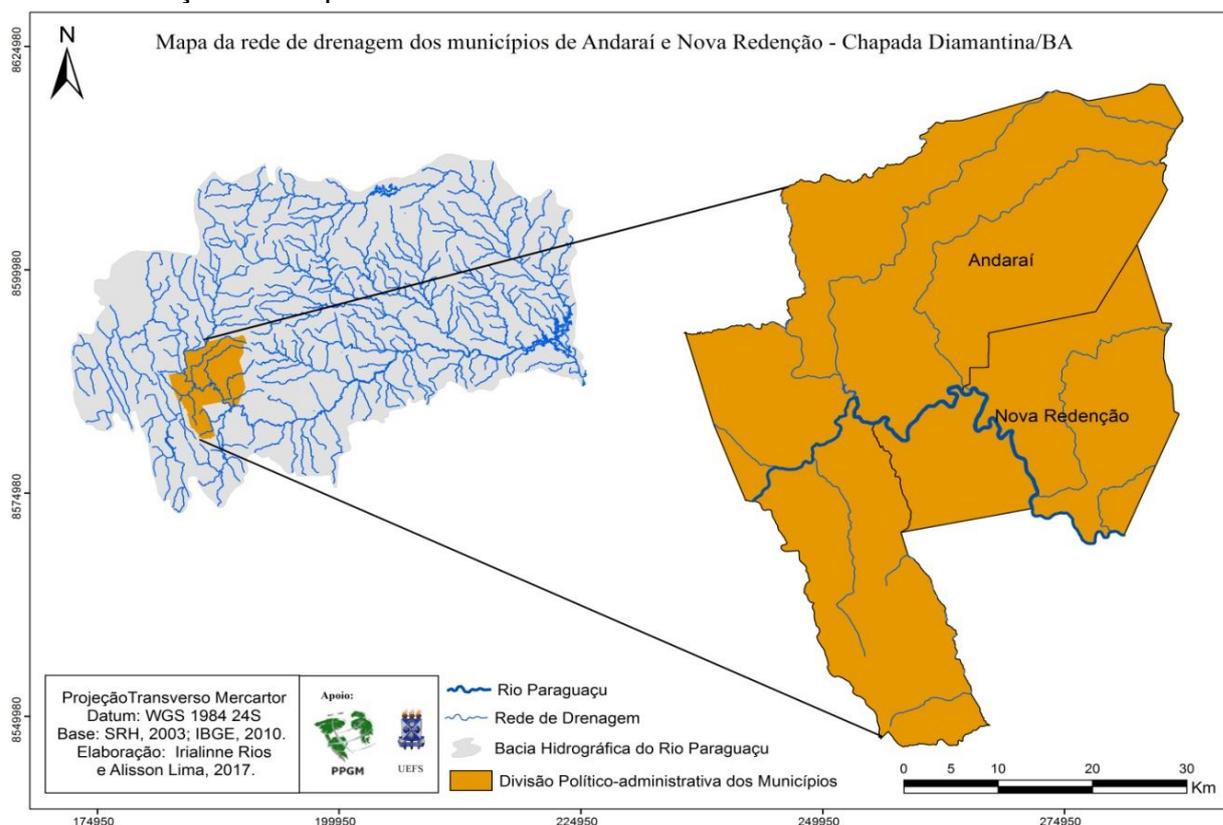
De maneira geral, as rochas características da Chapada Diamantina são de origem sedimentar, com ocorrência frequente de meta-arenitos e meta-conglomerados (GIUDICE, 2012; TURRA, 2014; LIMA & NOLASCO, 2015).

3.1.2 Hidrografia

A área do complexo garimpeiro estudado situa-se próximo ao rio Paraguaçu, principal canal de drenagem da bacia do Paraguaçu, considerado o mais importante sistema fluvial da Bahia, inteiramente inserido no território do estado. O rio Paraguaçu constitui o nível de base regional, sendo o receptor de todas as sub-bacias que nascem na porção central da Chapada Diamantina, ratificando a sua importância para a área de estudo. O rio Paraguaçu tem como principais afluentes, os rios Santo Antônio, Preto, Serrano, Una e do Peixe (PEREIRA, 2008).

A rede hidrográfica do rio Paraguaçu na Chapada Diamantina é condicionada pelas ocorrências geológicas de falhas e fraturas, e a formação desta organização hidrológica condiciona a fauna, flora e pode favorecer a concentração de minerais na Chapada Diamantina, além de proporcionar as suas principais paisagens, com belas quedas d'água e estações balneárias de águas limpas (PEREIRA, 2010). A rede de drenagem da Chapada Diamantina com destaque para bacia do Paraguaçu é representada na Figura 10.

Figura 10 – Mapa da Bacia do Paraguaçu e drenagem dos municípios de Andaraí e Nova Redenção – Chapada Diamantina/BA.

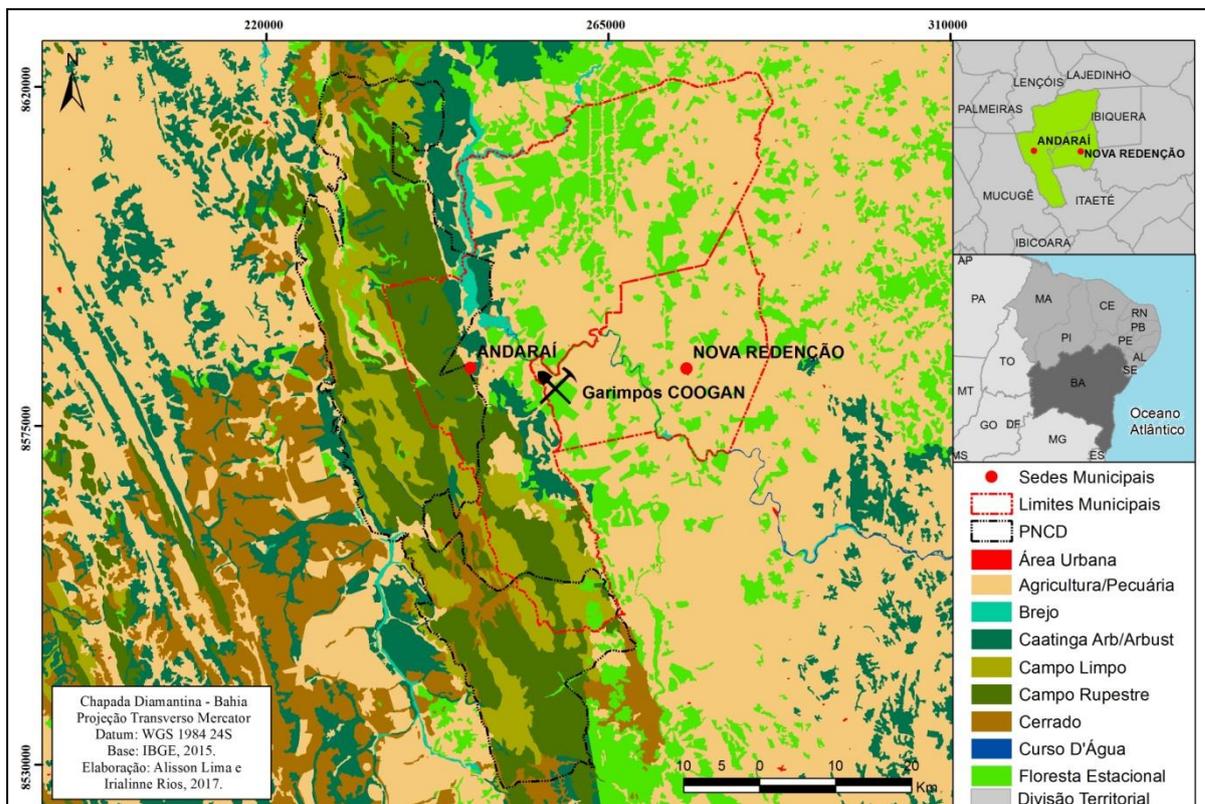


Fonte: SRH, 2003. IBGE, 2010. Elaborado pelo autor, 2017.

3.1.3 Cobertura Vegetal e Solos

A vegetação que predomina nas áreas mais elevadas da região da Chapada Diamantina são os campos rupestres que compreendem um tipo de vegetação constituída por um conjunto de comunidades herbáceo arbustivas, situado em serras de quartzito e arenito (NEVES & CONCEIÇÃO, 2010). No mapa de vegetação da Figura 11, é possível observar algumas das principais unidades de vegetação na região da Chapada Diamantina.

Figura 11 – Mapa de Vegetação da Região do Parque Nacional da Chapada Diamantina e da área dos garimpos em Andaraí.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2003), ICMBio (2007) e IBGE (2015). Elaborado pelo autor, 2017.

Os solos mais comuns da região são os latossolos, predominantemente, além dos cambissolos e os neossolos litólicos. Nos latossolos ocorre grande parte dos cultivos alimentares. Este tipo de solo, em condições normais, apresenta ótimas características físicas para o manejo agrícola (PIMENTEL, 2014). Embora os latossolos tenham propriedades químicas relativamente pobres para nutrição de plantas, são receptivos a aportes de adubos.

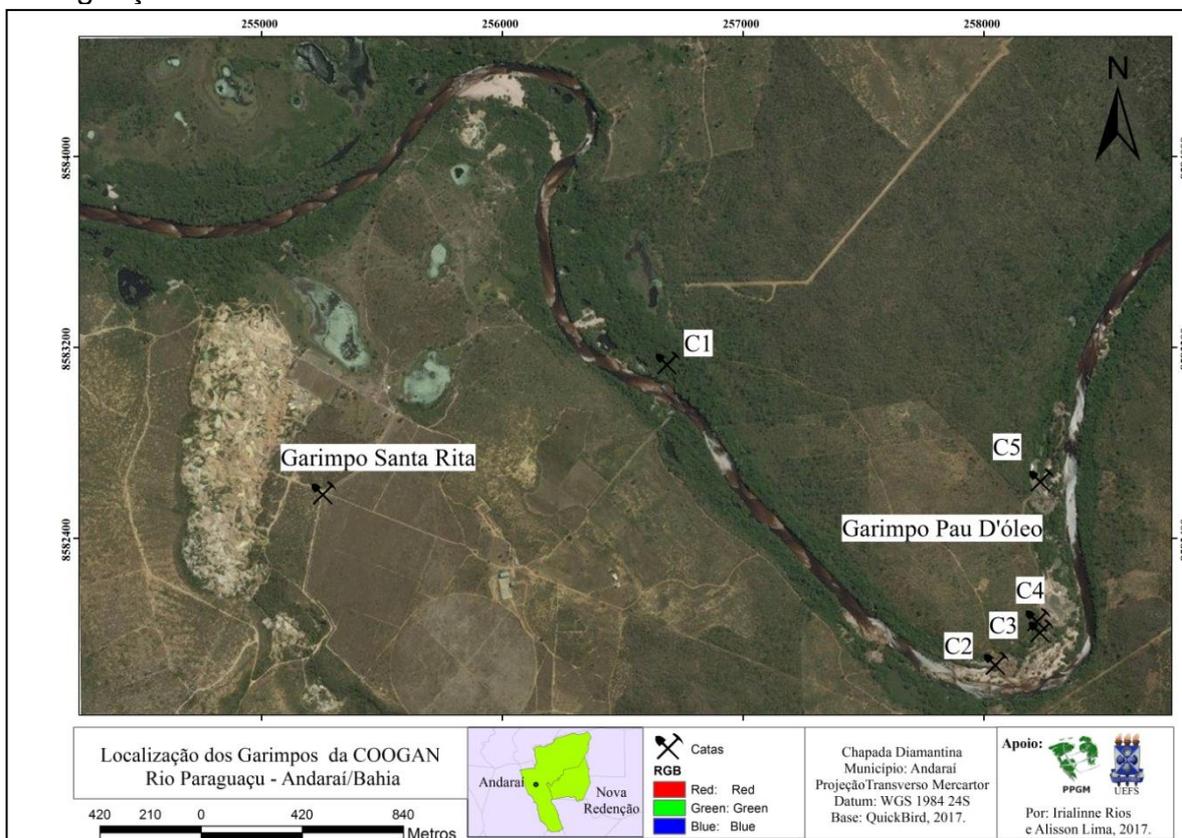
3.1.4 Os garimpos da COOGAN

O complexo dos garimpos da COOGAN está localizado na divisa das cidades de Andaraí e Nova Redenção. O acesso, partindo-se da cidade de Andaraí, é inicialmente através da rodovia BA 142 no sentido Andaraí-Mucugê, seguido de um trecho em via rural, somando um percurso que dista em torno de 26 km da área urbana de Andaraí, cidade sede da Cooperativa. Para efeitos didáticos deste estudo, o complexo garimpeiro da COOGAN será dividido em duas áreas de referências, a área

denominada de Garimpo Santa Rita, com mais de 50 catas abertas e uma outra área a 1 km do garimpo Santa Rita conhecida como garimpo Pau D'óleo, com 5 (cinco) catas que distam poucos metros uma da outra (Figura 12)

A Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí (COOGAN) foi fundada em 2001 por garimpeiros locais, com CNPJ de número 04.677.029/0001-63 e sua sede localiza-se na Praça do Sol, s/n, no centro do município de Andaraí. Considerada a primeira cooperativa formalizada da Chapada Diamantina, a Coogan é responsável por fazer requisição de *Pesquisa mineral, Permissão de Lavra Garimpeira e Autorização e Concessão* das áreas de interesse junto ao DNPM e pela recuperação das áreas degradadas, requisito da Licença Ambiental. A área do garimpo Santa Rita foi requerida pela COOGAN no ano de 2006, e, em 2007 obteve junto ao DNPM a autorização para pesquisa mineral. A Coogan também tem processo para permissão de lavra garimpeira junto ao DNPM para área do Pau D'óleo.

Figura 12 – Mapa de Localização dos garimpos da COOGAN nas adjacências do Rio Paraguaçu.



Fonte: Base QuickBird em DG – Digital Globe (2016). Elaborado pelo autor, 2017.

De maneira geral, as áreas com autorização de pesquisa mineral apresentam uma planície com declividade leve no sentido do rio Paraguaçu, solo argilo-arenoso e vegetação floresta estacional semidecidual. Na rede de drenagem local na área de estudo existem a ocorrência de dois córregos associados ao leito principal do rio Paraguaçu: Mucambo e Fundão.

Antes do início da exploração garimpeira na região, a área já se encontrava sobre forte ação antrópica, geralmente associadas às atividades agropastoris na região, com pequenos fragmentos de vegetação nativa em estágio inicial de regeneração e pastagens degradadas principalmente gramíneas, como exemplo a *Brachiaria decumbens*. Na área ainda ocorrem depósitos sedimentares fluviais na forma de aluvião com diversos níveis de areia e de cascalho de fundo de canal fluvial, que é o objetivo da garimpagem, onde podem ser encontrados os diamantes (PIMENTEL, 2014). A área do Pau D'óleo (à direita da Figura 12) localiza-se a leste do garimpo Santa Rita, após passar pela cata C1 e seguir 2 km no sentido sudeste, contendo algumas catas que distam aproximadamente 80 metros umas das outras.

No momento da pesquisa a área estava parcialmente com solo exposto e escavado, com cinco catas abertas (C1, C2, C3, C4 e C5) – também denominadas de catras pelos garimpeiros – paralisadas após quatro meses de exploração, o que implica no aparecimento de espelhos d'água em superfície, reflexo do corte do lençol freático, que é utilizada pelo garimpo para lavagem do cascalho (Figura 13).

Figura 13 – Catas do garimpo Pau D'óleo denominadas A, B,C,D e E.



Registros: Alisson Lima & Carlos Uchôa, Jan/2017.

. Essas catas (Figura 13) encontram-se em distâncias que variam de 50 a 200 metros do rio Paraguaçu, existindo esporádicas inundações do sistema fluvial na área das Catas do Pau D'óleo. Nessa área ocorreram as observações *in situ*, medidas e coletas de amostras para caracterização de perfil estratigráfico discutidos no capítulo 4.

O garimpo Santa Rita se destaca por ter uma quantidade significativamente maior de Catas abertas, quando comparado ao garimpo Pau D'óleo, apresentando no momento da pesquisa, uma extensão latitudinal aproximada de 1,5 Km e longitudinal de 400 metros. O rio Paraguaçu localiza-se ao norte do garimpo Santa Rita (Figura 14), com distância mínima de 200 metros entre ele e o garimpo, separados por uma faixa de mata ciliar. Existem ainda na área pequenas lagoas rasas que secam em tempo de estiagem.

Figura 14 - Fotografias do garimpo Santa Rita.



Legenda: A – Visão panorâmica do garimpo. B – Visão parcial de um sistema de garimpo de draga em funcionamento. C – Vista sobre o perfil de solo-sedimento da parede de uma cata de garimpo. D – Visão geral de uma cata com água

Fonte: Pimentel, 2012.

Na etapa de campo nesta área foram realizadas coletas de amostras de água em pontos relacionados aos trabalhos do garimpo para avaliação dos impactos nos recursos hídricos da região. Além disso, foram executadas no garimpo Santa Rita, algumas etapas do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas para recomposição das condições ambientais da antiga área garimpada, e por isso, nos trabalhos de campo foram avaliadas as modificações ocorridas na área após o processo de execução do Prad.

3.2 DIAGNÓSTICO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

As avaliações dos impactos gerados sobre o meio ambiente decorrentes das atividades garimpeiras da COOGAN foram possíveis, principalmente, através do uso de geotecnologias e visitas de campo aos garimpos de Andaraí.

Os impactos ambientais observados *in situ* estão relacionados a seguir:

a) modificações na topografia; b) assoreamento da rede hidrográfica; c) perda/alterações no solo e disposição de rejeitos; d) perda/alterações na cobertura vegetal;

e) alteração de parâmetros físico-químicos da água.

Em relação ao impacto - “alteração de parâmetros físico-químicos da água” -, é importante ressaltar, que não há utilização de reagentes químicos para o beneficiamento dos diamantes, podendo praticamente descartar impactos relacionados à ação química. No entanto, apesar deste pressuposto de que os impactos químicos causados por este garimpo podem ser considerados desprezíveis, foi realizada uma análise química em relação à poluição das águas adjacentes ao garimpo devido a resíduos de óleos e combustíveis provenientes das máquinas do garimpo semimecanizado.

Foi utilizada uma base de dados pré-existente na linha de pesquisa do projeto “Garimpos, garimpeiros e garimpagem’: meio ambiente conhecimento comunitário e preconceito” do PPGM/UEFS, relacionada à pesquisa de Pimentel (2014), na qual os pesquisadores realizaram análises químicas e de parâmetros físicos de cinco amostras de água de lagoas próximas e no fundo de catas do garimpo Santa Rita. Estes impactos serão discutidos no capítulo 5.

Os impactos causados ao ambiente natural a serem avaliados foram determinados com base na literatura técnica sobre impactos ambientais causados por garimpos de diamantes. Contudo, esta etapa de diagnóstico ambiental da pesquisa foca principalmente em aspectos físicos do meio, modificados ou não pelas atividades extrativistas nos garimpos Santa Rita e Pau D’óleo, pois já existem outras pesquisas relacionadas ao Projeto de Pesquisa “Garimpos, garimpeiros e garimpagem’: meio ambiente conhecimento comunitário e preconceito” do PPGM/UEFS que contribuem para a avaliação dos impactos ambientais no meio socioeconômico e cultural e no meio biótico.

O diagnóstico ambiental que gerou os dois artigos deste trabalho, e que inclui uma caracterização da área de influência garimpeira (zoneamento) e uma avaliação dos impactos ambientais, é o principal fornecedor de dados para um plano de recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, com base neste diagnóstico foi possível propor um modelo com sugestões para exploração sustentável dos diamantes. A ordem metodológica geral do trabalho é apresentada na Figura 15.

Figura 15 – Etapas da Pesquisa de Avaliação da recuperação ambiental dos garimpos de diamantes da Chapada Diamantina



Fonte: Elaborada, pelo autor, 2017.

O último artigo, discute um modelo de recuperação ambiental para uma lavra sustentável dos diamantes de acordo a legislação mineral e ambiental brasileira com a formalização e apoio dos órgãos oficiais de fiscalização aos trabalhos garimpeiros.

CAPÍTULO 4

ARTIGO 1 - CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL, MINERALÓGICA E A LAVRA DE ALUVIÕES DIAMANTÍFEROS NOS GARIMPOS DA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA.

Alisson Lima¹
Dr. Carlos César Uchôa de Lima¹
Dra. Majorie Cseko Nolasco¹

¹ Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

RESUMO

Os garimpeiros de diamantes, que exploram há mais de 150 anos na Chapada Diamantina, hoje, tentam através de iniciativas como a da Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí, formalizar a exploração dos aluviões diamantíferos presentes nesta região da Bahia. A sequência de operações de lavra e beneficiamento destes aluviões nos garimpos semimecanizados, geralmente é determinada pelas condições geológicas do depósito e da disponibilidade de recursos hídricos. Esta pesquisa contribuiu para caracterização das jazidas secundárias diamantíferas e para a compreensão de como ocorre a garimpagem destes depósitos na Chapada Diamantina. Evidenciou o perfil característico destes depósitos aluvionares que apresentam os cascalhos diamantíferos acumulados na base das sequências sedimentares, matéria estéril formado predominantemente por areia e argila, configuração muito semelhante à observada nos depósitos encontrados nos afluentes do rio Paraguaçu, presente na área de estudo. Este artigo teve como objetivo principal realizar uma caracterização mineralógica e textural dos depósitos aluvionares no município de Andaraí nas adjacências do rio Paraguaçu e das condições operacionais da lavra por parte dos garimpeiros. Os resultados apontaram para uma relação estéril minério alta para a exploração destes depósitos e detalham os processos de lavra e tratamento do cascalho diamantífero para concentração dos diamantes.

Palavras- Chave: Mineração. Diamantes. Aluvião. Garimpagem. Rio Paraguaçu.

