



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO AMAZÔNICO EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BARRAGEM E
GESTÃO AMBIENTAL

ANDRÉ THIAGO LEMOS MIRANDA DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS
BARRAGENS DE REJEITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI,
BARCARENA – PA.**

Tucuruí - PA
2018

ANDRÉ THIAGO LEMOS MIRANDA DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS
BARRAGENS DE REJEITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI,
BARCARENA – PA.**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karyme do Socorro de Souza Vilhena.

Tucuruí - PA

2018

ANDRÉ THIAGO LEMOS MIRANDA DOS SANTOS

**ANÁLISE TEMPORAL DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS
BARRAGENS DE REJEITO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI,
BARCARENA – PA.**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental do Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Segurança de Barragem e Gestão Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karyme do Socorro de Souza Vilhena.

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Karyme do Socorro de Souza Vilhena – Orientadora
Universidade Federal do Pará - PEBGA

Prof^o. Dr. Júnior Hiroyuki Ishihara – Membro interno
Universidade Federal do Pará - PEBGA

Prof.^a Dra. Fernanda Pereira Gouveia – Membro interno
Universidade Federal do Pará - PEBGA

Prof.^a Dra. Aline Maria Meiguins de Lima – Membro externo
Universidade Federal do Pará - PPGCA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L555a Lemos Miranda dos Santos, Andre Thiago.
Análise Temporal dos Impactos Socioambientais das Barragens de Rejeito na Bacia
Hidrográfica do Rio Murucupi, Barcarena – PA. / Andre Thiago Lemos Miranda dos Santos.-
2018.
166 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Karyme do Socorro de Souza Vilhena
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão
Ambiental, Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia, Universidade Federal do
Pará, Tucuruí, 2018.

1. SIGT. 2. Imerys. 3. Bacia hidrográfica do rio Murucupi. 4. Barragens. 5. Degradação
ambiental. I. Título.

CDD 624

Dedico esta dissertação primeiramente a DEUS, que me sustentou e me deu força em momentos críticos. E em nome de meu avô Alcebíades Rodrigues de Miranda (*in memoriam*), que foi de fundamental importância para minha atual formação, ofereço esta conquista a meus familiares e amigos que me incentivaram e estimularam a continuar na luta em busca de mais essa meta.

AGRADECIMENTOS

Eu quero agradecer principalmente a Deus que sustentou e me deu forças e discernimento para conquistar mais uma meta em minha vida.

Agradeço a minha orientadora a Prof^a Dr^a Karyme do Socorro de Souza Vilhena, pela dedicação, paciência, incentivo e excelente orientação nessa caminhada acadêmica.

Agradeço as minhas primas Lara Maria e Beatriz Lemos, pelo apoio físico e emocional que me deram durante esses anos de estudo em Tucuruí-Pa.

Agradeço a minha família nas pessoas de meu pai Luzinete Farias dos Santos e minha mãe Janete Maria Lemos Miranda pelo apoio durante esse período de estudo.

Agradeço a minha avó, Elza Maria Ferreira Miranda e a minha Tia, Nagete Nazaré Lemos Miranda, pelo suporte que me deram nesses anos de estudo.

Agradeço as minhas grandes amigas Emayara Leite Sá, pela ajuda na elaboração dos mapas do presente trabalho, e a Marcela Dias Chaves Comin, pelo incentivo que me deu em momentos que pensei desistir, porém me fez acreditar que valeria todo o esforço para chegar até aqui.

Agradeço aos meus amigos Ronis Amorim, Pollyana Dias, Cassiano Comin, Samanta Lima, Samila Lima, Patricia Milhomem, Letícia Milhomem e a Denise Lima, pelo amor fraternal que me deram durante esses anos de estudo.

Agradeço a Minha amiga Tâmela Batista Pereira por sempre acreditar em mim e ter sido autora do início desta caminhada, visto que foi ela quem me enviou o edital do presente curso.

Agradeço aos meus colegas de turma pelo companheiros e ajuda.

Agradeço a meu avô (in memórian), Alcebíades Rodrigues de Miranda, precursor da minha caminhada acadêmica.

“Quando a última árvore tiver caído, quando o último rio tiver secado, quando o último peixe for pescado, vocês vão entender que dinheiro não se come”.