4.1 INTRODUÇÃO

Situado na margem leste do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) e às margens da BA -142, o município de Andaraí é cenário de uma das explorações garimpeiras de aluviões diamantíferos mais recentes na Chapada Diamantina. Andaraí localiza-se onde o rio Paraguaçu rompe a Serra do Sincorá e penetra na Bacia Sedimentar Una-Utinga, após atravessar o Parque Nacional da Chapada Diamantina na sua parte central e percorrer aproximadamente, 20 km, quando a altitude cai de 1000 m para valores abaixo de 400 m. O município apresenta ocorrência mineral de diamantes e registros de garimpos tradicionais de diamantes no flanco oriental da

Serra do Sincorá e registros de garimpos de dragas nas proximidades do rio Paraguaçu. (NOLASCO, 2002; MATTA, 2006; PEREIRA, 2010)

Segundo Svisero (1995) e Pereira (2010), a evolução morfogenética, bem como a erosão dos conglomerados diamantíferos da Serra podem ter possibilitado a formação de depósitos aluvionares e a instalação de jazidas secundárias de diamantes em depressões rasas do rio Paraguaçu, caso dos garimpos Santa Rita e Pau D'óleo, locais de prospecção da Coogan – Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí, entre os anos de 2007 e 2013. A Coogan é a primeira cooperativa legalmente formalizada que se tem registro na Chapada Diamantina, o que ratifica a importância de acompanhar o desenvolvimento desta nova organização para exploração de recursos minerais na região.

De acordo com Jesus et al. (1985), Miranda et al. (1997) e Nolasco (2002), a atividade garimpeira é uma forma muito antiga de extração mineral que promoveu profundas transformações morfológicas na Serra do Sincorá devido ao esvaziamento dos reservatórios aquíferos e a lavagem de cascalho nas vertentes, além dos desvios de cursos d'água e sobrecarga de sedimentos nos sistemas fluviais à jusante (MATTA, 2006). Os garimpeiros de diamantes, que exploram há mais de 150 anos na Chapada Diamantina, hoje, tentam através de iniciativas como a da Coogan em Andaraí, formalizar as atividades garimpeiras, com o apoio dos órgãos oficiais de fomento a mineração e proteção do meio ambiente na Bahia.

A sequência de operações nos garimpos semimecanizados ou de dragas para exploração dos diamantes, geralmente é determinada pelas condições geológicas do depósito, localização geográfica e principalmente o regime hidráulico utilizado na exploração (PRIESTER et al, 2010). Com um perfil característico do depósito constituído de camadas de estéril intercaladas (areia ou argila) e de uma camada de minério na base (cascalho diamantífero), os depósitos aluvionares que ocorrem nas adjacências do rio Paraguaçu são os objetos de estudos neste artigo, discutindo aspectos das suas condições geológicas (mineralogia e textura) e operacionais da lavra por parte dos garimpeiros (método de lavra e beneficiamento).

A importância deste artigo se apresenta na escassez de pesquisas atuais sobre novos garimpos na Chapada Diamantina e estudos da mineralogia e características texturais dos aluviões em Andaraí. Outro aspecto importante neste estudo é que para a localização de jazidas primárias de diamantes, que ainda são desconhecidas na

região, se faz necessário um estudo das jazidas secundárias e suas características. Nessa lógica, o reconhecimento das jazidas primárias dos diamantes, frequentemente passa pelo entendimento das ocorrências secundárias em sistemas fluviais e praticamente não se tem estudos sobre estas em Andaraí. Logo, esta pesquisa contribui para o entendimento da caracterização das jazidas secundárias diamantíferas e para a discussão da viabilidade técnica, econômica e ambiental dos garimpos de diamantes na Chapada Diamantina.

Dessa forma, este artigo tem por objetivo realizar uma caracterização mineralógica e textural dos depósitos aluvionares no município de Andaraí nas adjacências do rio Paraguaçu e a forma atual de mineração para a exploração dos aluviões diamantíferos.

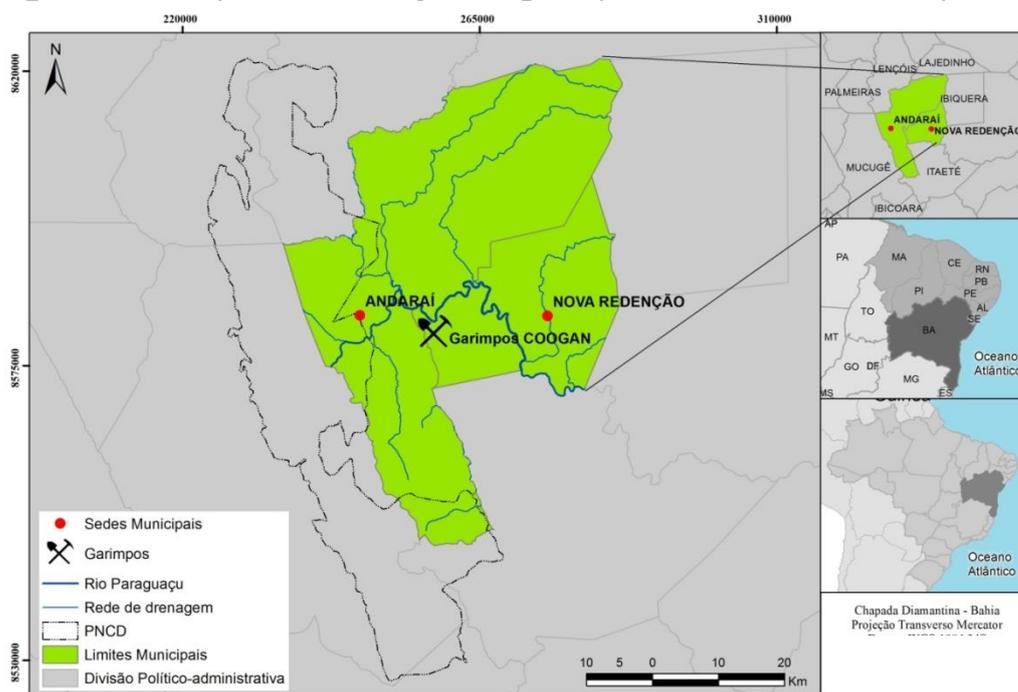
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a realização desse trabalho consistiu em observações de campo, principalmente das unidades geológicas aflorantes e nas fácies expostas com abertura de catas para prospecção de diamantes, onde foram recolhidas amostras para construção de um perfil estratigráfico do sistema sedimentar. As amostras de cada feição estrutural observada em campo foram recolhidas de duas cavas abertas para exploração dos aluviões, selecionadas para representar os depósitos aluvionares locais.

Os pontos de coletas foram georreferenciados com uso de GPS e em campo foram realizadas anotações descrevendo a estrutura observada para comparar com as posteriores análise laboratorial. As campanhas de campo foram realizadas em agosto de 2016 e janeiro de 2017. Além disso, foram analisados os métodos de lavra e beneficiamento atuais do garimpo semimecanizado de diamantes da Coogan in situ.

A área do estudo localiza-se na divisa dos municípios de Andaraí e Nova Redenção na Chapada Diamantina - Bahia, próxima ao rio Paraguaçu (Figura 16).

Figura 16 – Mapa de localização do garimpo Santa Rita no município de Andaraí/BA.



Fonte: SEI – BA (2002). IBGE (2015); Google Earth, 2017; DNPM 2017. Autores, 2017.

4.2.1 O rio Paraguaçu

O rio Paraguaçu nasce na Serra do Sincorá, próximo das fazendas Paraguaçu e Brejões, no município de Barra da Estiva, a 1200 metros de altitude, desembocando na Bahia de todos os Santos após um percurso de mais de 500 km. Para ratificar a sua importância hidrológica e a importância deste trabalho, o rio Paraguaçu é responsável por mais de 60 % da água que abastece a capital Salvador e Região Metropolitana proveniente da barragem de Pedra do Cavalo, no baixo Paraguaçu. Além disso, o rio Paraguaçu constitui o nível de base regional, sendo o receptor de todas as sub-bacias que nascem na porção central da Chapada Diamantina.

Figura 17 - Rio Paraguaçu no município de Andaraí próximo aos garimpos da Coogan



Fonte: Carlos Uchôa, 2017.

As linhas de fraturas presentes na Bacia do Paraguaçu estabeleceram redes de drenagem na Chapada Diamantina que contribuíram na estruturação das superfícies, formando sistemas fluviais nas serras (SUGUIO & BIGARELLA, 1990; PIMENTEL, 2014). A drenagem característica desses rios na Chapada é de moderada à baixa sinuosidade, com predominância de fácies de canal, declividade acentuada e presença de muitas cachoeiras. A Cachoeira da Donana, por exemplo, local de relevância turística no município de Andaraí, à beira da BA-142, consiste no ponto onde o rio Paraguaçu rompe a Serra do Sincorá e penetra na Bacia Sedimentar Una-Utinga (PEREIRA, 2010).

Nesse local foi instalada uma barragem para a captação de água que abastece o município de Andaraí. Próximo a essa região, diversos rios deságuam na região conhecida como o pantanal da Chapada Diamantina ou Marimbus. O rio Paraguaçu tem como principais afluentes, os rios Santo Antônio, Preto, Serrano, Una e do Peixe (BAHIA, 1993). Na rede de drenagem local na área de estudo existe ainda a ocorrência de dois córregos associados ao leito principal do Paraguaçu: Mucambo e Fundão (PIMENTEL, 2014).

A acentuada inclinação dos rios em direção às zonas mais baixas da Chapada Diamantina, favorece o transporte de sedimentos e a consequente acumulação dos aluviões que podem formar jazidas secundárias com cascalhos diamantíferos. A relação entre o transporte fluvial do rio Paraguaçu e a formação desses aluviões serão discutidos com base na caracterização feita destes, nas adjacências do rio Paraguaçu e com base na revisão bibliográfica sobre o tema.

4.2.2 Caracterização do Perfil Estratigráfico

Esta pesquisa caracteriza as diferentes camadas de estéril e a camada de aluvião expostas na abertura de catas (cava aberta para a exploração dos aluviões) pelo garimpo, a partir das observações e descrição in situ. Além disso, foram recolhidas amostras (Figura 18) representativas para construção de um perfil do sistema aluvionar e uma caracterização morfométrica, textural e mineralógica dos sedimentos de estéril e do cascalho diamantífero das catas abertas para exploração das jazidas. Nos trabalhos de campo também foi realizada a mensuração das camadas de sedimentos estéril e aluviões, com auxílio de uma trena de campo, para obter-se uma medida da relação estéril-minério para exploração destes depósitos.

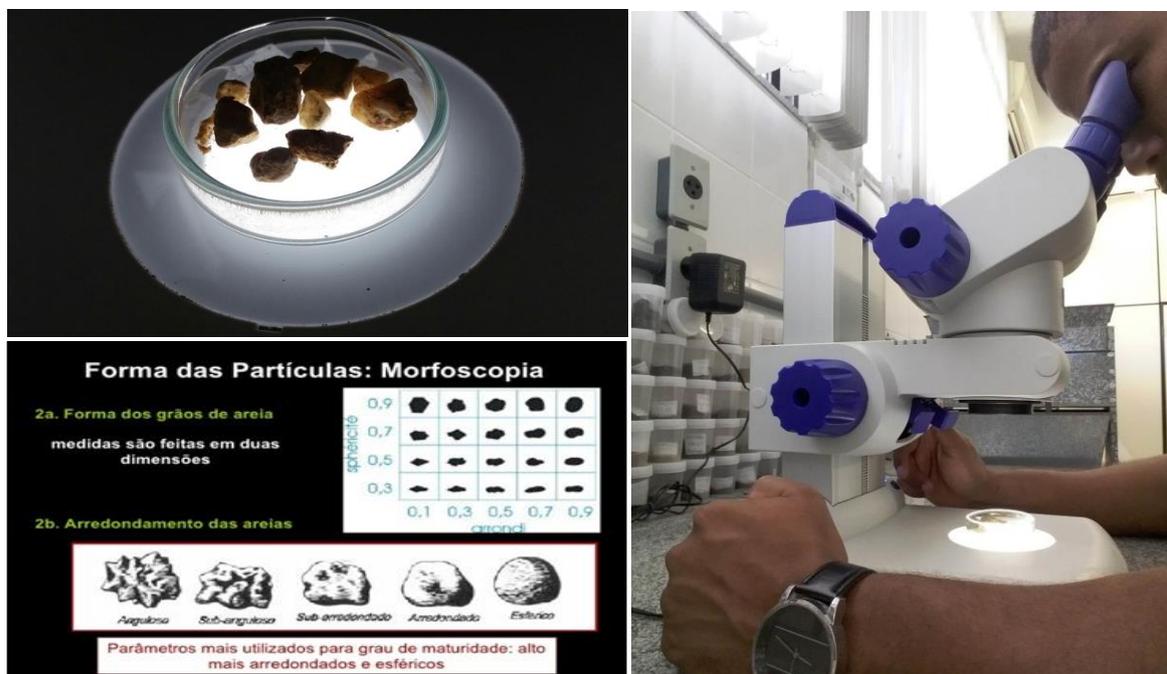
Figura 18 – Coleta de perfil de cata do garimpo Santa Rita.



Registro: Acervo dos autores.

As amostras foram submetidas à caracterização mineralógica, textural e morfométrica, no Laboratório de Estudos Ambientais (LEA/PPGM/UEFS). Para análise da composição mineralógica e morfometria dos grãos utilizou-se uma lupa binocular Zeiss. A visualização da forma das partículas a partir da microscopia óptica contribui com a identificação dos minerais que compõem os sedimentos. Além disso, frações de 200 g de amostras de cada camada foram submetidas a um ensaio granulométrico. Na Figura 19 é possível observar registros da determinação da forma e composição mineralógica das amostras do garimpo de diamantes no LEA/UEFS.

Figura 19 – Análises das partículas de amostras de sedimentos de garimpos no Laboratório de Estudos Ambientais do PPGM/UEFS.



Fonte: Acervos dos autores.

Além disso, realizou-se um ensaio granulométrico para análise textural. Os procedimentos para realização da análise laboratorial seguiram as metodologias preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 7181 – Solo – A análise granulométrica e NBR 6457 – Preparação para ensaios de caracterização.

4.2.3 Caracterizações da Lavra e Beneficiamento dos garimpos semimecanizados de diamantes da COOGAN

No decorrer dos trabalhos de campo foram realizadas medidas das dimensões das camadas do sistema sedimentar com auxílio de uma trena, da base dos cascalhos diamantíferos para o topo (solo) das catas abertas, com o intuito de calcular a relação estéril/minério, volume dos aluviões e dimensões das camadas de estéril e minério. A metodologia seguiu o último principal trabalho de prospecção de diamantes realizados na bacia do Paraguaçu, a publicação do DNPM/CPRM, Principais Depósitos Mineraiis do Brasil (1991), que caracteriza as jazidas, relação estéril/minério, dimensões das camadas de aluviões e estéril e a forma da garimpagem nos dois principais afluentes do rio Paraguaçu, os rios Santo Antônio e São José. Além de uma revisão bibliográfica

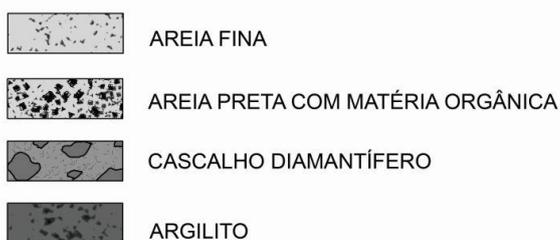
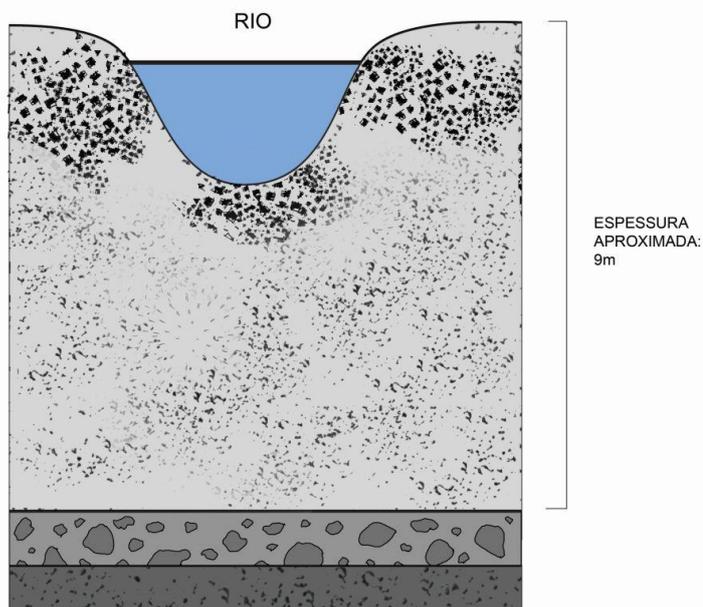
baseada em trabalhos de Nolasco (2002), Matta (2006) e Pimentel (2014), observou-se nas campanhas de campo o método de extração e lavagem (beneficiamento) dos aluviões nos garimpos descritos pela Coogan. A descrição consistiu em descrição das etapas de trabalho no garimpo, maquinário e instalações utilizadas, disposição de rejeito e estéril, dificuldades e facilidades do ponto de vista técnico e econômico da garimpagem para se obter uma análise geral do ciclo da mineração. A partir desses dados realizou-se uma análise da sustentabilidade ambiental dos processos realizados pela cooperativa, inclusive da utilização pelo garimpo de águas das fontes naturais locais.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.3.1 Caracterização dos depósitos aluvionares diamantíferos de Andaraí

Além de indicar a presença ou não de diamantes, os padrões e características dos depósitos aluvionares do Paraguaçu observados pelos garimpeiros, os levam a inferir sobre a viabilidade de exploração do aluvião. Uma característica sempre observada é a disposição das camadas de cascalho no depósito, objetivo final da garimpagem. Nos depósitos encontrados em Andaraí, os cascalhos se acumulam na base das sequências sedimentares, configuração muito semelhante à observada nos depósitos encontrados nos afluentes do Paraguaçu, os rios São José e Santo Antônio, que foram descritos nos trabalhos de DNPM/CPRM (1991) e Matta (2006). Esta configuração do depósito pode ser observada na Figura 20.

Figura 20 – Perfil do depósito aluvionar do rio Paraguaçu no trecho de Andaraí.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

A sequência sedimentar e a dinâmica que envolve a formação dos depósitos diamantíferos aluvionares explorados pela Coogan em Andaraí, converge de forma inequívoca com a descrição da formação dos aluviões presentes nos trabalhos de DNPM/CPRM (1991) e Matta (2006). Associada a reconcentração que formam os depósitos aluvionares diamantíferos de Andaraí, a dinâmica fluvial do Paraguaçu é responsável pelo transporte de sedimentos que contém fragmentos das rochas primárias, assim como a dinâmica dos rios São José e Santo Antônio, são indicados como condicionantes no trabalho clássico do DNPM/CPRM (1991).

Nesse sentido, quando o rio perde energia e apresenta uma mudança brusca no seu regime de curso, como é o caso de Andaraí, deposita parte dos sedimentos e assume um curso meandrante que favorece a concentração dos aluviões no seu leito e nas barras em pontal. As condições fisiográficas encontradas na área dos garimpos

contribuem para a teoria dos autores CHAVES & BENITEZ (2004) e PEREIRA (2010), que a forte queda no gradiente do rio Paraguaçu no município de Andaraí, é fator determinante para a reconcentração dos diamantes. Na região do garimpo, o rio Paraguaçu corre sobre um leito rochoso, sobre arenitos rosados, bem selecionados e com granulação média-grossa da Formação Tombador.

No que diz respeito à descrição do sistema sedimentar aluvionar, os resultados das análises do perfil e das amostras no laboratório, evidenciam que o depósito aluvionar encontrado em Andaraí é constituído de camadas de estéril (areia ou argila) e de uma camada de minério (cascalho diamantífero).

Tabela 3 - Resumo de dados estatísticos relacionados ao resultado do peneiramento de amostras do perfil

Camada	Massa retida (gramas) – análise granulométrica (Peneiramento)				
	Areia fina	Areia grossa	Cascalhos	Silte	Argila
Solo e sedimentos da planície de inundação	108,7	29,5	2,0	18,3	41,5
Camada de transição	78,2	56,8	18,2	9,3	39,1
Cascalhos diamantíferos	12,5	11,9	149,1	11,2	15,3
Lama	11,5	9,6	1,3	78,9	98,7

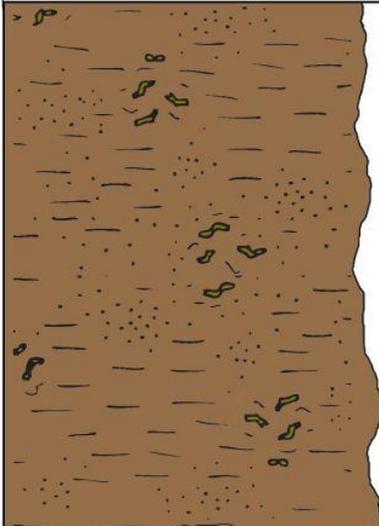
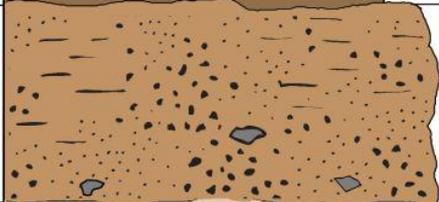
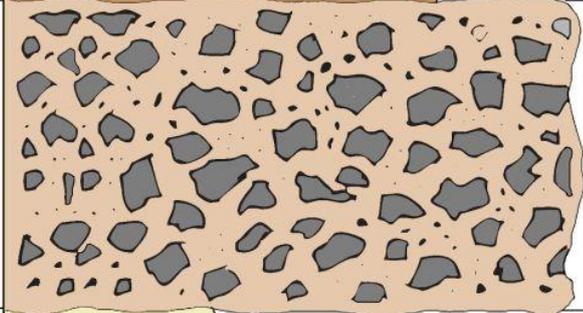
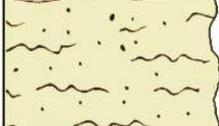
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A camada de estéril é composta predominantemente de areia fina com 45% e 30% de areia média à grossa, além de 20 % de argilominerais e 5% de areia preta com matéria orgânica.

Dessa forma, os minerais mais densos como o diamante depositam-se ao longo da calha fluvial do rio Paraguaçu em pontos onde ocorre a diminuição da velocidade da corrente e que hoje compõem o nível de cascalho. A camada de cascalho diamantífero analisada no perfil, que é o objetivo final da garimpagem (minério), apresentou predominantemente 70% de granulometria na fração de cascalhos entre 1 cm e 10 cm, além de 30% de minerais quartzosos e argilominerais, valores muito próximos aos encontrados por Pimentel (2014), o que ratifica a validade desta nova descrição. Nos quadros 2 e 3, foi possível sintetizar os resultados, pela ordem da

sequência deposicional, e criar um perfil descrevendo aspectos relacionados à mineralogia, textura e morfometria (arredondamento dos grãos) dos sedimentos do depósito aluvionar.

Quadro 2 – Perfil da sequência deposicional, camadas do sistema aluvionar sob o ponto de vista da descrição mineralógica, textural e morfométrica.

	SEÇÃO ESQUEMÁTICA	DESCRIÇÃO	MORFOMETRIA
SOLO E SEDIMENTOS DA PLANICE DE INUNDAÇÃO		Predomínio de areia fina com matriz argilosa e matéria orgânica	Apresentam-se subângulosos e subarredondados
CAMADA DE TRANSIÇÃO		Areia mal selecionada, variando de fina a grossa com matriz argilosa e pouco cascalho disperso.	Apresentam-se subângulosos e subarredondados
CAMADA DE CASCALHO		Predominância de cascalhos com 1 a 10 cm de diâmetro com matriz arenosa constituída de quartzo e quartzito.	Apresentam-se arredondados, subângulosos e subarredondados
LAMA		Material silte argilos com grãos de areia imersos.	Aspecto subânguloso e subarredondados

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

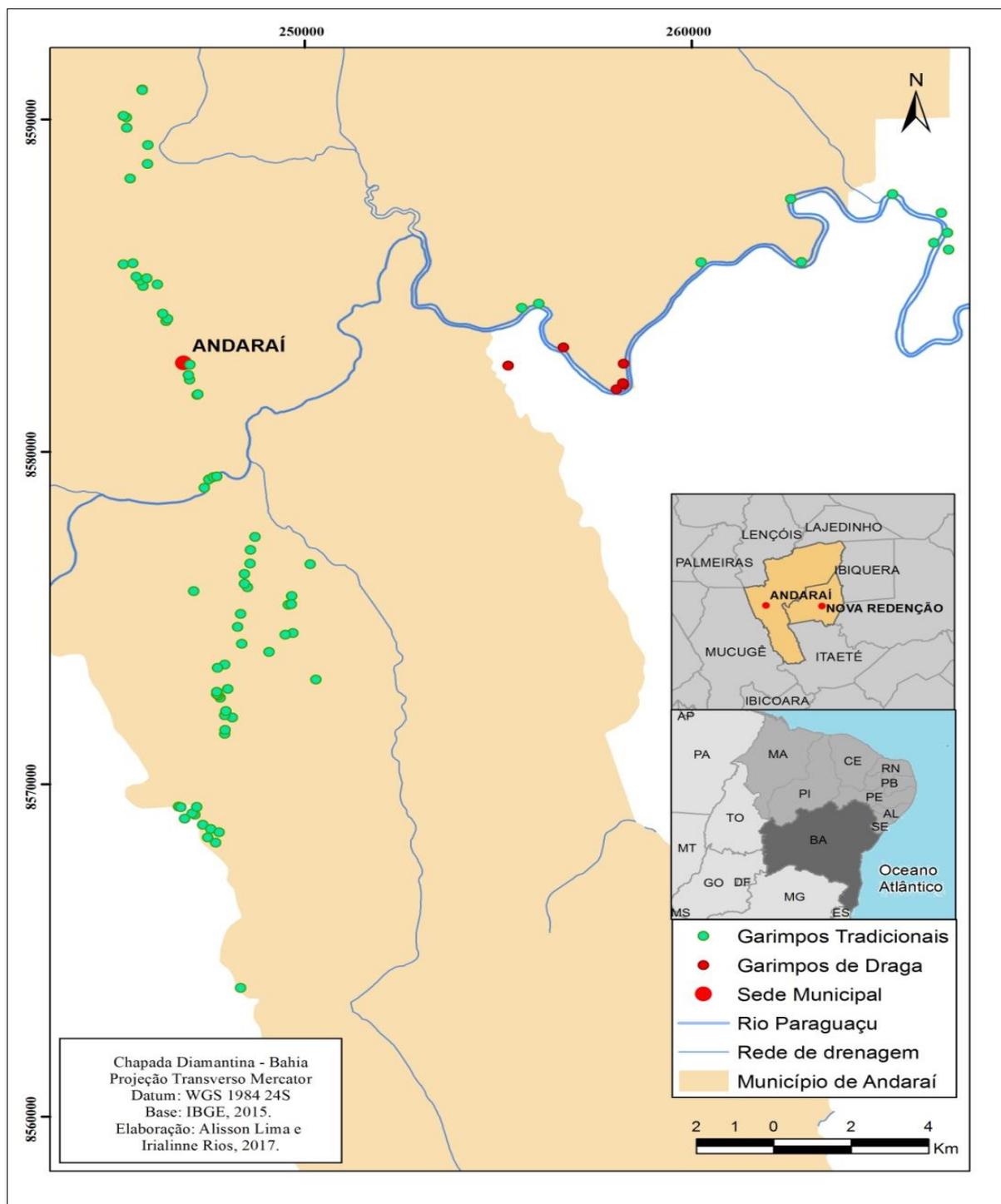
A camada de cascalho localiza-se sobrepostas ao bedrock ou “piçarra” que é como os garimpeiros denominam esta camada e afirmam que esta pode existir de duas formas: piçarra mole ou piçarra dura. Segundo os garimpeiros a piçarra mole é

aquela composta predominantemente por sedimentos com granulometria argilosa, encontrada na área de estudo. A piçarra dura é aquela composta por litologia consolidada. Na área de estudo o bedrock geralmente é encontrado numa profundidade que varia entre 9 m a 12 m, com areia quartzosa e predominância de silte argiloso. Os resultados dos argilominerais presentes no Bedrock convergem com os de Oliveira (2013) que estudou as frações de argilominerais no garimpo Santa Rita.

Os aluviões explorados pela Coogan em Andaraí se enquadram na classificação dos depósitos de barras em pontal e são compostos por areias de granulometria que variam de fina a grossa, quartzosa, de cores brancas e marrom, além de conter argilominerais. Os sedimentos dos aluviões compõem grande parte do material estéril e segundo Coogan apresentaram baixa taxa de minerais diamantíferos.

A exploração desses aluviões compõe o ciclo de garimpos de draga mais recente da Chapada Diamantina, que foi caracterizado e apresentado como uma tendência 15 anos atrás, no trabalho precursor de NOLASCO (2002). O mapa da figura 21 apresenta os registros de garimpos tradicionais e de draga, já registrados pela autora NOLASCO (2002) e os atuais de garimpos de draga (semimecanizados) georreferenciados nesta pesquisa, ao redor da área de estudo (Andaraí/Nova Redenção).

Figura 21 – Registros dos garimpos de Draga e Tradicionais.

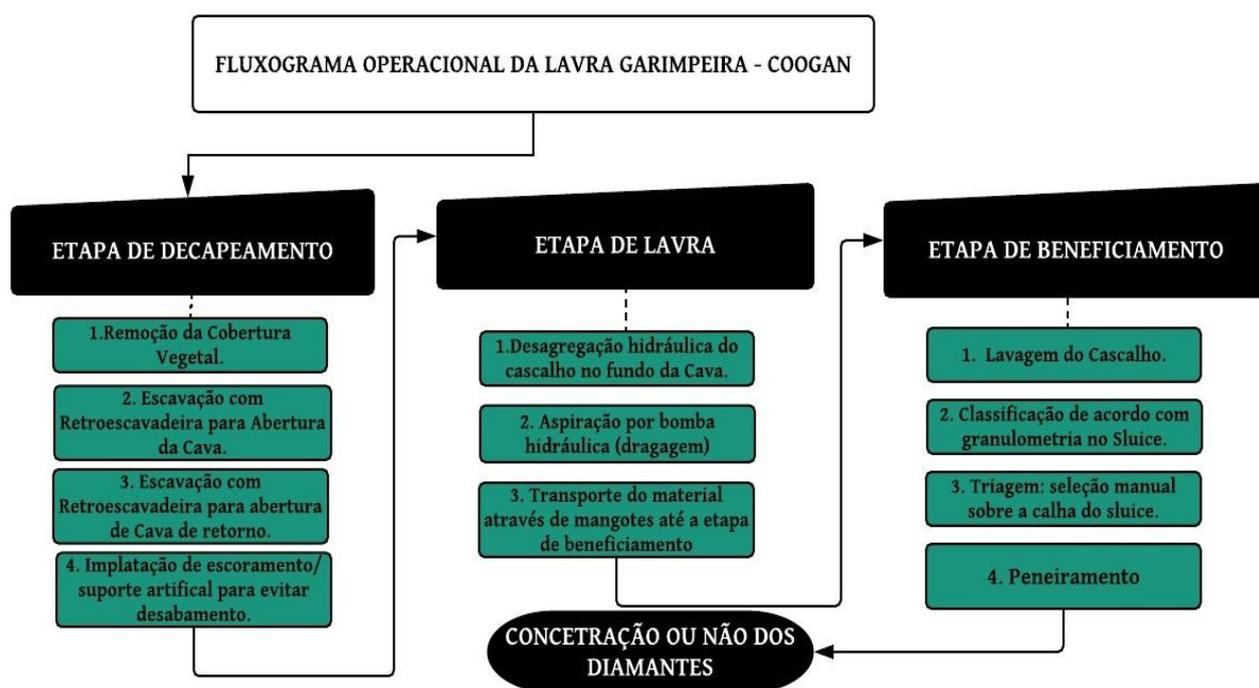


Fonte: Elaborada pelos autores, 2017. Adaptado de Nolasco, 2002.

4.3.2 Garimpos de Draga

As condições do sistema aluvionar encontradas na região são determinantes para nortear o trabalho dos garimpeiros. As operações da Coogan são realizadas sob a forma de garimpos semimecanizados, justamente pela profundidade em que se encontram os aluviões, pela forma inconsolidada dos cascalhos e facilidade de desmonte destes cascalhos que favorecem a dragagem. A partir das observações in situ foi possível caracterizar a forma atual de mineração nos garimpos da Coogan em que a exploração mineral é feita através da abertura de cavas no terreno, utilizando retroescavadeiras. A operação de dragagem é utilizada na etapa de lavra para aumentar o rendimento da produção no envio do cascalho. No fluxograma operacional abaixo foi possível sintetizar as atividades observadas.

Figura 22 – Fluxograma Operacional da Lavra garimpeira da Coogan.



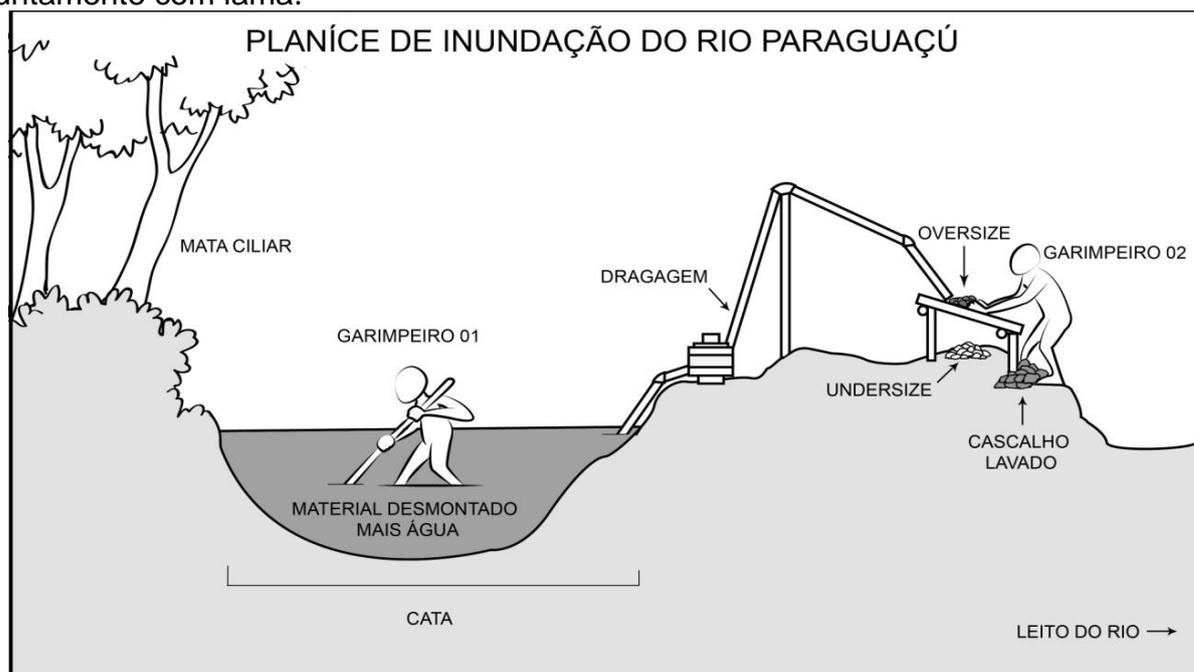
Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

A primeira etapa das operações garimpeiras é o decapeamento do solo quando ainda não foi trabalhado no garimpo. Existe também a possibilidade de reabertura de uma cava que estava sendo garimpada, mas que teve sua operação interrompida e preenchida com rejeito. Estas cavas geralmente só são abertas para exploração se evidenciada a presença de indicadores que apontam para provável ocorrência de

cascalhos na avaliação da área. Estes parâmetros indicadores para os garimpeiros são: avaliação da presença da camada de cascalho através de furos de sondagem, avaliação do sistema fluvial naquele local e presença de armadilhas naturais.

Na etapa de decapeamento, com o auxílio de uma retroescavadeira, é feita a retirada da cobertura estéril que pode ter espessura variada, podendo chegar a 9 m na área do garimpo Pau D'óleo e até 10 m no garimpo Santa Rita. Ainda durante o decapeamento os garimpeiros precisavam sustentar os sedimentos friáveis instáveis dos taludes e rampas criadas pela abertura da cava para dar segurança no acesso às camadas mineralizadas e preparar a área para a lavra em profundidade. Na ilustração abaixo foi possível representar o esquema de funcionamento do garimpo de draga.

Figura 23 – Esquema de um garimpo de draga, onde o garimpeiro 01 escava o material e o garimpeiro B trabalha na lavagem do cascalho extraído pela draga juntamente com lama.



Fonte: Autores, 2017.

A segunda etapa operacional, ilustrada na figura 23 pelo garimpeiro 01, é a da lavra do minério, propriamente dita. Nesta fase, os garimpeiros utilizam a água de subsuperfície que emerge no fundo das catas para desagregação do cascalho. Esta água, em todas as catas da Coogan é reaproveitada em circuito fechado através de uma cava de retorno após a lavagem (beneficiamento) do cascalho, e/ou ainda pode ocorrer o bombeamento de água para dentro cata para realização do desmonte

hidráulico. O envio efetivo do cascalho (minério) é realizado pela aspiração com a força da bomba hidráulica impulsionada por um motor a diesel da draga, que pode chegar a uma potência de 150 HP, para que, na sequência, o cascalho junto com lama e água seja dragado e transportado através de mangotes (mangueiras) de seis polegadas até uma caixa, onde começa a terceira etapa.

Nesta última etapa realiza-se o beneficiamento do cascalho para concentração dos diamantes. A presença da água na caixa que recebe o material dragado provoca uma turbulência responsável pela primeira classificação do minério, retendo os sedimentos mais grossos na caixa (Oversize). Em seguida, a parte mais leve do cascalho desce pelo *sluice* com inclinação de 10%, que consiste em um equipamento classificador de sedimentos de acordo com a sua granulometria, composto por grelhas no sentido transversal à corrida do cascalho. Os diamantes maiores podem ser selecionados por catação manual no próprio *sluice*. Já os cascalhos e os diamantes menores que ficarem retidos pelas paletas da grelha da bica, são classificados e concentrados por um conjunto de peneiras com granulometria em um último estágio de peneiramento.

Nesta operação, o garimpeiro deposita o cascalho retido na bica sobre o conjunto de peneiras submersas umas sobre as outras em ordem decrescente de tamanho. O processo de peneiramento é realizado com centrifugação, removendo progressivamente a peneira com malha com maior abertura até sobrar a peneira de menor abertura (“peneira mais fina”). Em cada uma das peneiras, a centrifugação durante a lavagem possibilita que o diamante situe-se no centro. Ao final, o garimpeiro posiciona a peneira de forma que possa ver bem o centro da peneira com reflexo de luz sobre os cristais na peneira para tentar localizar o diamante.

4.3.3 Viabilidade da exploração dos aluviões

Segundo a Coogan, os pesos mais comuns dos diamantes registrados na região variam de 0,1 a 0,5 quilates. As medidas para o cálculo de parâmetros da mineração realizadas em cinco catas representativas da área dos garimpos evidenciaram que para a exploração dos aluviões do Paraguaçu, existe uma alta relação estéril/minério. Em média, as catas apresentam camada de estéril de aproximadamente 8 m de espessura e a camada de cascalho que compõe o minério

tem uma espessura média de 0,86 m. O resultado é uma relação estéril/minério de 9,3:1.

A relação estéril/minério é o principal parâmetro econômico que indica a viabilidade de extração do depósito e que influencia na escolha do método de extração. Devido à alta relação estéril/minério destes depósitos aluvionares e as condições técnicas dos garimpeiros da Coogan, este estudo de prospecção apontam para a lavra semimecanizada com uso de dragas realmente como método de extração mais viável, talvez o único para estas condições.

Os valores registrados para a exploração dos aluviões pela Coogan em Andaraí estão apresentados na organização da Tabela 3.

Tabela 4 – Valores de parâmetros da mineração nos garimpos da Coogan.

Parâmetros	Valores registrados para a exploração dos aluviões						
	Local	Cata 1	Cata 2	Cata 3	Cata 4	Cata 5	Média
Camada de Estéril (m)		5,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8
Camada de cascalho (m) (Minério)		0,8	0,5	1	1	1	0,86
Relação estéril/minério		6,3:1	16:1	9:1	9:1	9:1	9,3:1
Área do <i>bedrock</i> exposta (m²)		910,8	2700,0	11.304,0	1800,0	624,0	---

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

A pesquisa que avaliou o potencial de exploração dos depósitos diamantíferos sob a forma de garimpos na Chapada Diamantina, o trabalho “Principais Depósitos Mineraiis do Brasil”, realizado pelo DNPM em parceria com a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), já alertava para alta relação estéril/minério dos aluviões acumulados nos rios da bacia do Paraguaçu. A preocupação gira em torno do trabalho com as dragas e na retirada excessiva de sedimentos que podem provocar muito impacto e produzir, relativamente (dependendo do teor), pouco diamante.

Por outro lado, fatores como a natureza inconsolidada desses depósitos, que facilitam os trabalhos de garimpagem, a possibilidade de realizar uma lavra reutilizando a água em circuito fechado e uma cooperativa com garimpos engajados

numa nova perspectiva de exploração sustentável, podem viabilizar a mineração no local, desde que, existam ações eficientes voltadas para a recuperação ambiental das áreas impactadas pelo garimpo.

4.4 CONCLUSÕES

As operações nos atuais garimpos de diamantes na Chapada Diamantina, em Andaraí, são semimecanizados com a operação de lavra por dragagem sendo a opção mais viável de exploração no local. A morfologia do depósito aluvionar da área de estudo pode ser considerada lenticular e a textura disseminada. As análises laboratoriais do perfil e das amostras no laboratório evidenciam que o depósito aluvionar encontrado em Andaraí é constituído de camadas de estéril composta por areia ou argila e de uma camada de cascalho que pode conter diamantes. A camada de estéril é composta predominantemente de areia fina com 40% e 30 de areia média à grossa, de 20% de argilominerais e 10% de areia preta com matéria orgânica.

Os minerais mais densos, como o diamante, depositam-se ao longo da calha fluvial do rio Paraguaçu nas barras em pontal. A configuração desse depósito mostrou-se semelhante à outros aluviões já explorados e estudos por outros autores na Chapada Diamantina. A forma subangular frequentemente encontrada nos grãos dos sedimentos dos aluviões evidenciam um transporte fluvial à curta distâncias das fontes primárias dos diamantes da Chapada Diamantina. Os teores desses depósitos são considerados baixos e a relação média estéril/minério avaliada na exploração da Coogan foi de 9,3: 1, que é considerada alta. Apesar dos baixos teores de diamantes dos depósitos da área de estudo, esses depósitos aluviais representam os depósitos mais promissores para lavra semimecanizada através de dragas, devido à natureza inconsolidada e a possibilidade de reutilização de água em circuito fechado.

É preciso ressaltar a visão mais conservacionista e sustentável da Coogan observada neste estudo. A cooperativa trás uma nova perspectiva de exploração deste recurso natural, com ênfase na recuperação ambiental, reutilização de água e uma disposição a cumprir às exigências da legislação ambiental e mineral. O que ratifica que a atividade garimpeira sob a forma de cooperativa ou associação, torna-se a mais viável para retomar a atividade mineira na região, desde que haja um efetivo trabalho de recuperação ambiental por parte das cooperativas e um apoio dos órgãos públicos envolvidos.

4.5 REFERÊNCIAS

BAHIA. Coordenação de Recursos Hídricos. **Plano Diretor de Recursos Hídricos, Bacia do Alto Paraguaçu**. Salvador: CRH, 1993.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sítio da Internet www.dnpm.gov.br. **Legislação Minerária**. Consultas realizadas entre 13/06/2016 e 20/10/2016.

BRASIL. **Principais depósitos minerais do Brasil**. Sítio da Internet www.dnpm.gov.br. Legislação Minerária. Consultas realizadas entre 13/06/2016 e 20/10/2016.

COOGAN – Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí. **Regimento Interno**. Andaraí: Coogan, 2001.

COOGAN – Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí. **Estatuto Social**. Andaraí: Coogan, 2002.

FLÔRES, J. C. S.; LIMA, H. M. **Fechamento de Mina: Aspectos Técnicos, Jurídicos e Socioambientais**. Editora UFOP. Ouro Preto: UFOP, 2012.

FRANCA-ROCHA, W. J. S., NOLASCO, M. C., LIMA, C. C. U. A Chapada Diamantina e a Serra do Sincorá - Aspectos Físicos. In: **Serra do Sincorá - Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno**. Bahia, 2004.