Greenpeace

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo realizar um levantamento por meio de dados técnicos-científicos a influência socioambiental das empresas utilizadoras da Bacia Hidrográfica do rio Murucupi, com foco nos barramentos da empresa utilizadoras da bacia, localizado no município de Barcarena no Estado do Pará, levando em consideração os usos múltiplos do solo e água. Para o desenvolvimento do estudo foram aplicados mapas do Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT), da USGS dos anos de 1986 até 2017 e do projeto TerraClass no período de 2004 a 2014, por meio dos quais foram mensurados os impactos advindos dos usos múltiplos dos recursos naturais e degradação socioambiental observados em Barcarena, em que constatou-se um aumento de 45,58% do avanço urbano e uma diminuição de 45,58% do remanescente vegetal, para os mapas da USGS no período de 31 anos, ratificado pelos mapas do TerraClass, que apresentou um aumento de 12,21% do avanço urbano e uma diminuição de 14,03% da variável floresta. As identificações dos usos da água por parte das empresas localizadas no município foram obtidas por meio da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade-SEMAS, em que se observou uma grande utilização dos recursos hídricos, bem como dos usos múltiplos do solo analisados por dados obtidos do IBGE como medida de identificação das atividades econômicas existentes na área de estudo, que provocam impactos negativos, ratificados pelas variáveis existentes nos mapas do TerraClass. Além de expor a percepção negativa da população em relação as empresas de barragem, por meio da aplicação de formulários online.

Palavras-chave: SIGT. Imerys. Bacia hidrográfica do rio Murucupi. Barragens. Degradação ambiental.

ABSTRACT

The objective of this study is to carry out a survey of the socio-environmental influence of the users of the Murucupi River Basin, focusing on the buses of the company that uses the basin, located in the municipality of Barcarena in the State of Pará, Brazil. taking into account the multiple uses of soil and water.. The research considers multiples land uses, as well as the impacts caused by the tailings pond. For this assessment, Temporary Geographic Information Systems (TGIS) maps were applied using for the period of 1986 to 2017 data from USGS mapping and for the period of 2004 to 2014 data from TerraClass project mapping. Through this database, the impacts arising from the multiple uses of natural resources and socioenvironmental degradation observed in Barcarena were measured. Changes in land use were obtained through the State Department of Environment and Sustainability-SEMAS and IBGE data. The technical-scientific data were correlated to the socioenvironmental degradation maps in order to determine the socio-environmental pressure caused by the installation the Imerys' tailings pond in the study area. In addition to exposing the negative perception of the population in relation to the dam companies, through the application of online forms.

Key words: SIGT. Imerys. Murucupi River Basin. Dams. Environmental degradation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Barragens de mineração – Brasil por Unidade Federativa.....	36
Figura 2 - Barragens inseridas no PNSB - Brasil por UF.	36
Figura 3 - Porte pelo Volume.....	37
Figura 4 - Categoria de Risco.....	37
Figura 5 - Dano Potencial associado.....	37
Figura 6 - Órgãos regulamentadores dos barramentos no Brasil.....	41
Figura 7 - Bacia de rejeitos nº 3 da empresa Imerys.....	51
Figura 8 - Esquema representativo do fluxo percolado no solo (cor azul) da substância química que veio a desaguar no Rio Pará.	52
Figura 9 - Contaminação dos corpos hídricos em Barcarena.....	53
Figura 10 - Camadas (layers).....	61
Figura 11 - Localização do município de Barcarena-Pa.....	64
Figura 12 - Divisão administrativa do município de Barcarena.....	66
Figura 13 – Mapa de classificação climática do Estado do Pará (Método de Köppen).	70
Figura 14 – Espécies vegetais de açazeiro (<i>Euterpe oleracea mart</i>) e buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>).....	72
Figura 15 – Espécie vegetal de aninga (<i>Montrichardia linifera</i>).....	73
Figura 16 – Espécie vegetal seringueira (<i>Heveas brasilienses</i>).....	74
Figura 17 – Espécie vegetal andiroba (<i>Carapa guianensis Aubl, a</i>), sementes (b) e inflorescências (c).	74
Figura 18 – Zonas agroecológicas de Barcarena-PA.....	78
Figura 19 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 1986.....	94
Figura 20 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 1996.....	95
Figura 21 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2006.....	97
Figura 22 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2016.....	98
Figura 23 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2017.....	99