GIUDICE, D. S. **Geodiversidade e Lógicas Territoriais na Chapada Diamantina – Bahia**. Salvador: CBPM, 2012.

GONZAGA, G.M. & TOMPKINS L.A. (1991). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Gemas e rochas ornamentais, DNPM-CPRM, vol. 4-A, p. 53 - 116.

ICMBIO. **Procedimentos para Elaboração do Plano de Recuperação por Áreas degradadas ou perturbadas – PRAD**. Instrução normativa ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União de 12/12/14. Brasília, 2014.

LIMA, A. **Geoprocessamento aplicado na avaliação de modificações na paisagem provocadas por mineração na chapada diamantina – Ba**. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento e Georreferenciamento. Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, maio de 2017.

LIMA, C. C. U; NOLASCO, M. C. **Chapada Diamantina: A Remarkable Landscape Dominated by Mountains and Plateaus**. In: *Landscape and Landforms of Brazil*. Cap 19. Springer: World Geomorphological Landscapes, Ed. 2015.

LIMA, C. C. U; NOLASCO, M. C. **Lençóis, uma ponte entre a Geologia e o homem**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas. Feira de Santana, 1997.

MATTA, P. G. **O garimpo na chapada diamantina e seus impactos ambientais: uma visão histórica e suas perspectivas futuras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFBA (Universidade Federal da Bahia). Salvador, 2006.

MISI, A. Chapada Diamantina Oriental – Bahia. **Geologia e Depósitos Minerais. Roteiros Geológicos**. Edição da Superintendência de Geologia de Recursos Minerais da Bahia – SGM. Convênio SICT / UFBA / SGM / PPPG / FAPEX. Salvador, 1996, p. 17 a 60.

NOLASCO, M. C. **Registros Geológicos Gerados Pelo Garimpo, Lavras Diamantinas – Bahia**. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

OLIVEIRA, L. M. **Purificação e caracterização de argilas coletadas no garimpo de Santa Rita, Andaraí, Bahia**. PROBIC/ UEFS. Feira de Santana, 2013.

PEREIRA, R. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PIMENTEL, S. G. C. **“O diamante é o piolho da terra”**: relações socioambientais no garimpo de draga da Chapada Diamantina, Bahia. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do meio ambiente. UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), 2014.

PRIESTER, M. **Mecanização da mineração artesanal de diamantes aluvias**. DDI International. Projekt-Consult GmbH. Tradução: Services d'édition Guy Connolly. Portugal, 2010.

TURRA, S. G. C. **Estratigrafia e Sedimentologia dos Depósitos Fluviais Pré-vegetação da Formação Tombador na Chapada Diamantina**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Geoquímica e Geotectônica. USP (Universidade de São Paulo), 2014.

ROCHA, D. S. & ROCHA, J. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas: análise da responsabilidade ambiental da mineração lagoa seca, Chapada Diamantina-Bahia (Brasil)**. VII Seminário Internacional de Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Universidade Católica do Salvador – UCSAL. Salvador, 2015.

SUGUIO, K; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC / Editora da UFRGS, 1990.

SVISERO D. P. **Distribution and Origin of diamonds in Brazil**: an overview. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. Geodynamics, Vol. 20, No. 4, pp. 493-514, 1995.

VIEIRA B. C.; SALGADO, A. R.; SANTOS. L. J. S. **Landscape and Landforms of Brazil. Cap. 19 - Chapada Diamantina**: A Remarkable Landscape Dominated by Mountains and Plateaus. (Carlos César Uchôa de Lima and Marjorie Cseko Nolasco). Springer: World Geomorphological Landscapes, Ed. 2015.

CAPÍTULO 5

ARTIGO 2 – RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS DEGRADADAS: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL PARA OS GARIMPOS DE DIAMANTES NA CHAPADA DIAMANTINA – BAHIA.

Alisson Lima¹
Dr. Carlos César Uchôa de Lima¹
Dra. Majorie Cseko Nolasco¹

¹Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS

RESUMO

Este estudo apresenta um diagnóstico dos impactos ambientais dos garimpos de diamantes, no município de Andaraí, na Chapada Diamantina, explorados pela Coogan (Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí). No conflito secular que perpassa a história da região, os garimpos são “acusados” de contribuir para a degradação ambiental na Chapada Diamantina, principalmente para alterações na rede de drenagem (desvio e assoreamento), modificações na topografia e modificações na cobertura vegetal. Para realização da avaliação dos impactos ambientais da atividade garimpeira atual na região, utilizaram-se técnicas de geoprocessamento com ênfase na avaliação de impacto ambiental. Os resultados evidenciaram uma visão conservacionista da cooperativa e uma nova concepção de exploração destes recursos naturais. Não foram encontrados impactos significativos proveniente da atividade garimpeira na rede hidrográfica local e os resultados da análise de parâmetros físico-químicos de corpos d’água associados a área do garimpo, não detectaram nenhum tipo de alteração nos recursos hídricos da região. Por outro lado, impactos na topografia local foram detectados. O diagnóstico ambiental realizado neste trabalho mostrou os impactos ambientais que efetivamente são causados pelos garimpos de diamantes em Andaraí e avaliou que a recuperação ambiental promovida em áreas testes foi suficiente.

Palavras-Chave: Chapada Diamantina. Impacto Ambiental. Rio Paraguaçu. Geotecnologias.

5.1 INTRODUÇÃO

A interação da sociedade com a natureza, sempre ocorreu de uma forma em que houvesse transformação dos ambientes conforme as necessidades do homem. Como toda exploração de recursos naturais, a mineração provoca impactos no meio ambiente, seja no que diz respeito à exploração de áreas naturais ou mesmo na geração de resíduos que podem comprometer a qualidade ambiental.

Dentre as atividades extrativas humanas, o garimpo foi uma das formas de mineração que mais contribuiu para a degradação do meio ambiente em áreas onde foram desenvolvidos. Atualmente, em algumas regiões do Brasil, o garimpo tem apresentado uma nova perspectiva de exploração sustentável e uma visão conservacionista na exploração destes recursos naturais. Os garimpos de diamantes existem a mais de 150 anos na Chapada Diamantina, região que possui riquezas minerais amplamente exploradas e que chegou a ser a maior produtora de diamantes do mundo no século XIX (ANDRADE, 1999; NOLASCO, 2002). Atualmente, a Chapada Diamantina sofre uma redução significativa de exploração devido às fortes restrições ambientais na região, a queda do preço internacional dos diamantes e principalmente ao esgotamento das jazidas com maior facilidade de extração (MATTA, 2006; PIMENTEL 2014). No conflito secular que perpassa a história da região, os garimpos são “acusados” de contribuir para a degradação ambiental na Chapada Diamantina, com ênfase para os impactos na rede de drenagem e na remoção da cobertura vegetal.

Em alternativa ao rígido controle ambiental e ao combate ao preconceito social, garimpeiros do município de Andaraí na Chapada Diamantina, se organizaram pela primeira vez em forma de cooperativa, criando em 2001 a COOGAN - Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí, que visa formalizar a exploração dos diamantes em depósitos aluvionares locais, cumprindo as exigências da legislação ambiental brasileira, mitigando os seus impactos ambientais e promovendo a recuperação ambiental da área, para tentar modificar a imagem predatória do garimpo.

Com base na legislação ambiental brasileira fundamentada pela Resolução N° 01/86 do CONAMA, define-se impacto ambiental como:

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 afeta: a saúde; a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (Resolução N° 01/86 do CONAMA)

Nesse contexto, Flôres & Lima (2012) e Zhang et al (2016) afirmam que os garimpos de diamantes podem provocar impactos ambientais na área onde são implantados, dentre eles podemos citar: modificações nas superfícies topográficas,

alterações no solo, assoreamento de cursos d'água de rios, entre outros. A pesquisa de Nolasco (2002) explica que nos antigos garimpos da Chapada Diamantina, em caso de indisponibilidade de água nos locais de aberturas de catas, eram construídos desvios de cursos de rio podiam ser feitos no processo, causando mudanças na rede hidrográfica.

Este trabalho realizou um diagnóstico ambiental nas áreas do garimpo de diamantes da Coogan para verificar, atualmente, quais são os reais impactos da atividade na região. Para a avaliação das modificações ambientais da atividade garimpeira em Andaraí-BA foram utilizadas técnicas de diagnóstico ambiental e monitoramento de áreas degradadas por mineração. Nesse sentido, foi relevante realizar um levantamento bibliográfico de pesquisas que discutem as geotecnologias como ferramenta para monitorar e mensurar áreas modificadas por atividades extrativas de diamantes, além de revisar documento técnicos da COOGAN, leis e decretos ambientais sobre a recuperação de áreas degradadas no Brasil. Posteriormente, foram realizados trabalhos de campo para as observações destes impactos *in situ*, mensuração das catas e das camadas dos aluviões, além de testes e coletas de amostras de águas do garimpo para análise de parâmetros físico-químicos.

Um diagnóstico ambiental pode ser considerado um levantamento dos principais impactos da atividade antrópica no meio ambiente, além de ser o principal fornecedor de dados para um plano de recuperação de áreas degradadas. Contratados pela Coogan, a Barrios e Motta Consultoria e Planejamento Rural, foi responsável pela elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Prad a ser implantado nas áreas dos garimpos do município de Andaraí-BA, que lhe permita a devolução ao meio ambiente das principais características físico-químicas e biológicas, possibilitando o reaparecimento das condições necessárias à regeneração do ecossistema, bem como conservando o percentual legal de espécies nativas na área. A execução do PRAD e todas as ações práticas de recuperação implantadas no garimpo foram alvo da avaliação deste trabalho. Além disso, avaliou-se a qualidade das águas nos corpos hídricos da região, buscando compreender se as atividades garimpeiras alteram o consumo de água saudável à população de Andaraí analisando *in situ* alguns parâmetros físico-químicos.

e verificou se houve alterações no curso do rio Paraguaçu, principal canal fluvial que corre nas adjacências da área do garimpo. e verificar se as atividades da Coogan

Além disso, os sedimentos provenientes das pilhas de estéril e rejeito mobilizados podem ser contaminantes ou poluentes pela concentração de metais, ou aumentar a turbidez das águas.

A importância desta pesquisa se insere no âmbito da legislação ambiental brasileira a qual recomenda que para acompanhar a evolução do processo de modificação e degradação das áreas impactadas por projetos de mineração, se utilize técnicas de monitoramento adequadas e viáveis que avaliem de forma eficiente os impactos ambientais causados (ICMBio, 2014).

Nesse sentido, esta pesquisa contribui para o entendimento de quais são os fatores realmente afetados diretamente pelos trabalhos dos garimpos de diamantes, contribui de forma prática para adequação de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad) a realidade de áreas garimpadas em busca de diamantes e gera um modelo para a possibilidade da exploração de garimpos de diamantes com bases sustentáveis na Chapada Diamantina. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho, realizar uma avaliação dos impactos ambientais físicos causados pelos garimpos de diamantes da Coogan em Andaraí.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

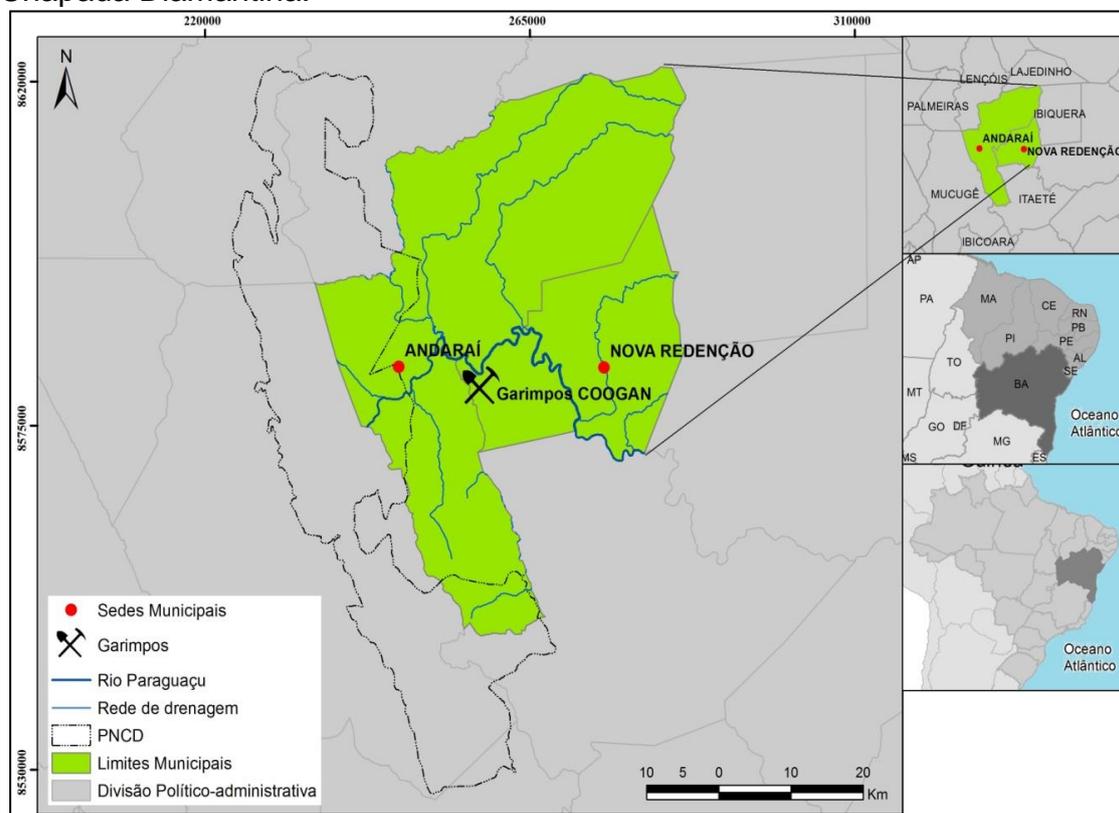
5.2.1 Área da pesquisa

A área do estudo compreende os garimpos da Cooperativa de garimpeiros de Andaraí, situado na divisa das cidades de Andaraí e Nova Redenção na Chapada Diamantina-BA. Os garimpos são denominados pela cooperativa de Santa Rita e Pau D'óleo, situados no município de Andaraí.

O relevo nesta região apresenta as maiores altitudes do estado da Bahia (PEREIRA, 2010). No contexto geológico da região, as rochas características são de origem sedimentar, com ocorrência frequente de meta-arenitos e meta-conglomerados (LIMA & NOLASCO, 2015). A temperatura média na Chapada Diamantina pode variar de 18°C a 22°C, os tipos de vegetação presentes na Chapada Diamantina são a caatinga, típica do semiárido nordestino, cerrado, floresta estacional, e, nas regiões de maiores altitudes predominam os campos rupestres (ICMBio, 2007; GIUDICE, 2012). A região apresenta climas do tipo tropical, sub-úmido e semi-árido (FRANCA-ROCHA et al, 2004).

A área original com autorização de pesquisa para a COOGAN corresponde ao garimpo Santa Rita com dimensões de 251,33 (ha), localizando-se muito próxima do trecho do rio Paraguaçu que corta o município de Andaraí. Próximo dessa região, a Coogan ampliou a prospecção de diamantes em outra área conhecida como Pau D'óleo. As duas áreas apresentaram no momento da pesquisa uma planície com declividade leve no sentido do rio, com solo argilo-arenoso e vegetação local correspondente à floresta estacional semidecidual (PIMENTEL, 2014). A área com polígono destacado na Figura 24 foi requerida pela Coogan no ano de 2006.

Figura 24 – Mapa de localização dos garimpos entre Andaraí e Nova Redenção na Chapada Diamantina.



Fonte: SEI – BA, 2002; IBGE, 2015; Google Earth, 2017; DNPM, 2017. Elaborada pelos autores, 2017.

Existe a ocorrência de depósitos sedimentares de origem fluvial na forma de aluvião com diversos níveis de areia e de cascalho, que é a camada de interesse da garimpagem, onde podem ser encontrados os diamantes. Em 2007, a COOGAN obteve junto ao DNPM a autorização para pesquisa mineral, operando de 2008 até a interdição deste garimpo em 2013 devido ao vencimento da licença. O número deste processo junto ao DNPM é o de 873.281/2006.

5.2.2 Aquisição de dados

Na primeira etapa do estudo realizou-se uma fase de reconhecimento da área dos garimpos com levantamento dos dados como imagens de satélite da missão Landsat com os sensores ETM, TM e OLI, para os anos de 2001, 2009 e 2015, respectivamente. Além de imagens dos sensores Landsat, QuickBird e Wordview para os anos de 1984, 2009 e 2015, respectivamente. As imagens foram adquiridas no sítio da internet do *United States Geological Survey* – USGS, *Google Earth Pro*, e da base Digital Globe – DB. Além disso, foram realizadas consultas relativas ao processo deste garimpo, inserido na base de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

A etapa seguinte de verificação de campo gerou informações para avaliação e observação dos impactos ambientais *in situ*, incluindo medidas das catas escavadas no garimpo (volume e dimensões das camadas de estéril e minério), coletas de amostras de água, medidas de parâmetros físico-químicos, tomadas fotográficas e coleta de pontos em GPS para georreferenciar as imagens orbitais.

5.2.3 Modelagem em ambiente SIG para cálculo da expansão da área dos garimpos.

Algumas técnicas de geoprocessamento testadas por Karan et al (2016) e Snapir et al (2017) em monitoramento da expansão das áreas garimpadas na mineração foram utilizadas neste trabalho com o auxílio do software ArcGIS 10.5. Foram usadas imagens espectrais obtidas no *Google Earth Pro*, dos anos de 1984 (Imagem LANDSAT 5), 2009 (Wordview) e 2015 (QuickBird), todas devidamente georreferenciadas (Figura 25).

Os critérios para a escolha dos anos utilizados para verificar as mudanças na paisagem promovidas pelo garimpo de diamantes da COOGAN são baseados nos períodos em que a cooperativa não estava na área, comparando com o período em que começou a exploração dos aluviões, evidenciando os impactos que diretamente estão envolvidos com os trabalhos atuais de mineração na área. A imagem de 1984 foi escolhida apenas para verificar se a área já tinha sido garimpada ou sofrido algum tipo de atividade antrópica anterior.

Para observar as mudanças na área efetivamente causadas pelo garimpo atual, foram escolhidos os anos de 2009 quando o garimpo estava ativo com licença para a prospecção mineral até 2013, último ano de exploração significativa. Foi feita também, uma análise da imagem de alta resolução mais atual disponível para área, do ano de 2015, para avaliar os efeitos após a parada do garimpo.

Figura 25 – Imagens espectrais dos anos de 1984, 2009 e 2015, com as áreas garimpadas representadas em branco, com solo exposto e parcialmente escavado.



Fonte: Google Earth Pro, 2017.

Para destacar a área do garimpo e não confundi-la com solo exposto, foi realizada uma composição colorida de dados multitemporais $R = B3$, $G=B2$, $B=B1$, destacando a área garimpada, retirando o canal azul (B) e ativando o filtro Alpha (MUÑOZ, 2013). De posse das imagens com a composição que evidencia a área do garimpo de Andaraí, realizou-se uma vetorização das imagens (ZHANG et al, 2017). A partir dos polígonos vetorizados foi possível verificar a expansão das atividades antrópicas e classificar a área para mapear o uso e cobertura do solo, validando os dados a partir das verificações de campo segundo a legenda proposta que contém as seguintes classes: florestas, corpos d'água, garimpo, solo exposto, pasto e agricultura. Além disso, foi possível calcular o aumento das áreas garimpadas (m^2) ao longo dos

anos estudados. Por fim, foram construídos os mapas que analisam as mudanças das áreas dos garimpos de Andaraí ocorridas entre 2009 e 2015.

5.2.4 Sensoriamento Remoto e Análise das modificações na cobertura vegetal usando NDVI e SAVI.

Para contribuir com a análise dos impactos dos trabalhos do garimpo na cobertura vegetal e no solo foram realizados processamentos de três imagens do satélite Landsat (Quadro 4), correspondentes aos anos de 2001, 2009 e 2015 no software ENVI. Para refinar a qualidade das imagens e atenuar os efeitos das condições atmosféricas, iluminação, ângulos de visada, umidade do solo e calibração do sensor que implicam em variações nos valores de reflectância terrestre, e conseqüentemente, em alterações nos resultados obtidos com o processamento, utilizou-se o método de composição colorida de dados multiespectrais e correção atmosférica (LI & TAO, 2000; JESUS et al, 2015). Para a correção atmosférica foi utilizada a ferramenta “Flash”, na qual se introduziu todos os dados do metadado e a imagem de radiância para converter em uma imagem de reflectância.

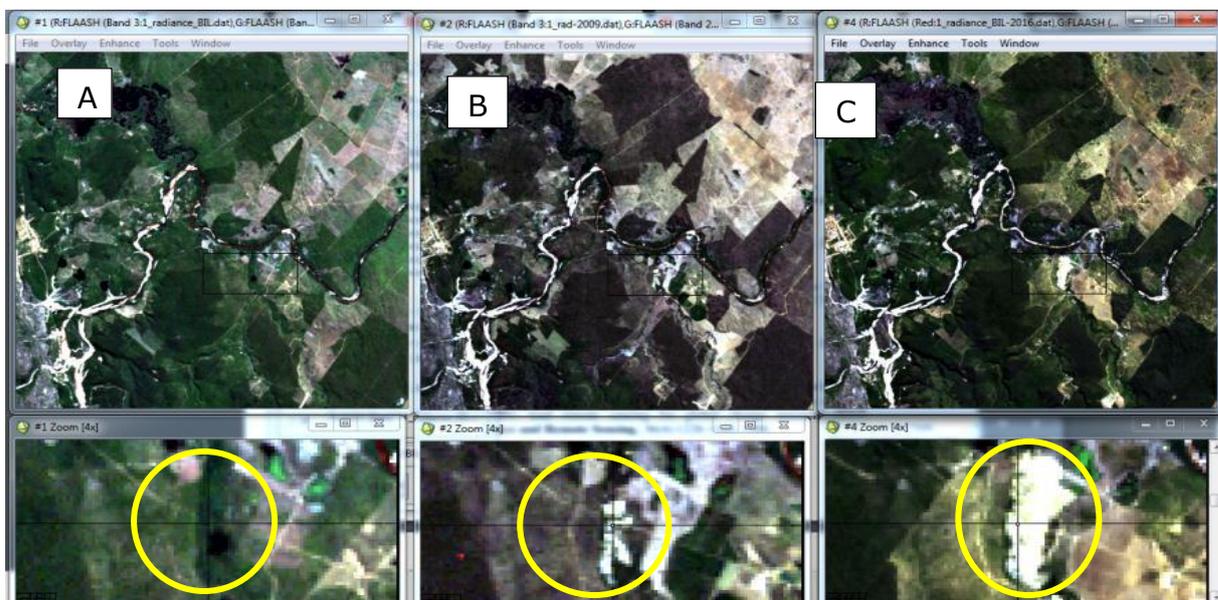
Quadro 3 - Imagens utilizadas no estudo

Órbita/ponto	Data	Sensor
217/69	28/10/2001	ETM
217/69	24/09/2009	TM
217/69	07/06/2015	OLI

Fonte: Autores, 2017.

Realizou-se a composição multiespectral das imagens coletadas, utilizando a ferramenta “*Layer staking*”, que faz a união das imagens pancromáticas em imagens multiespectrais, agrupando as bandas RGB, 4 (Red), 5 (Green) e 7 (Blue) infravermelho e termais, usados para realizar um teste visual das imagens.

Figura 26 - Imagens Landsat utilizadas no estudo



Fonte: USGS (2016).

Além disso, ao trabalhar com imagens multitemporais as cenas obtidas em diferentes épocas devem também ser compatíveis em termos de características radiométricas. A correção radiométrica neste trabalho foi realizada usando a ferramenta “*Radiometric calibration*” transformando os valores digitais (ND) para valores de radiância. Para validar e complementar as informações obtidas com o sensoriamento remoto, nos trabalhos de campo foi realizado um levantamento das condições da cobertura vegetal e das alterações nos solos providas pelo garimpo.

5.2.5 Análise dos impactos na rede hidrográfica e na topografia do terreno

As atividades mineiras podem causar alterações na dinâmica fluvial. Por isso, a relação entre o trabalho de garimpagem e o rio Paraguaçu foi avaliada neste trabalho. Um artifício que no passado era muito comum nos trabalhos de garimpagem é a transposição de cursos d’água para a lavra em pontos meandantes do rio, caso típico de garimpos de diamante. Nas campanhas de campo, os principais trechos do rio Paraguaçu próximos ao garimpo foram percorridos para avaliar um possível desvio

e validar o monitoramento realizado através das imagens de satélite disponíveis no período de exploração da cooperativa.

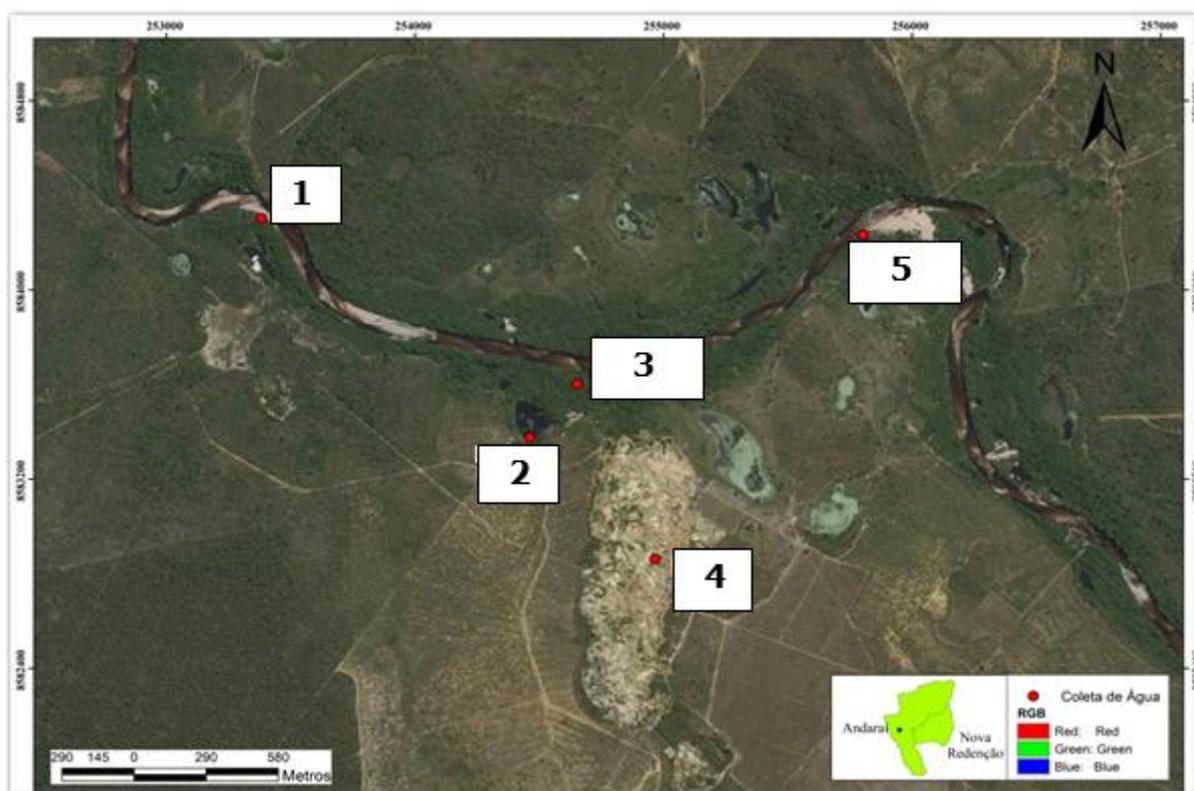
Em relação à topografia da região, as atividades garimpeiras alteram a morfologia local com a abertura das catas de exploração e de retorno, abertura de trincheiras para sondagem do cascalho, abertura de acessos, dentre outros. Além disso, a disposição de pilhas de rejeito e estéril na área altera a topografia. Diversos aspectos foram analisados nas observações *in situ* para avaliar os impactos na topografia: forma de disposição do estéril e rejeito, alteração do nível do lençol freático e quantidade de sedimentos retirados das catas através da medição das dimensões das Catas.

5.2.6 Análises de parâmetros físico-químicos nas águas associadas ao garimpo

O diagnóstico foi realizado, pois apesar do processo de beneficiamento do cascalho diamantífero não utilizar substâncias químicas, pode haver compostos orgânicos e substâncias químicas nocivas provenientes das máquinas do garimpo semimecanizado que podem causar danos à biota e comprometer a qualidade da água. As análises físico-químicas foram feitas no local com um aparelho Multiparâmetros, seguindo as padronizações descritas no *Standard Methods for Water and Waste Water Examination* (APHA, 2005). Os pontos de coletas localizam-se nas proximidades do garimpo e do rio Paraguaçu: ponto a jusante do garimpo, Lagoa da Piranha, Lagoa da Peruca, Lagoa Jaburu e Seca. As variáveis ambientais avaliadas foram: Condutividade elétrica (CE), Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), Temperatura, Turbidez e a concentração de metais pesados totais e dissolvidos (Cu, Zn, Pb, Ba, Cd, Mn, Fe, Al, Cr, Li).

Os resultados foram comparados com os valores padrões das Resoluções 020/86 e 357/05 – CONAMA, Portaria N°1469 do Ministério da Saúde, dados encontrados na literatura, que identificam os parâmetros que determinam a presença de elementos estranhos, bem como determinam valores de referência para medir a qualidade de água para consumo humano. As amostras de água para análise dos metais foram coletadas em campanhas de campo, em pontos diretamente relacionados com o garimpo Santa Rita, são eles: Lagoa Seca, Lagoa Jaburu, Água em Frente ao garimpo, Volta da pedra e amostra do fundo de cata.

Figura 27- Pontos de amostragem de água associadas ao garimpo em vermelho: 1 – Lagoa Seca; 2 – Lagoa Jaburu; 3 – Frente do garimpo; 4 – Fundo da Cata; 5 – Volta da Pedra.



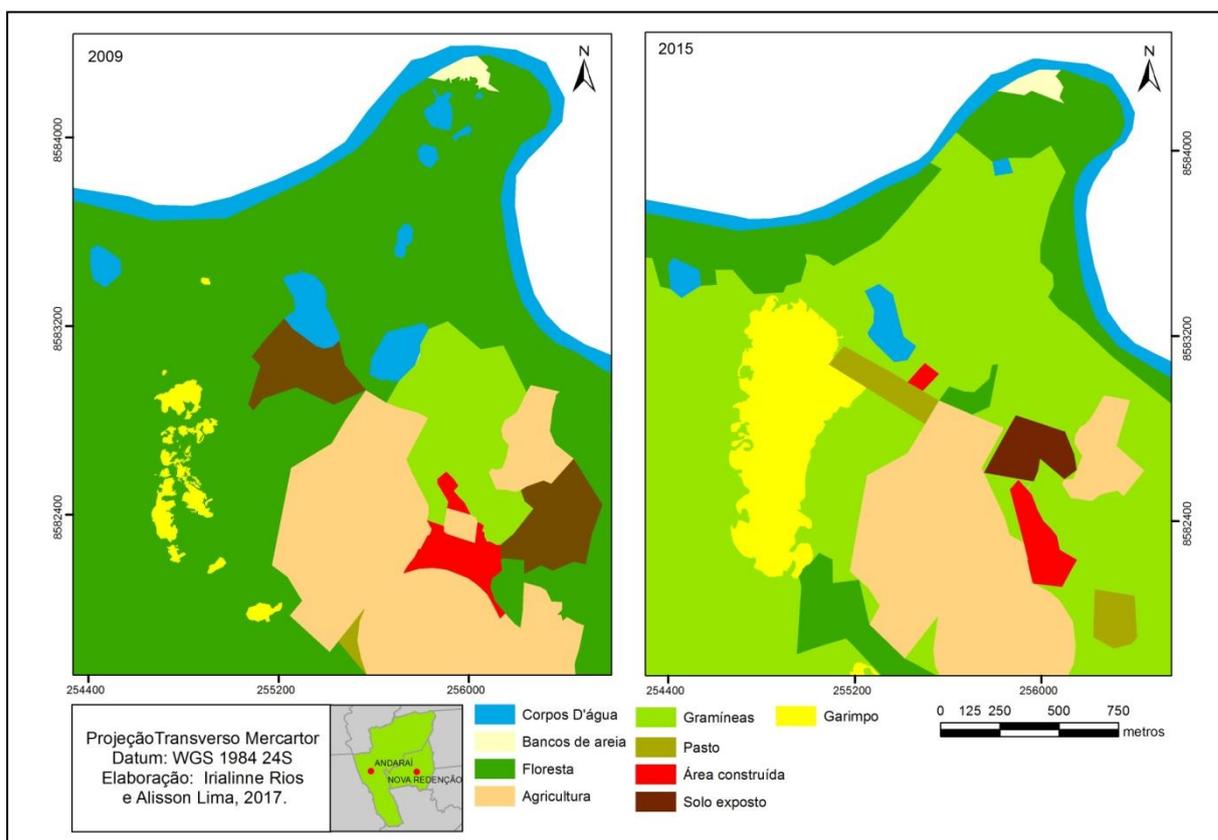
Fonte: Google Earth Pro, 2017.

As amostras de água nas áreas adjacentes ao garimpo foram enviadas para o laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto, para identificação dos metais pesados com o espectrofotômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente, equipamento da marca *Agilent*. Os limites mínimos de quantificação do método empregado para os elementos são: Cu - 5,37; Zn - 6,21, Pb - 181; Ba - 0,48; Cd - 6,64, Mn - 2,28; Fe - 7,05; Al - 8,92; Cr - 17,1, Li - , Cd.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da vetorização dos dados obtidos por sensoriamento remoto na região, foi possível construir o mapa de uso e ocupação da área do garimpo e suas adjacências. Os mapas de uso e cobertura apresentados na Figura 28 comparam as modificações da área de prospecção de diamantes e propõe uma classificação nas feições observadas nas imagens de satélite para os anos de 2009 e 2015. As classes identificadas foram: corpos d'água, bancos de areia, floresta, agricultura, gramíneas, pasto, área construída e solo exposto. As classes foram validadas nos trabalhos de campo.

Figura 28 - Mapas de uso e cobertura após a vetorização das imagens orbitais de alta resolução de 2009 e 2015 para a área de estudo.



Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

Nesse mapa nota-se uma mudança drástica na paisagem em relação a redução da cobertura vegetal, fora do polígono da área do garimpo está associada a fazendas pastoris da região. O fogo foi utilizado para desmatamento das áreas e posterior plantio de pasto, classe que aumentou significativamente na comparação dos mapas de uso e cobertura de 2009 para 2015. Os mapas ratificam os resultados encontrados

por Pimentel (2014), que evidenciam que as pastagens e áreas de agricultura foram mais responsáveis por perda de vegetação do que a garimpagem.

Nessa perspectiva, boa parte da área de cobertura vegetal deu espaço para pastos em diferentes estágios. Dessa forma, a responsabilidade pelos impactos ambientais não é exclusiva do garimpo, existem outras atividades agropastoris e uma série de outros processos de modificação ambiental acumulados no tempo, já que a área havia sido trabalhada em outras épocas segundo as conclusões a partir de revisão bibliográfica (LIMA & NOLASCO, 1997; NOLASCO, 2002; PIMENTEL, 2014) e análise da imagem orbital do ano de 1984.

Portanto, é importante salientar que a recomposição da paisagem e manutenção dos serviços ecossistêmicos não é apenas responsabilidade da Coogan e que a abertura de catas, embora tenha removido maior quantidade de sedimentos, alterou menos a cobertura vegetal do que as atividades agropastoris na área de estudo.

5.3.1 Expansão da área garimpada 2009 – 2015

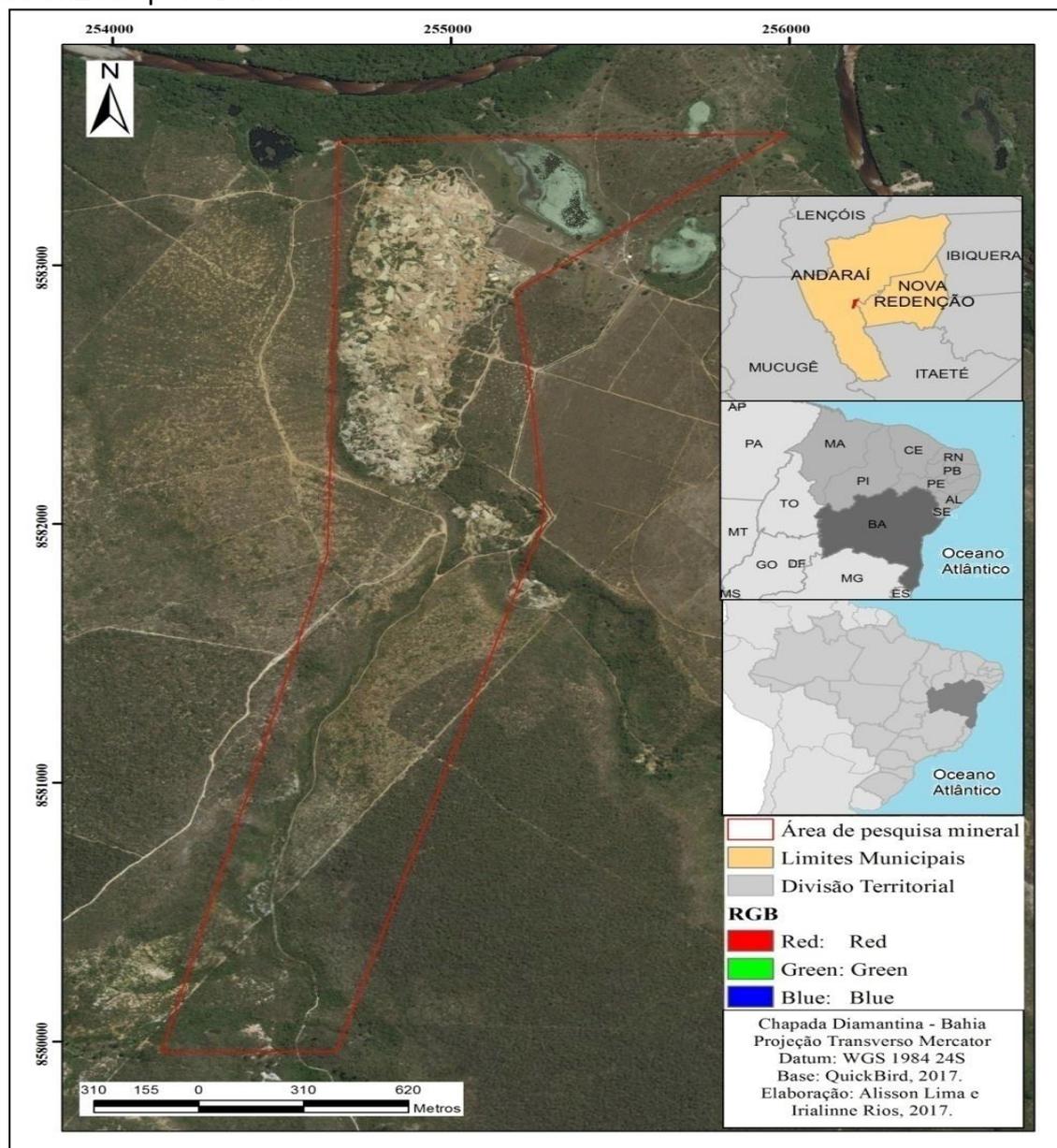
A vetorização das imagens orbitais estimou a dimensão da influência garimpeira durante os dois períodos, em 2009 e 2015 (Figura 28), evidenciando o aumento da área superficial de mineração ao longo dos anos estudados. Após um período de longa estagnação das atividades garimpeiras, que possui registros de exploração desde 1984 (NOLASCO, 2002; PIMENTEL, 2014; LIMA et al 2017), a análise através da imagem de 2009 evidencia o crescimento da área garimpada que corresponde a 77.756 m², após a retomada da organização garimpeira (COOGAN).

Em 2015, a área de mineração cresce para 417.336 m². A Figura 29 mostra os mapas das mudanças do garimpo Santa Rita ocorridas entre 2001, 2009 e 2015, ressaltando a eficiência da técnica utilizada por Karan et al (2016) e Snapir et al (2017) para monitorar as mudanças em áreas garimpadas.

Figura 29 – Mapa das mudanças do garimpo Santa Rita ocorridos entre 1984, 2009 e 2015, no município de Andaraí.

os limites da poligonal estabelecida pelo órgão gestor mineral, o DNPM, como mostra a Figura 30.

Figura 30 – Comparação da área garimpada e a poligonal que representa área autorizada pelo DNPM.



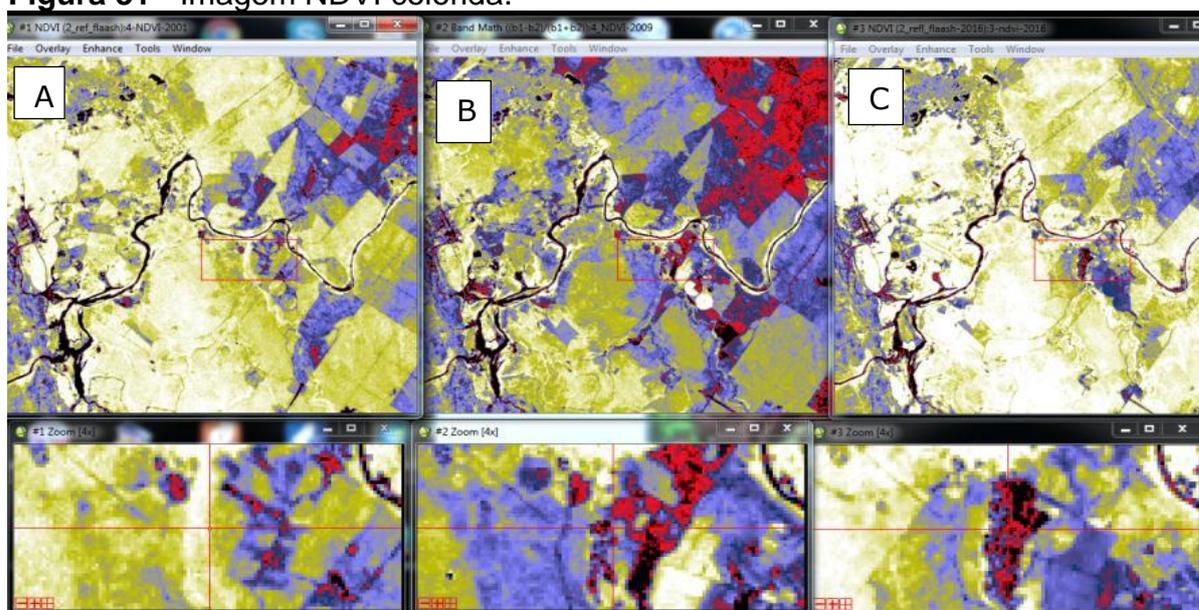
Fonte: Google Earth Pro, 2017. DNPM, 2017.

5.3.2 Impactos na Cobertura Vegetal e no Solo

Com a aplicação do índice NDVI foi possível ratificar os resultados obtidos nos mapas de uso e cobertura da área do garimpo e suas adjacências: houve redução da cobertura vegetal na área do garimpo e no seu entorno. A análise do NDVI mostra que a atividade fotossintética nas áreas em branco corresponde a valores altos do pixel (Figura 31). O NDVI apresentou para o ano 2001 (A) maior resposta fotossintética em área coberta com vegetação (0,8), ano que a Coogan foi fundada, mas ainda não explorava a região, pois não tinha autorização de pesquisa mineral.

Em 2009 (B) a aplicação do NDVI já evidenciava os impactos oriundos da atividade garimpeira e, principalmente, das atividades agropastoris, com um valor de 0,5 que corresponde a pouca vegetação identificada. Já o ano 2015 (C), praticamente não apresentou resposta de atividade fotossintética para a cena da área analisada.

Figura 31 - Imagem NDVI colorida.



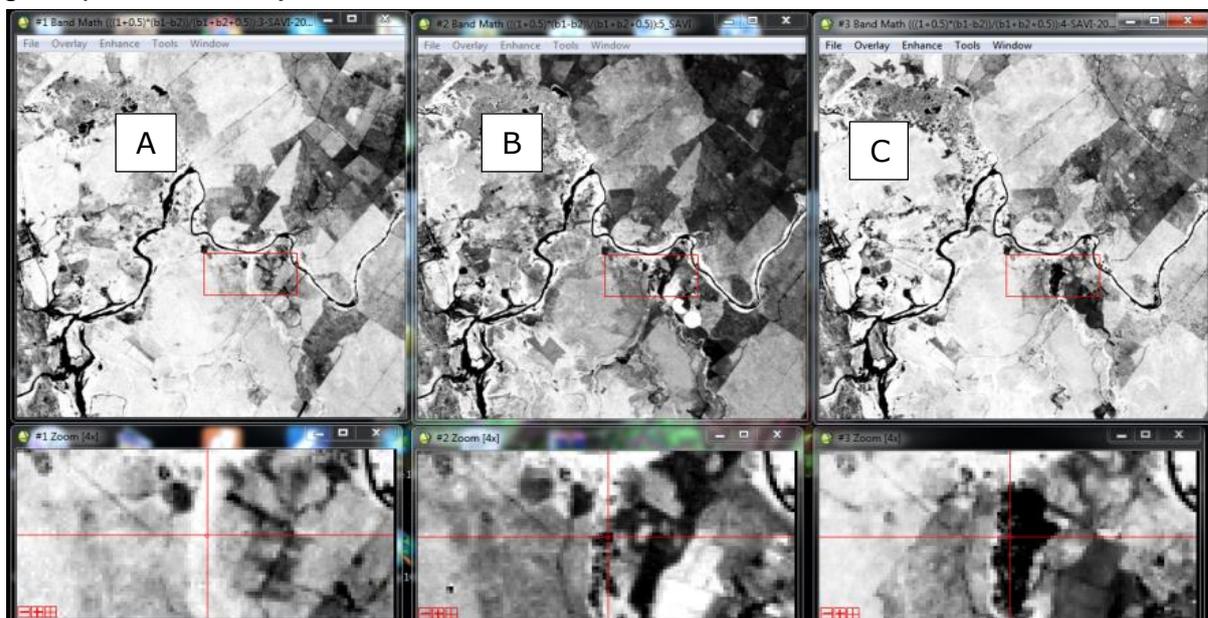
Fonte: USGS (2016).

Em relação aos impactos no solo os resultados da aplicação do índice SAVI, também ressaltam os impactos das atividades antrópicas. Eles colaboram com o estudo de Karan et al (2016), que aponta como principal fator causador de alterações nas propriedades do solo em mineração, a deposição indevida de resíduos provenientes das operações de decapeamento, lavra e beneficiamento. Em contrapartida, nos trabalhos de validação de campo, foi observado que existe uma atenção dos garimpeiros da Coogan voltadas para a conservação do solo assim como identificadas no trabalho de Pimentel (2014).

Dessa forma, para evitar a perda do solo orgânico os garimpeiros dispõem a camada de solo orgânico no mesmo horizonte para que a camada retorne da mesma forma durante os trabalhos de recomposição. Apesar do cuidado dos garimpeiros, após a remoção da camada superficial do solo e dispendo as pilhas deste material estéril ao redor da cata, é possível que haja a perda de compactação, e o aumento da taxa de infiltração, o que acarreta em uma perda dos nutrientes naturais do solo e em menor retenção de umidade. É preciso que a remoção da cobertura dos aluviões durante os trabalhos de escavação e a disposição do estéril na Coogan ocorram com uma preocupação conservacionista, retirando e estocando a sua parte orgânica, protegendo-a para a posterior recomposição.

Na comparação dos índices NDVI com o SAVI (Figura 32), aplicados na área do garimpo, os dois expressam similaridade, mas o SAVI destaca mais os solos expostos.

Figura 32 - Valores do SAVI para as imagens de 2001, 2009 e 2015 na cena com garimpos e área adjacentes.



Fonte: USGS (2016)

Os valores de NDVI apresentaram valores altos 0.8 para ano 2001 destacando a atividade fotossintética, no caso do SAVI apresenta um valor maior: 1,8. Para imagem de 2016 na área de garimpo, observa-se um valor de 0,07 para o NDVI, mais próximo a zero. Para SAVI o valor fica acima do NDVI, mas não deixa de ter valor mínimo para destaque de solos expostos (Quadro 4).

Quadro 4 - Valores espectrais do ponto na área de garimpo

Índice	2001	2009	2015
NDVI	0,8	0,5	0,07
SAVI	1,8	0,7	0,19

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

É importante elencar que os efeitos do período de seca que ocorreu nesta região da Bahia durante os últimos anos, contribuem para a redução dos valores de NDVI e SAVI obtidos na área de estudo onde as condições climáticas prejudicam a manutenção da vegetação e a perda de umidade no solo.

5.3.3 Impactos na rede hidrográfica e na topografia

Os resultados da análise das imagens orbitais (Figura 33), observando ano a ano da exploração mineral em Andaraí na plataforma *Google Earth Engine*, com a validação em campo mostraram que a Coogan não realizou o desvio do rio Paraguaçu na área de estudo nos anos de pesquisa mineral. Também não houve identificação de modificações em outros corpos d'água na área de estudo e ocorrência de implantação de barragens. A lavra se desenvolve na planície de inundação do rio Paraguaçu no caso do garimpo Pau D'óleo e em um antigo curso fluvial abandonado no garimpo Santa Rita. Mesmo podendo retornar ao seu curso original, uma vez cessado o barramento, os garimpos da Coogan não utilizam esses artifícios e não são responsáveis por alterações de grandes proporções na rede hidrográfica local.

Figura 33 - Análise dos impactos na rede hidrográfica na Plataforma Google Earth Engine entre os anos de 2007 e 2015.



Fonte: Google Earth Engine, 2017.

No entanto é importante salientar que os efeitos deste tipo de impacto são difíceis de mensurar, pois dependem de conhecimentos integrados da dinâmica fluvial, levantamento da biota afetada, dentre outros, deixando este trabalho uma contribuição e também uma lacuna para realização de uma análise mais aprofundada deste impacto. A abordagem em termos qualitativos pode ser feita através da verificação da qualidade físico-química da água e biota.

Um ponto positivo observado na avaliação *in situ* da exploração mineral da Coogan foi a possibilidade da utilização dos recursos hídricos de forma sustentável em circuito fechado. Os garimpeiros se propõem a abrir cavas denominadas de “retorno”, para reaproveitar a água proveniente da lavagem dos cascalhos no rejeito e fornecer água para uma ou mais catas para o desmonte do material, evitando-se ao máximo, o desperdício de água ou um impacto negativo nas águas do rio Paraguaçu, como por exemplo, a redução da vazão do rio em comunidades a jusante.

Em relação à vazão do rio, é importante correlacionar que, os regimes de chuvas da região são irregulares e nos últimos anos a região tem passado por uma severa seca, tornando a disponibilidade de água um dos maiores problemas para trabalhos de garimpagem. A regulação das vazantes e períodos de cheia e seca do Rio Paraguaçu é dependente do lençol freático, dos regimes de precipitação e da permeabilidade e porosidade dos solos na Chapada Diamantina, conforme explicações de Suguio e Bigarella (1990) e Genz (2006), sobre os fatores de infiltração e escoamento da água no ciclo hidrológico.

A dinâmica fluvial de cheia e seca em Andaraí pode ser visualizada na Figura 34, que registra o rio Paraguaçu no mesmo ponto em períodos diferentes, nas campanhas de campo próximo aos garimpos Pau D'óleo da COOGAN numa época em que o garimpo não estava mais ativo.

Figura 34 – Rio Paraguaçu nas proximidades do garimpo: A – Período de Cheia (Agosto/2016). B – Período de Seca (Janeiro/2017).



Registrado por Carlos Uchôa e Alisson Lima, 2016/2017.

Em relação aos impactos na topografia observou-se que a disposição de estéril e rejeito, alteraram a morfologia local durante as atividades de pesquisa mineral do garimpo. Nos garimpos de draga, torna-se necessária a implantação de um programa de recuperação da topografia adequado, e um controle das aberturas de catas, condicionando a abertura de novas catas após o fechamento das anteriormente exploradas, principalmente no garimpo Santa Rita, pois sem este controle haverá um impacto visual de grandes proporções, dentre outros impactos indiretos.

5.3.4 Impactos nas águas associadas ao garimpo

Os resultados dos parâmetros físico-químicos medidos nas águas não apresentaram variações espaciais significativas ao longo da área do garimpo. Os valores de pH medido nas águas foi de 6,99 a 7,05 unidades, o que confere as águas da região um caráter praticamente neutro. A condutividade elétrica variou entre 10 e 90 μS . Em relação à condutividade elétrica analisada nas águas, dos cinco pontos de coleta é possível observar que os valores foram homogêneos, com exceção o ponto da Volta da Pedra à montante do rio Paraguaçu, que obteve um valor maior (208,0) em comparação aos demais. Resultado que comprova que não há alterações nesse parâmetro associado ao garimpo, sobretudo porque a Volta da Pedra é a montante do garimpo.

A condutividade elétrica é um parâmetro de qualidade importante para fins de irrigação e avaliação indireta da salinidade das águas. Todos os cinco pontos amostrados se enquadraram acima no limite estabelecido por Ayers & Westcot (1985), Libânio (2005) e pela Portaria Nº 2914 do Ministério da Saúde, que propõem que, para as águas naturais os valores de condutividade devem ser menores ou estar entorno de 100 μS , uma vez que o CONAMA não estabelece valores limítrofes para nenhuma classe de água.

Segundo o trabalho realizado pelo Cetesb (2014), valores de condutibilidade elétrica acima do estabelecido podem contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorrem por áreas desmatadas pois ocorre o escoamento superficial carreando sedimentos que podem elevar a presença de íons nos corpos d'água e promovem a elevação da condutividade elétrica.

Os valores para turbidez variaram de 1,6 a 3,14 UNT. Quando comparados com a Portaria Nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelece que a turbidez deva ser < 5 UNT em ambientes fluviais, conclui-se que não houve impacto negativo significativo na turbidez das águas associadas ao garimpo, que poderiam ter sido promovidas pelo escoamento superficial de sedimentos, como aqueles provenientes das pilhas de estéril e rejeito em suspensão na água tais como: lamas, areias quartzozas e matéria orgânica. Todos os valores de turbidez medidos ao longo do monitoramento ambiental foram abaixo do estabelecido. Isso se deve à preocupação dos garimpeiros na disposição das pilhas de estéril e rejeito no local, e da baixa ocorrência de chuvas da região que vive uma das secas mais severas dos últimos anos.

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos constituintes mais importantes dos recursos hídricos e um dos mais usados na avaliação da qualidade em razão de estar diretamente relacionado com os tipos de organismos que podem sobreviver em um corpo d'água. (LUCAS et al., 2010) O maior valor de oxigênio dissolvido (OD) foi 6,55 mg/L no rio Piranha, enquanto que o menor valor encontrado foi 4,29 mg/L na Lagoa Seca. No geral, todos os pontos apresentaram um valor próximo do valor estipulado pela resolução CONAMA (Resolução N° 357) que não deve ser inferior a 5 mg/L. Todos os valores encontrados estão listados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados das análises físico-químicas nas águas do garimpo.

Resultados das análises físico-químicas nas águas do garimpo					
Locais	Turbidez	Temperatura	pH	Condutividade	OD
	UNT ¹	°C	[H ⁺]	µS	mg/L
Lagoa Seca (montante)	2,94	30,2	7,04	120,5	4,29
Rio Piranha	1,74	27,4	6,99	136,2	6,55
Volta da Pedra (jusante)	3,14	30,6	7,02	208,0	4,99
Peruca	1,61	26,5	7,05	153,5	6,34
LQ	0.480	0.294	8.92	7.04	2.28
CONAMA	< 5	26	7	100	5,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

As concentrações dos elementos Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Li e Hg estiveram abaixo do limite de detecção do método empregado para análise das águas. É importante ressaltar, no que se refere ao Hg, que este não é usado no beneficiamento dos diamantes como em garimpos de ouro. A tabela 5 apresenta os resultados da análise química em corpos d'água adjacentes os garimpos da Coogan.

Tabela 6 – Resultados da análise química das amostras de água do garimpo.

Resultados da Análise química das amostras de água do garimpo						
Amostras	Ba	Sr	Al	Fe	Mn	Ca

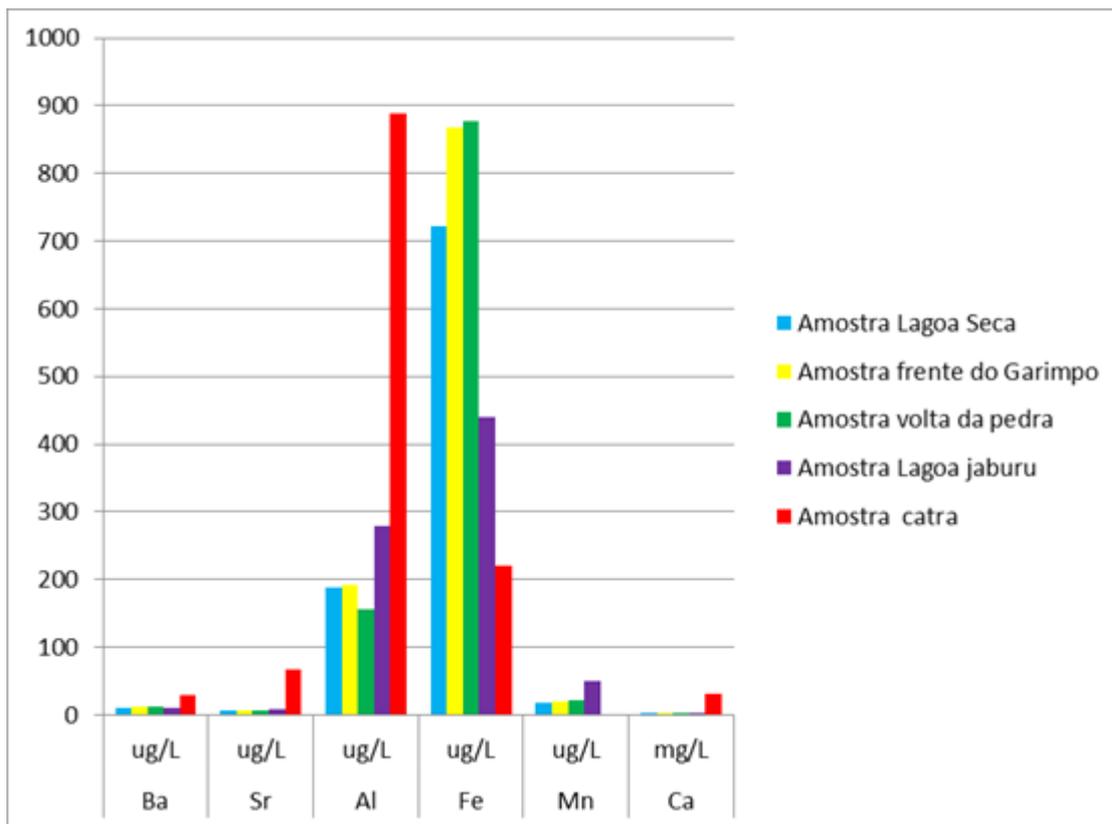
	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
Amostra Lagoa Seca (montante)	9.26	5.97	188	722	16.77	1.65
Amostra Frente do Garimpo	11.33	6.87	192	867	20.28	2.42
Amostra Volta da Pedra (jusante)	12.00	6.57	155	876	20.88	2.11
Amostra Lagoa Jaburu	10.71	8.76	280	440	49.13	1.69
Amostra Cata	29.36	67.76	888	219	<LQ	31.46
CONAMA (ug/L)	7000	1000	1000	1000	-	-
LQ	0.480	0.294	8.92	7.04	2.28	0.0217

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os elementos Ba, Sr e Al apresentaram resultados abaixo do limite máximo estabelecido pelo CONAMA (Resolução N° 357). O cálcio e manganês, apesar de não serem abordados pela legislação, mostraram-se muito semelhantes nos resultados da amostragem de todos os corpos d'água, exceto para a concentração de cálcio maior (31,46) na amostra de água do fundo da cata. O teor de alumínio na amostra do fundo da cata apresenta valor maior do que nos outros corpos d'água e pontos do garimpo. Logo, reforça-se a suposição de que o alto valor não é por efeito das outras áreas do garimpo, ou da mobilidade do metal através das atividades garimpeiras.

Os teores de elementos traços em águas associadas ao garimpo, não indicaram a presença de amostras contendo inconformidade em relação às concentrações de qualidade ambiental estabelecidas pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA. Dessa forma, as atividades garimpeiras, não contribuem significativamente em termos de contaminação com base nos valores encontrados na análise química representados no gráfico da Figura 35 e comparados com aqueles preconizados pelo CONAMA.

Figura 35 – Gráfico com síntese dos resultados da análise química das amostras de água do garimpo.



Fonte: Laboratório de Geoquímica, Deptº de Geologia/Universidade Federal de Ouro Preto, 2015.

5.3.5 Impactos ambientais de maior relevância

Em termos quantitativos, pode-se observar através das análises deste estudo, o impacto ambiental referente aos garimpos da Coogan de maior potencial degradante: modificações na topografia do terreno. O volume de sedimento retirado para abertura de cada cata, mensurado em cinco catas representativas dos garimpos da Coogan, equivalem em média a 13.500 m³ de sedimentos de uma área aproximada de 251 hectares com aproximadamente 50 catas abertas (no auge do funcionamento do garimpo), equivalente a remoção de 657,000 m³ de sedimentos por hectare, ou a 22.500 caminhões basculantes com caçamba de 30 m³, carregados com areia.

Esse impacto deve ter maior atenção por parte da Cooperativa no plano de recuperação ambiental para a área, pois a recomposição da topografia destes locais pode ser mais difícil e dispendiosa, se não for pensando um plano eficiente de recuperação. A alteração topográfica está associada a outros fatores complicadores, pois favorece a aceleração dos processos erosivos, além do impacto visual. Uma síntese da atribuição dos impactos de maior importância frente às atividades garimpeiras da Coogan estão sintetizados no Quadro 6. O intuito é nortear os impactos

mais significativos e importantes para pensar em um plano de controle e recuperação ambiental mais efetivo.

Quadro 5 – Grau de importância dos impactos ambientais de acordo com a atividade garimpeira da Coogan.

IMPACTOS AMBIENTAIS	NÍVEL DE IMPORTÂNCIA
Modificações na Topografia	XXX
Assoreamento da Rede Hidrográfica	X
Desvio da rede Hidrográfica	X
Perda/Alterações do Solo	XX
Perda da Cobertura Vegetal	XX
Alterações na qualidade das águas associadas ao garimpo	X

Legenda: X → Pouco importante (Não altera); XX → Importante ; XXX → Muito importante.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

É importante ressaltar que impactos como: desvio, assoreamento na rede hidrográfica local e alterações na qualidade das águas, são enfatizados como impactos importante atribuídos por Matta (2006) aos garimpos que ocorreram no rio Santo Antônio e São José, na Chapada não se aplicam aos garimpos da Coogan, pois esses impactos analisados nos garimpos atuais não tiveram relevância, o que evidencia uma forma de trabalho mais conservacionista e em conformidade com a legislação ambiental.

5.4 AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

O Plano de Recuperação de Áreas Degradadas da Coogan elaborado pela Barrios & Motta Consultoria e Planejamento Rural teve como metas principais: 1) a reintegração das áreas a paisagem dominante da região; 2) a recuperação da flora que for suprimida; 3) Uma contribuição para a conservação, proteção e sustento da fauna silvestre regional e sua preservação e utilização futura.

As áreas do Garimpo Santa Rita que passaram por este processo de recuperação ambiental previsto no Prad foram o foco desta última etapa de avaliação.

Durante o programa de recuperação, a Coogan realizou um trabalho de reestruturação sedimentar e topográfica, recomposição pedológica e estabelecimento de vegetação nativa, nos anos de 2011, 2012 e 2013 equivalente as primeiras áreas garimpada pela Coogan. Nos trabalhos de campo deste artigo, em 2016 e 2017, foi possível constatar a eficiência do trabalho de recuperação ambiental da Cooperativa e o comprometimento dos garimpeiros com os objetivos do PRAD. No entanto, com a interdição do garimpo em 2013, observou-se que uma parte do PRAD não foi cumprido e as áreas que ainda estavam sendo exploradas pela cooperativa não foram recuperadas. Quando consultada, a Coogan informa que espera a retomada das atividades junto ao DNPM e órgão ambiental para a execução desta última parte da recuperação ambiental.

Para verificar a eficiência do trabalho de recuperação, e avaliar o sucesso da recomposição ambiental nas áreas que a Coogan efetivamente a promoveu, quatro anos após os trabalhos de recuperação ambiental, foram observadas as medidas de resposta a todos os impactos ambientais no meio físico estudado neste trabalho, na fase de diagnóstico ambiental descrito na primeira parte dos resultados deste artigo. Verifica-se abaixo os indicadores de resultados do trabalho de recuperação ambiental promovido pela Cooperativa numa área equivalente a 50% da área prospectada:

a) *Recuperação física do solo e topografia*: Foi considerada suficiente na avaliação. Após a abertura e exploração do cascalho das catas, foi efetuado o soterramento das escavações com o próprio material estéril originário do decapeamento da frente de lavra, que havia sido disposto pela cooperativa ao lado das cavas, preenchendo assim, as cavas abertas durante a garimpagem. A topografia da área recuperada estava muito próxima da topografia original dos terrenos adjacentes que não foram trabalhados na área (Figura 36). Além disso, os sedimentos foram depositados no interior da cava, na mesma ordem em que foram retirados, preservando inclusive, o material com matéria orgânica. Com as observações *in situ*, esta pesquisa avalia que é possível recuperar o solo da região desde que haja um trabalho sério e comprometido de conservação, desde a fase de estocagem e disposição das camadas de sedimentos até a fase de fechamento, como foi observado nesta etapa de trabalho da Coogan.

Figura 36 – Fotos do processo de recuperação da topografia local na antiga área garimpada.



Legenda: A – Registro de 2012; B – Registro de 2017.
Fonte: Memorial do PRAD da Coogan, 2012. Autores, 2017.

b) Revegetação com o plantio de mudas nativa: Foi considerada suficiente. Com o objetivo de auxiliar o processo regenerativo da vegetação natural e proporcionar a recuperação de funções do ecossistema foi iniciado um plano de revegetação, selecionando as principais espécies de vegetação nativa da região, considerando os fatores ambientais característicos como clima quente, baixos índices pluviométricos e pouca fertilidade do solo. Assim, preferiram-se as espécies especificamente das proximidades da área dos garimpos, como: os Juazeiros, o Angico, a Aroeira, o pau cedro e a folha miúda. Ainda assim, a despeito do atual estágio encontrado após as tentativas naturais de recuperação do meio ambiente, é possível constatar que a região se constituiu de uma rica biodiversidade, com destaque para o sucesso do plantio, após cinco anos da recuperação, de mudas das seguintes famílias: Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Cactaceae, Poaceae, Compositae e Mlpigiaceae, entre outras. Para a revegetação foi utilizada a metodologia de

implantação e enriquecimento, seguindo o modelo com espaçamento de 3m x 2m com repetições, onde as espécies foram distribuídas aleatoriamente nos blocos (Figura 37).

Figura 37 – Fotografias do processo de recuperação de área degradada em 2013.

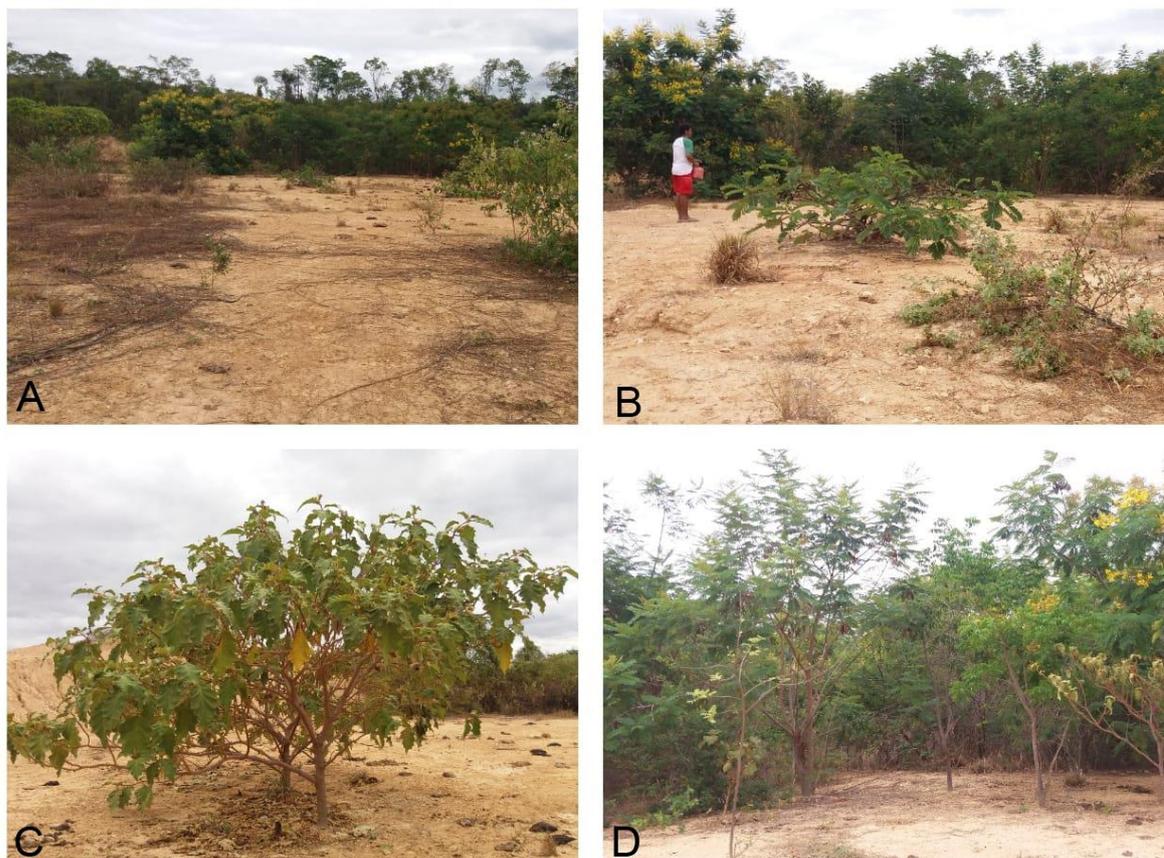


Legenda: A – Área superficial de catra fechada pela Coogan tendo em vista a recuperação da área degradada pelo garimpo. B – Área com plantio de mudas introduzidas sobre solo recomposto pela Coogan para recuperação de área degradada. C; D – Plantas de espécies nativas em crescimento na área em processo de recuperação.

Fonte: Pimentel, 2014.

O sucesso da revegetação, principalmente, do desenvolvimento das espécies arbóreas nativas que foram utilizadas na composição do florestamento da área foi perceptível no trabalho de campo, baseada em levantamentos florísticos realizado nas áreas do garimpo que passou por esta etapa da recuperação ambiental. Algumas dessas novas áreas reflorestadas eram cavas abertas há cinco anos e o desenvolvimento e recuperação foram registrados e apresentados para este estudo. Na figura 37 é possível observar o sucesso de algumas espécies plantadas pela Coogan na área delimitada para recuperação anos depois da execução do trabalho.

Figura 38 - Fotografias do processo de recuperação de área degradada em 2017



Legenda: A – Área superficial de antiga cata fechada pela Coogan. B – Área com plantio de mudas introduzidas sobre solo recomposto pela Coogan para recuperação de área degradada. C – Planta de espécies nativa em crescimento na área em processo de recuperação; D – A mesma antiga área garimpada, cinco anos após o trabalho de revegetação com árvores que chegam 5 metros de altura.

Fonte: Registro de campo dos autores, 2017.

5.5 MODELO PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADADAS

A partir do diagnóstico dos impactos ambientais da lavra dos aluviões na Chapada Diamantina, foi possível avaliar soluções para o equilíbrio entre a mineração e a necessária proteção ambiental. Apesar de ser uma atividade que pode causar impactos ambientais negativos, a Cooperativa de garimpeiros de Andaraí evidenciou uma nova perspectiva sustentável para a exploração, com disposição, compromisso e responsabilidade socioambiental, inclusive para promover a recuperação ambiental dos sítios degradados. Neste tópico, através de ações e medidas concretas a fim de solucionar os danos ambientais, as comunidades das lavras garimpeiras podem obter

seu sustento de forma adequada ao meio ambiente, recuperando as zonas de trabalho mineiro com o auxílio do poder público e construído uma nova credibilidade perante a sociedade. As medidas de prevenção e controle ambiental propostas estão listadas a seguir:

a) **O aproveitamento da cava final como reservatório de água:** Um dos principais problemas da região é a seca e a falta constante de água. Então, algumas catas provenientes da extração dos cascalhos, podem servir como reservatório de águas pluviais, formando uma espécie de açude, cuja função é servir de chamariz para bandos de aves de arribação e outros pequenos animais da fauna local. Outras catas podem servir também para criação de peixes. A figura 38 mostra um registro dos trabalhos de campo com uma cata onde foram pescados peixes que viviam dentro da cata após época de cheia do rio Paraguaçu.

Figura 38 – Fotografias de peixes encontrados (à esquerda) dentro de Cata (à direita) inundada em período de cheia do rio Paraguaçu.



Fonte: Registros dos trabalhos de Campo. Acervo autores.

As catas podem ser selecionadas em pontos estratégicos antes da recuperação ambiental e com base em pesquisas dos pontos de maior necessidade de água da biodiversidade local. O modelo proposto neste artigo junto com uma matriz multicritério para avaliar a recuperação ambiental leva em consideração a importância do aproveitamento de algumas catas como reservatório de água.

b) **As vias de acesso para fauna:** Algumas vias devem ser abertas pela cooperativa a fim de respeitar as medidas ambientais para não comprometer os caminhos para fauna local. Mesmo antes das regularizações dos terrenos, é preciso garantir a existência e manutenção dos caminhos da fauna ao longo da exploração.

c) **Manutenção da Drenagem:** o diagnóstico ambiental das operações da Coogan evidenciou que não houve desvios ou assoreamento de cursos dos sistemas fluviais da região, o que prova que é possível que outros garimpeiros trabalhem sem este impacto na rede hidrográfica local. Este é um ponto importante, que desmistifica uma ação antiga dos garimpos de diamantes que deve ficar no passado. É preciso realizar ao longo dos anos de exploração a restauração de todas as drenagens locais evitando que as drenagens da região sofram alguma modificação de curso e/ou assoreamento de determinado curso. A cooperativa pode também, havendo necessidade, realizar a abertura de pequenas valetas e/ ou sarjetas para regularização de drenagens, de forma a respeitar o traçado do sistema de drenagem natural.

d) **A reconstituição da topografia pré-existente:** A recuperação do relevo pré-existente da área garimpada deve ocorrer com a utilização do material estéril originário do capeamento que deve ser depositado no interior das cavas, preenchendo e o nivelando o terreno, até atingir, as cotas topográficas da área antes da execução da lavra que devem ser registrados através de levantamento topográfico do perfil do terreno, anteriormente. Este modelo propõe que que as cooperativas interessadas em explorar estes aluviões definam um número máximo de catas para serem abertas, para que o fechamento e recomposição da topografia seja feita logo em seguida a finalização dos trabalhos desta e antes da abertura de novas cataa, afim de reduzir os impactos na topografia local e impacto visual. O número de catas abertas sugerido por este modelo de exploração, a partir da experiência de acompanhamento da Coogan é de, no máximo, 5 (cinco) Catas abertas simultaneamente. O material originário do decapeamento pode ser disposto ao lado das catas por questões de viabilidade econômica e aumento da produtividade da exploração, desde que as cooperativas garantam a proteção desse material, para conseqüentemente auxiliar no processo de recomposição vegetal.

e) **Revegetação:** O diagnóstico ambiental evidenciou os resultados positivos do trabalho de Revegetação da cooperativa, atingindo principalmente, a composição e o desenvolvimento das populações vegetais. É preciso aperfeiçoar este trabalho de revegetação cumprindo rigorosamente seu programa de recomposição vegetal ao longo da exploração dos garimpos, para que o desenvolvimento destas espécies

possa ser acompanhando pela cooperativa e por órgãos ambientais de fiscalização durante os trabalhos da garimpagem. O cronograma, quantidade e qualidade de espécies plantadas de acordo com a área decapeada e metodologia devem ser especificados no Prad. A grande ênfase no trabalho de recomposição proposto neste modelo é justamente que o cronograma seja realizado simultaneamente a licença de exploração, seja PLG, Autorização de Pesquisa ou na Outorga final de Lavra. O trabalho deve ser realizado logo após o fechamento da Cata.

f) **Monitoramento contra contaminação das águas associadas às áreas da garimpagem:** O diagnóstico ambiental também constatou que não houve alteração de Parâmetros físico-químicos e contaminação química dos recursos hídricos em corpos d'água próximos as atividades garimpeiras da cooperativa. Com o intuito de evitar uma possível contaminação destas águas e solo com óleos lubrificantes, a manutenção de retroescavadeiras e dragas devem ser realizadas em local apropriado e escolhido pelas cooperativas, fora da área de lavra, por exemplo, um galpão destinado para esse fim. É preciso controlar o descarte de embalagens de óleos e outras substâncias utilizadas no trabalho semimecanizado.

g) **Técnicas de lavra sustentável para o garimpo semimecanizado:** Trata-se do mesmo processo semimecanizado de exploração de aluviões diamantíferos, de baixo teor, com adaptações sustentáveis, por intermédio da utilização de dragas nas operações de desmonte e sucção hidráulica, retroescavadeira para o decapeamento e fechamento e com tratamento de minério ao lado das Catas. Este modelo propõe tornar obrigatória a abertura de Catas de retorno para reutilização de água nos processos de lavra e beneficiamento. Devem-se usar técnicas de manejo de equipamentos para recomposição dos depósitos de estéril e, em seguida, se aplicar o repovoamento vegetal nas zonas afetadas e recuperadas topograficamente. A retroescavadeira deve dispor de forma sequencial natural as camadas de estéril retiradas após o decapeamento do solo com a matéria orgânica, sendo, então, depositado e estocado, visando evitar que a perda desse material. Todo trabalho de manutenção e troca de óleo de máquinas deve ser realizado fora da área do garimpo em galpão/oficina destinado para este fim.

h) **O garimpo como atividade voltada para o turismo;** Durante mais de 150 anos, o garimpo foi sonhado, planejado e executado, fazendo parte do íntimo da história social e cultural da Chapada Diamantina. Eliminar todos os vestígios do garimpo seria

eliminar a sua própria identidade. Os trabalhos de Matta (2006) e Silva (2017), discutem a viabilidade de colocar o garimpo na rota do turismo local como forma de evidenciar à cultura, tradição e história da Chapada e este trabalho ratifica a proposta destes autores. A ideia é que a atividade ocorra com os próprios garimpeiros trabalhando como guias, explicando seus trabalhos, guiando turistas em trilhas e explicando estruturas da paisagem associadas ao garimpo, criando museus de artefatos e registros fotográficos históricos da atividade, além de simulação da atividade garimpeira *in situ*. Dessa a forma atividade garimpeira, se transformaria também em atividade voltada para o turismo, em local específico, seguro e preparado para esta atividade, convertendo-se também em ofertas turísticas, representando uma alternativa ao turismo da região e gerando uma renda complementar para os ganhos da cooperativa.

i) **Aumento da participação das mulheres no quadro de trabalhadores:** De maneira geral, em todos os âmbitos de trabalho, desde a operação até trabalhos de gestão, as cooperativas de garimpeiros que desejem se adequar a este modelo, deve garantir a inserção das mulheres em participação significativa no seu quadro de trabalhadores tomando como base a disparidade histórica de gênero que existe na atividade. Além de contribuir para redução de desigualdades de gênero, preconceitos sociais, e aumento da oferta de emprego para as mulheres no mercado de trabalho, a inserção de pessoas do sexo feminino podem contribuir positivamente para organização dos trabalhos, otimização e aumento da eficiência das operações mineiras em campo e participação em projetos sociais das cooperativas.

j) **Manutenção de projetos sociais:** neste novo modelo de exploração inspirado no trabalho observado na Coogan, as cooperativas de garimpeiros devem manter projetos sociais ligados a educação, por exemplo, escolas e/ ou creches para filhos da comunidade garimpeira e crianças de baixa renda, ou oriundos de comunidade quilombolas e indígenas. Os projetos também podem estar ligados a promoção de atividades culturais que valorizem a cultura regional e fomentem a formação intelectual de crianças e adultos, além de promover o entretenimento local.

l) **Apoio do Estado para formalização do garimpo:** O estado deve contribuir para a formalização dos garimpeiros através do incentivo a organização destes trabalhadores em cooperativas. A atividade garimpeira contribui para a geração de emprego e renda e conseqüentemente para o aumento do comercio local, gerando uma maior

movimentação e crescimento do mesmo nestas regiões. Além disso, conseqüentemente ao desenvolvimento da economia mineira com a exploração de diamantes na região pode ocorrer o aumento da arrecadação tributária nas esferas municipais, estaduais e federais. Logo, o estado também deve cumprir o seu papel de forma mais efetiva do que ocorre hoje, para viabilizar esta organização garimpeira de forma sustentável. O deve participar deste processo de adequação ambiental desta atividade, com ênfase para as seguintes ações:

- 1) instrução dos cooperados em relação aos processos de recuperação ambiental da área de lavra através da promoção de cursos, palestras e atividades sociais nas comunidades;
- 2) fiscalização, orientação e apoio na execução do PRAD durante todo o ciclo de vida da exploração garimpeira, para contribuir com a preservação e a conservação do meio ambiente;
- 3) Contribuição com apoio de profissionais da saúde, segurança do trabalho, educação e direito ambiental para realizar serviços de consultoria para as cooperativas;
- 4) Apoio com materiais, máquinas e operadores de máquinas durante os trabalhos de recuperação ambiental;
- 5) Apoio aos projetos sociais desenvolvidos por estas cooperativas.

m) ***Matriz multicritério para Avaliação da recuperação ambiental.***

O intuito desta proposta é nortear a avaliação da recuperação ambiental que está sendo promovida durante a garimpagem, dando ênfase para os impactos mais significativos e importantes que precisam ser mitigados, para realizar um plano de controle e recuperação ambiental mais efetivo. Todos os critérios de pontuação foram elencados com base no acompanhamento da cooperativa Coogan e na revisão bibliográfica dos impactos ambientais diretamente associados aos garimpos de diamantes. Esta matriz trás indicadores que servem como parâmetros para que as próprias cooperativas avaliem seu trabalho e para que órgãos ambientais tenham mais um instrumento para realizar o acompanhamento da recuperação ambiental de maneira eficaz. A matriz conta com 12 indicadores e a cada um é associada uma

pontuação máxima dada pelo avaliador. Ao final da avaliação, a pontuação total obtida indicará se a recuperação foi ou está sendo suficiente.

Caso o avaliador não faça parte da cooperativa de garimpeiros, antes de realizar a avaliação com esta matriz, deve-se, no mínimo:

- a) Conhecer o trabalho da cooperativa, seu regimento interno, projetos sociais e consultar seus processos de pesquisa ou lavra associados ao DNPM, independentemente da experiência anterior do avaliador em visitar áreas mineiras;
- b) Realizar visitas de campo para fase de reconhecimento das áreas que passaram por recuperação e ter base para pontuar os indicadores físicos da matriz;

Recomenda-se que o futuro avaliador deverá responder a um questionário, acertando no mínimo 70% da pontuação deste, para mostrar que conhece o trabalho da cooperativa antes de realizar a avaliação com esta matriz multicritério. Após o avaliador se mostrar apto, deve seguir a análise da recuperação ambiental com a matriz.

A matriz proposta para servir de base para avaliação foi sintetizada no quadro 5 que segue.

Quadro 6 – Critérios para avaliar a recuperação e responsabilidade ambiental em áreas de garimpos de diamantes.

CRITÉRIOS PARA AVALIAR A RECUPERAÇÃO E RESPONSABILIDADE AMBIENTAL	PONTUAÇÃO MÁXIMA	PONTUAÇÃO OBTIDA
Recomposição da Topografia	15	
Rede Hidrográfica sem desvios ou assoreamento.	15	
Controle na disposição de solos, sedimentos e rejeitos.	10	
Recomposição do Solo.	10	
Recomposição da Cobertura Vegetal.	15	
Manutenção da qualidade das águas associadas ao garimpo/ Cuidados com contaminantes.	10	

Caminhos para Fauna.	15	
Aproveitamento de Cata como reservatório de água ou outra função útil ao ecossistema local.	5	
Cavas abertas ao mesmo tempo (Deve-se trabalhar com número limite acordado entre cooperativas e órgão licenciador).	15	
Manutenção da drenagem local.	10	
Oferta de emprego e condições de trabalho para cooperados.	10	
Manutenção de projetos sociais da cooperativa (escola, creches, grupos culturais, etc.)	5	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após a avaliação, soma-se a pontuação total final cuja pontuação máxima é de 140 pontos, e conclui-se:

- 1) Se a pontuação obtida for maior que 120 pontos, a recuperação ambiental é considerada suficiente sem ressalvas.
- 2) Se a pontuação obtida for maior que 70 pontos e menor que 120 pontos, a recuperação é considerada suficiente com ressalvas. Será necessário reavaliar o programa de recuperação ambiental e realizar intervenções para aumentar a eficiência da recuperação nos pontos mais deficientes avaliados. A cooperativa terá de 6 meses à 1 ano, para ser novamente avaliada sob pena de perder a licença ambiental caso a nova nota não seja acima de 100 pontos. Se a nova nota for entre 100 e 120 pontos, a cooperativa terá novamente um prazo de 6 meses para realizar estas melhorias na execução do PRAD. O órgão ambiental avaliador deverá também contribuir com as diretrizes e instruções sobre estes pontos de melhoria.
- 3) Se a pontuação obtida for menor que 70 pontos a recuperação é considerada insuficiente. As operações devem ser paralisadas e a cooperativa terá o prazo de 3 meses para apresentar: um novo programa de recuperação ambiental, justificativas pelos pontos de recuperação insuficiente e soluções propostas para a continuidade da lavra com sustentabilidade ambiental. Se o plano for aprovado pelos órgãos competentes, às operações voltam normalmente e a

cooperativa terá 1 ano para ser novamente avaliada por esta matriz. No entanto, a sua nova nota deverá ser obrigatoriamente maior que 120 pontos.

5.6 CONCLUSÕES

Este artigo conclui a partir do diagnóstico ambiental realizado na área dos garimpos de Andaraí que não houve alterações no curso principal do rio Paraguaçu e dos corpos d'água presentes nas adjacências do garimpo, com a observação das mudanças espaciais entre os anos de 2007 e 2015 em imagens orbitais da plataforma *Google Earth Engine*. Também não houve contaminação de águas devido às operações mineiras da Coogan, o que evidencia uma forma de trabalho mais conservacionista e em conformidade com a legislação ambiental por parte da cooperativa. Por outro lado, em termos quantitativos, pode-se concluir através das análises deste estudo, que o impacto ambiental referente aos garimpos da Coogan de maior potencial degradante são as modificações na topografia do terreno, que gera também um impacto visual associado. O volume de sedimento retirado para abertura de cada cata nos garimpos Santa Rita e Pau D'óleo, equivalem, em média, a 13.500 m³ de sedimentos.

A partir de análises de geoprocessamento aliada a validação em campo este trabalho evidenciou a redução da cobertura vegetal e, conseqüentemente a redução da atividade fotossintética no garimpo Santa Rita, ratificada pelo resultado da aplicação dos índices NDVI e SAVI que apresentaram baixos valores no ano de 2016, iguais à 0,07 e 0,19, respectivamente. Esta redução na cobertura vegetal na área do garimpo e adjacência não está apenas ligada a finalização dos trabalhos do garimpo. Relaciona-se, principalmente com o crescimento das atividades agropastoris na região. No resultado da vetorização de imagem de alta resolução desta mesma área, foi possível classifica-la em nove classes distintas, nos anos de 2009 e 2015, propostas como: corpos d'água, bancos de areia, floresta, agricultura, gramíneas, pasto, área construída e solo exposto. Através do aumento significativo das classes de pasto e agricultura, do ano de 2009 para 2015, os resultados comprovam que essa região sofreu intenso desmatamento das áreas da mata nativa para dar lugar aos pastos e agricultura, o que comprova que as atividades agropastoris foram mais responsáveis pela redução da cobertura vegetal na área. Outro resultado relevante do diagnóstico ambiental realizado nas atividades garimpeiras da Coogan mostraram que

não há contaminação ou alteração direta de parâmetros físico-químicos avaliados nas águas associadas ao garimpo. Os teores de elementos traços em águas associadas ao garimpo, não indicaram a presença de amostras contendo inconformidade em relação às concentrações de qualidade ambiental estabelecidas pela Resolução Nº 357/2005 do CONAMA. Além disso, os parâmetros analisados *in situ*, Condutividade elétrica (CE), Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), Temperatura, Turbidez não apresentaram alterações significativas quando comparados com aqueles preconizados pelo CONAMA. Dessa forma, as atividades garimpeiras, não contribuem significativamente em termos de contaminação das águas.

Na consulta ao processo da poligonal concedida a Coogan para a pesquisa mineral no DNPM e o cruzamento com imagens orbitais nos anos de exploração, foi possível concluir que a Coogan não ultrapassou os limites estabelecidos para a prospecção, o que evidencia uma nova concepção de exploração garimpeira, com uma organização que está buscando trabalhar em conformidade com a legislação mineral.

A avaliação da execução do PRAD pela cooperativa em áreas garimpadas concluiu que a recuperação promovida na área foi suficiente, porém existem algumas outras áreas que ainda não foram recompostas devido a paralisação do garimpo em 2013. É preciso realizar a recuperação ambiental destas áreas quando forem retomadas as atividades garimpeiras no local. A recuperação promovida pela Coogan seguiu o PRAD associado a licença ambiental e foi realizada com êxito na avaliação deste artigo. Dessa forma, este trabalho conclui a partir da experiência de acompanhamento da Coogan que é possível que a exploração dos aluviões ocorra com sustentabilidade ambiental. No entanto, toda a sociedade deve contribuir para a exploração sustentável destes diamantes e para resolução do conflito ambiental associado ao garimpo.

Este artigo ainda contribuiu com propostas e sugestões para um modelo de lavra sustentável que inclui: diretrizes para o trabalho de recuperação do solo, topografia e da cobertura vegetal; manutenção de projetos sociais e promoção do garimpo como atividade voltada para o turismo; aproveitamento da cava final após a extração dos aluviões e técnicas para uma lavra sustentável, além de conservação de sedimentos, disposição de rejeitos e monitoramento contra alterações nos recursos hídricos; sugestões de um apoio mais efetivo do estado para a formalização destas

cooperativas e uma matriz multicritério para avaliar a recuperação ambiental promovida por estes.

Estas propostas podem contribuir com o equilíbrio entre a necessidade humana de sobrevivência e a preservação ambiental, pois é preciso entender que esta conciliação entre a necessidade de exploração e a preservação ambiental é um desafio proposto a toda sociedade e não só dever dos garimpeiros.

5.7 REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO 174p. 1985.

BAHIA. Coordenação de Recursos Hídricos. **Plano Diretor de Recursos Hídricos, Bacia do Alto Paraguaçu**. Salvador: CRH, 1993.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sitio da Internet www.dnpm.gov.br. **Legislação Minerária**. Consultas realizadas entre 13/06/2016 e 20/10/2016.

BORATTO, I. M.; GOMINE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, abril de 2013.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº. 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providencias. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 13 Mai. 2017.

FLÔRES, J. C. S.; LIMA, H. M. **Fechamento de Mina: Aspectos Técnicos, Jurídicos e Socioambientais**. Editora UFOP. Ouro Preto: UFOP, 2012.

FRANCA-ROCHA, W. J. S., NOLASCO, M. C., LIMA, C. C. U. A Chapada Diamantina e a Serra do Sincorá - Aspectos Físicos. In: **Serra do Sincorá - Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorn**. Bahia, 2004.

GIUDICE, D. S. **Geodiversidade e Lógicas Territoriais na Chapada Diamantina – Bahia**. Salvador: CBPM, 2012.

HUETE, A. R. **Adjusting vegetation indices for soil influences**. International Agrophysics, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

ICMBIO. **Procedimentos para Elaboração do Plano de Recuperação por Áreas degradadas ou perturbadas** – PRAD. Instrução normativa ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União de 12/12/14. Brasília, 2014.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Series View**. 2016. Disponível em: <https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.php>. Acesso em 14 de agosto de 2016.

JENSEN, J. R. **Introductory digital remote sensing image processing**. V. 3. Modulo 1: The remote sensing process. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

KARAN, S. K.; SAMADDER, S. R.; MAITI, S. K. Assessment of the capability of remote sensing and GIS techniques for monitoring reclamation success in coal mine degraded lands. **Journal of Environmental Management**, 182 (2016) 272 e 283. Department of Environmental Science & Engineering, Indian School of MinesDisponível, Índia, 2016. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em: 10 jan. 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

LIMA, A. **Geoprocessamento aplicado na avaliação de modificações na paisagem provocadas por mineração na Chapada Diamantina** – Ba. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento e Georreferenciamento. Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, maio de 2017.

LIMA, A., M.; MEDEIRO, F. S.; POVOAS, H. S.; NOGALES, R. V.; TORLAY, R. Modificações na dinâmica da vegetação provocadas por garimpos de diamante na Chapada Diamantina - Bahia. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Santos, SP, Brasil, maio de 2017.

LIMA, C. C. U; NOLASCO, M. C. **Chapada Diamantina: A Remarkable Landscape Dominated by Mountains and Plateaus**. In: Landscape and Landforms of Brazil. Cap 19. Springer: World Geomorphological Landscapes, Ed. 2015.

LIMA, C. C. U; NOLASCO, M. C. **Lençóis, uma ponte entre a Geologia e o homem**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas. Feira de Santana, 1997.

LUCAS, A.A. T, FOLEGATTI M.V, DUARTE, S. N. Qualidade da Água em uma Microbacia Hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14 n.9, p. 937-943. 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo. Parque Nacional da Chapada Diamantina. Versão Preliminar – Documento de Trabalho / Parte 1. Brasília, 2007. Disponível em: <>. Acesso em: 11 nov. 2011.

MATTA, P. G. **O garimpo na chapada diamantina e seus impactos ambientais: uma visão histórica e suas perspectivas futuras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFBA (Universidade Federal da Bahia). Salvador, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Proposta de metodologia para análise de passivos ambientais da atividade minerária.** Cibele Teixeira Paiva Cosultoria. Brasília, 2006.

MUÑOZ, A. V. **Principios de color y holopintura.** Alicante: Editorial Club Universitario, 2013.

NOLASCO, M. C. **Registros Geológicos Gerados Pelo Garimpo, Lavras Diamantinas – Bahia.** Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

PIMENTEL, S. G. C. **“O diamante é o piolho da terra”:** relações socioambientais no garimpo de draga da Chapada Diamantina, Bahia. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do meio ambiente. UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), 2014.

PRIESTER, M. **Mecanização da mineração artesanal de diamantes aluvias.** DDI International. Projekt-Consult GmbH. Tradução: Services d’édition Guy Connolly. Portugal, 2010.

ROCHA, D. S. & ROCHA, J. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas: análise da responsabilidade ambiental da mineração lagoa seca, Chapada Diamantina-Bahia (Brasil).** VII Seminário Internacional de Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Universidade Católica do Salvador – UCSAL. Salvador, 2015.

SNAPIR, B.; SIMMS, D. M; Waine, T.W. **Mapping the expansion of galamsey gold mines in the cocoa growing area of Ghana using optical remote sensing.** Cranfield University. UK, 2017. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em: 10 jan. 2017.

USGS – United States Geological Survey. Site da Internet <http://www.landsat.usgs.gov/documents>. Acessos entre 13/09/2016 e 20/10/2016.

ZHANG, J.; RAO, Y.; GENG, Y.; FU, M.; PRISHCHEPOV, A. **A novel understanding of land use characteristics caused by mining activities: A case study of Wu’an, China.** Ecological Engineering, 99 (2017) 54–69. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em: 4 mar. 2017.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É preciso avaliar os impactos ambientais das atividades garimpeiras como um todo, inclusive as questões socioambientais ligadas ao garimpo para contribuir para resolução da problemática ambiental e a possibilidade de uma lavra sustentável. Muitos garimpeiros adquirem nessa prática extrativista, o sustento de suas famílias, o que torna o processo de resolução das questões ambientais ligadas ao garimpo ainda mais complexa. Logo, é de extrema importância que os poderes públicos auxiliem, contribuam e acompanhem o processo de formalização destas cooperativas, seja com recursos financeiros, seja com instruções e informações sobre o processo de recuperação ambiental.

O modelo proposto nesta dissertação para a exploração garimpeira dos diamantes prevê que podem ser aplicadas algumas ações de forma prática pelos agentes que estão ligados ao garimpo. Podemos enfatizar dentre estas propostas, as sugestões de um apoio mais efetivo do estado para a formalização destas cooperativas de garimpeiros e uma matriz multicritério para avaliar a recuperação ambiental promovida pelo garimpo.

O modelo para recuperação ambiental e a sua contribuição com aspectos sócio ambientais ainda dá ênfase para: as diretrizes para o trabalho de recuperação do solo, topografia e da cobertura vegetal; manutenção de projetos sociais e promoção do garimpo como atividade voltada para o turismo; aproveitamento da cava final após a extração dos aluviões e técnicas para uma lavra sustentável, além de conservação de sedimentos, disposição de rejeitos e monitoramento contra alterações nos recursos hídricos. Estas ações são indicadores de respostas as medidas de recuperação de áreas degradadas, medidas de prevenção, controle ambiental e auxílio socioambiental das áreas de garimpos de diamantes. Todas as medidas de recuperação sugeridas foram baseadas no acompanhamento da Coogan, e que se colocadas em práticas poderá tornar a atividade garimpeira sustentável.

Outra contribuição deste trabalho, é a reafirmação da eficiência de instrumentos de identificação dos impactos ambientais alternativos sugeridos neste trabalho, como por exemplo, geotecnologias aplicadas a mineração como sensoriamento remoto para avaliar modificações na dinâmica da paisagem, cobertura vegetal e rede hidrográfica

nas áreas garimpadas, além de verificar a eficiência da reabilitação ambiental, cruzamento de áreas com processos do DNPM e modelagem ambiental em ambiente SIG. Desde a aplicação de sensoriamento remoto com índices de vegetação em áreas mineiras, até a vetorização de imagens para classificação, validação e comprovação de áreas que estão envolvidas na atividade garimpeira, todas as técnicas mostraram-se eficientes e adequadas para este estudo. Entre aplicações de geotecnologias e análises laboratoriais de parâmetros físico-químicos, esta pesquisa concluiu em seu diagnóstico ambiental que os trabalhos da Cooperativa de Garimpeiros de Andaraí não ultrapassaram áreas do seu processo e houve modificação na rede hidrográfica local, além de evidenciar uma visão mais conservacionista em uma nova perspectiva de exploração por parte dos garimpeiros. A recuperação promovida nas áreas avaliadas também foi considerada suficiente.

Ainda neste contexto, é importante ressaltar a importância histórica e cultural do garimpo e a possibilidade estratégica para o desenvolvimento regional que esta atividade apresenta na Chapada Diamantina, acrescentando-se o fato de que é um modo de produção semimecanizado, predominantemente artesanal, e sendo realizado em forma de cooperativas de pessoas com domicílio na região, sugere-se que o Estado preste assistência técnica e possa firmar parceria para viabilizar a atividade conforme as exigências da legislação mineral e ambiental brasileira e as necessidades socioambientais. Dessa forma, esta dissertação conclui que se houver uma visão conservacionista de garimpeiros, e responsável seja nas dimensões sociais, econômicas e ambientais, como no estudo de caso dos garimpeiros de Andaraí, aliado ao apoio do estado e órgãos ambientais, é possível que este tipo de mineração ocorra de forma sustentável com preservação do meio ambiente.

BIBLIOGRAFIA GERAL

ALVES, J. **Perfil Analítico do diamante**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 1975.

AHRENS, S. **Sobre a legislação aplicável à restauração de florestas de preservação permanente e de reserva legal**. In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DASILVA, V. (Eds.). *Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso*. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 13-26.

ANDRADE, C. M. **Aspectos Mineralógicos Geológicos de Diamantes e Carbonados na Chapada Diamantina, Bahia**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Mineralogia Petrologia. USP. São Paulo, 1999.

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília/DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Site da Internet www.dnpm.gov.br. Legislação Minerária. Consultas realizadas entre 13/06/2016 e 20/07/2016.

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral. Garimpos de Diamante na Chapada Diamantina**. Relatório de Técnico - DNPM 970.575/84 (SANTOS FILHO, A. S. Salvador), 1984;

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral. Levantamento Nacional dos Garimpeiros**. Relatório Analítico. Série Tecnologia Mineral, nº 45. Brasília, 1993;

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Portaria nº 178, de 12 de abril de 2004. Estabelece o procedimento para outorga e transformação do Regime de Permissão de Lavra Garimpeira. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 abr. 2004. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=67&IDPagina=84&IDLegislacao=306>. Acesso em: 10 set. 2016.

BRASIL. **Lei N° 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/lei/l9985.htm. Acesso em: 20 jun. 2017.

CAMPOS, J. E. G.; GONZAGA, G. M. **O transporte de diamantes por sistemas fluviais a longas distâncias: uma visão crítica**. Revista Brasileira de Geociências, Volume 29, 1999.

CETEM: Centro de Tecnologia Mineral. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável. Editado por Maria Laura Barreto.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

CONAMA: **Conselho Nacional de Meio Ambiente.** Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. Brasília: 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=641>. Acesso em: 26 mar. 2017.

CHAVEZ, M. S. C. **Geologia e Mineralogia do Diamante da Serra do Espinhaço em Minas Gerais.** Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

CHAVEZ, M. S. C. & BENITEZ, L. **Depósitos superficiais diamantíferos da região de diamantina, serra do espinhaço (Minas Gerais).** Universidade Estadual Paulista - UNESP, Revista Geociências, v. 23, n. 1/2, p. 31-42. São Paulo, 2004.

COOGAN – COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DE ANDARAÍ. **Regimento Interno.** Andaraí: Coogan, 2001.

COOGAN – COOPERATIVA DE GARIMPEIROS DE ANDARAÍ. **Estatuto Social.** Andaraí: Coogan, 2002.

FRANCA-ROCHA, W. J. S., NOLASCO, M. C., LIMA, C. C. U. **A Chapada Diamantina e a Serra do Sincorá - Aspectos Físicos.** In: Serra do Sincorá - Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno, 2004.

FLEISCHER, R. **Prospecção e economia do diamante da Serra do Espinhaço.** Revista Geonomo, v. 03, nº 01. Minas Gerais, 1995.

FLÔRES, J. C. S.; LIMA, H. M. **Fechamento de Mina: Aspectos Técnicos, Jurídicos e socioambientais.** Editora UFOP. Ouro Preto: UFOP, 2012.

FUNCH, L. S.; SANTANA, R. **Serra do Sincorá: Parque Nacional da Chapada Diamantina.** Radami, 2008.

FUNCH, R.R., HARLEY, R.M., & FUNCH, L.S. **Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil.** Biota Neotropical. 9: 21-30, 2008.

LAET, S. M.; SALOMÃO, F. X. **Contribuição ao entendimento do funcionamento hídrico e de ambientes alterados em microbacia degradada pela exploração garimpeira.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/MT/ Deptº de Geologia UFTM (Universidade Federal do Mato Grosso). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 4, p. 377-386, 2009.

GONZAGA, J. G. & CAMPOS, G. M. **O transporte de diamantes por sistemas fluviais a longas distâncias: uma visão crítica.** Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Revista Brasileira de Geociências, Volume 29. Brasília, 1999.

GIUDICE, D. S. **Geodiversidade e Lógicas Territoriais na Chapada Diamantina – Bahia.** Tese (Doutorado em Geografia). Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2011.

GIUDICE, D. S. **Geodiversidade e Lógicas Territoriais na Chapada Diamantina – Bahia.** Salvador: CBPM, 2012.

GOREUX, L. **Conflict Diamond. United States of America, Washington:** The World Bank. 2001. 2p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Andaraí – BA.** <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/dtbs/bahia/andarai.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

ICMBIO. **Procedimentos para Elaboração do Plano de Recuperação por Áreas degradadas ou perturbadas – PRAD.** Instrução normativa ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União de 12/12/14. Brasília, 2014.

INHAEZ A. C. **In Projeto Radam Brasil – Folha SE. Geologia. Levantamento de Recursos Naturais.** Rio de Janeiro, 1983.

JENSEN, J. R.. **Introductory digital remote sensing image processing. v. 3. modulo 1:** The remote sensing process. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

MARTINS, Marcos Lobato. **A crise dos negócios do diamante e as respostas dos homens de fortuna no Alto Jequitinhonha, décadas de 1870-1890.** Estudos Econômicos. São Paulo, v. 38, n. 3, 2008, p. 611-638.

MATTA, P. G. **O garimpo na chapada diamantina e seus impactos ambientais: uma visão histórica e suas perspectivas futuras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFBA (Universidade Federal da Bahia). Salvador, 2006.

MATTOS, V. M.; SILVA, A. P. – **Proposta de mitigação de impactos do garimpo de diamantes com a implantação da piscicultura:** estudo de caso na fazenda são José em Poxoréu-MT. Revista UNICiências, v.15, n.1, 2011.

MIRANDA, J. G. D., CIPRIANI, M., MÁRTIRES, R. A. C., GIACONI, W. J. **Atividades garimpeiras no Brasil: aspectos técnicos, econômicos e sociais.** Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1997. 61p

NEVES, C. A. R.; CONCEIÇÃO, F. T. **Universo da Mineração Brasileira.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2007. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Recife, p:1-13, 2010.

NOLASCO, M. C. **Registros Geológicos Gerados Pelo Garimpo, Lavras Diamantinas – Bahia**. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. B. **Desativação de Empreendimentos mineiros: estratégias para diminuir o passivo ambiental**. 179 p. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PEREIRA, R. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. Tese de Doutorado. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C. A.; LIMA, P. R. A. dos S. **Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PINTO, F. T.; LAMEIRO, L. F. **Evaluation of the Sedimentation of Reservoirs and Techniques of Transposition and reutilization of the Sediments**. FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

PIMENTEL, S. G. C. **“O diamante é o piolho da terra”**: relações socioambientais no garimpo de draga da Chapada Diamantina, Bahia. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do meio ambiente. UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana), 2014.

PRIESTER, M. et al. **Mecanização da mineração artesanal de diamantes aluvias**. DDI International. Projekt-Consult GmbH. Tradução: Services d'édition Guy Connolly. Portugal, 2010.

ROCHA, D. S. & ROCHA, J. S. **Plano de recuperação de áreas degradadas: análise da responsabilidade ambiental da mineração lagoa seca, Chapada Diamantina-Bahia (Brasil)**. VII Seminário Internacional de Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Universidade Católica do Salvador – UCSAL. Salvador, 2015.

SAMPAIO, D. R.; COSTA, E. D. A. da; NETO, M. C. A. **Diamantes e Carbonados do Alto Rio Paraguaçu: geologia e potencialidade econômica**. Salvador: CBPM, 1994. (Série Arquivos Abertos, n. 8).

SANTILLI, J. Do Ambientalismo ao Socioambientalismo. In: SANTILLI, J. **Socioambientalismo e Novos Direitos**. São Paulo: Petrópolis, 2005.

SÁNCHEZ, L. E. **Planejamento do ciclo de vida de uma mina e reduções de riscos ambientais**. In: Semana Ibero-Americana de Engenharia de Minas. p. 347 – 352. São Paulo, 2004.

SEI – SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Regiões Econômicas do Estado da Bahia. 2002**. Disponível em:

<http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/regioes_eco/regioes_eco.htm>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SCHIAVINATTO, F. **“Diamantes de Conflito” e o Papel do Brasil na Certificação Kimberley**. Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2012.

SCLIAR, C. **Potencial Mineral do Alto Jequitinhonha**. Revista GEONOMO, Vol. 3 ; p.65-75. Belo Horizonte: UFMG/Dept^o Geologia, 1995.

SCHOBENHAUS C. & COELHO, C.E.S. (Coords. Gerais) 1991. **Principais Depósitos Minerais do Brasil - Gemas e Rochas Ornamentais**. Vol. IV. DNPM/CVRD. Brasília.

SNAPIR, B.; SIMMS, D. M; Waine, T.W. **Mapping the expansion of galmsey gold mines in the cocoa growing area of Ghana using optical remote sensing**. Cranfield University. UK, 2017. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em: 10 jan. 2017.

SUGUIO, K; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC / Editora da UFRGS, 1990.

SVISERO D. P. **Distribution and Origin of diamonds in Brazil: an overview**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. Geodynamics, Vol. 20, No. 4, pp. 493-514, 1995.

SVISERO D. P. & CHAVES M. L. S. C. **Diamantes de Minas Gerais – Qual terá sido o caminho das pedras?** Revista “Ciência Hoje”. Junho/1999, p. 22 a 29.

TURRA, S. G. C. **Estratigrafia e Sedimentologia dos Depósitos Fluviais Pré-vegetação da Formação Tombador na Chapada Diamantina**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Geoquímica e Geotectônica. USP (Universidade de São Paulo), 2014.

VIEIRA B. C.; SALGADO, A. R.; SANTOS. L. J. S. **Landscape and Landforms of Brazil**. Cap. 19 - Chapada Diamantina: A Remarkable Landscape Dominated by Mountains and Plateaus. (Carlos César Uchôa de Lima and Marjorie Cseko Nolasco). Springer: World Geomorphological Landscapes, Ed. 2015.

ZHANG, Jianjun; RAO, Yongheng; GENG, Yuhuan; FU, Meichen; PRISHCHEPOV, Alexander. **A novel understanding of land use characteristics caused by mining activities: A case study of Wu’an, China**. Ecological Engineering, 99 (2017) 54–69. Disponível em: <http://www.elsevier.com/locate/ecoleng>. Acesso em: 4 mar. 2017.