Figura 24- Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2004.....	103
Figura 25 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2008.....	105
Figura 26 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2010.....	106
Figura 27 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2012.....	108
Figura 28 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2014.....	109
Figura 29 - Criação de animais entre 2004 a 2015 na área de estudo.....	114
Figura 30-Produção anual da lavoura temporária entre 2004 a 2015 na cidade de Barcarena-Pa.	116
Figura 31-Produção anual da lavoura temporária (abacaxi) entre 2004 a 2015 na cidade de Barcarena-Pa.....	117
Figura 32-Produção anual da lavoura permanente entre 2004 a 2015 na área de estudo.	118
Figura 33-Produção anual da lavoura permanente (coco-da-baía) entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa.	119
Figura 34- Extração vegetal em toneladas entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa...	120
Figura 35-Extração vegetal em metros cúbicos (m ³) para lenha e madeira entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa.	121
Figura 36-Quantidade total de outorgas licenciadas por empresa entre 2008 e 2015 na bacia hidrográfica do rio Murucupi.	123
Figura 37-Evolução populacional de Barcarena no período de 1970 até 2017.	127
Figura 38- Porcentagem de gênero da pesquisa.	129
Figura 39- Porcentagem da faixa etária dos entrevistados.	130
Figura 40- Atividades econômicas dos entrevistados (unidade).	131
Figura 41- Porcentagem das atividades afetadas pelos acidentes/incidentes ambientais das indústrias mineradoras em Barcarena.....	132
Figura 42- Porcentagem do da utilização do abastecimento de água.....	133
Figura 43- Porcentagem dos usos múltiplos da água.	133
Figura 44- Porcentagem do grau de dependência dos recursos hídricos e solo.....	135
Figura 45- Porcentagem dos tipos de conflitos existentes na área de estudo.....	136

Figura 46- Porcentagem da classificação dos entrevistados em relação às ações mitigadoras por parte das empresas aos problemas de derramamento de rejeitos.	137
Figura 47- Porcentagem da atuação dos órgãos ambientais na atuação de dos derramamentos de rejeitos.....	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Barragens inseguras no Brasil, segundo DNPM.	38
Quadro 2 - Características físicas das barragens de mineração em Barcarena.	39
Quadro 3 - Principais softwares.	59
Quadro 4 - Classificação climática do Estado do Pará (método de Köppen).	68
Quadro 5 - Culturas recomendadas para o município de Barcarena-PA.	79
Quadro 6 - Principais tipos de uso e cobertura do solo nas áreas desmatadas na Amazônia brasileira.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes e incidentes de barragens no Brasil.	32
Tabela 2 - Acidentes ambientais ocorridos no município de Barcarena entre os anos 2000 a 2015.	45
Tabela 3 - Acidentes diretamente ligados à Imerys entre os anos de 2004 a 2014. .	47
Tabela 4 - Caracterização dos dados usados no mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi a partir dos dados do USGS.....	82
Tabela 5 - Caracterização dos dados usados no mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi a partir dos dados do Projeto TerraClass.	87
Tabela 6 - Evolução da ocupação urbana e remanescente vegetal do ano de 1986 a 2016.	100
Tabela 7 – Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2004.....	104
Tabela 8 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2008.....	105
Tabela 9 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2010.....	107
Tabela 10 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2012.....	108
Tabela 11 – Dados do uso solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2014.....	110
Tabela 12 – Uso do solo e cobertura vegetal dos anos de 2004 a 2014.....	110
Tabela 13 - Conflitos pela água em Barcarena.	124

LISTA DE ABREVIATURAS

Art.- Artigo

Cap.- Capítulo

Inc.- Inciso

Quant. - Quantidade

Ton. - Tonelada

LISTA DE SIGLAS

ABEA - Associação Barcarenense de Educação Ambiental
ALBRÁS - Alumínio Brasileiro S.A
ALUNORTE - Alumina do Norte do Brasil S.A
ANA - Agência Nacional de Água
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
APP- Área de Proteção Permanente
CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIP - Coordenadoria de Planejamento Informação e Apoio à Gestão de Recursos Hídricos
COR -Coordenadoria de Regulação
CPC - Centro de Perícias Científicas
CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação
DIREH - Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
ESRI - Environmental Systems Research Institute
FBCN - Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza
GEAP - Gerência de Apoio e Gestão Participativa
GECAD - Gerência de Cadastro e Cobrança
GEOUT -Gerência de Outorga
GEPLEN - Gerência de Planos e Enquadramento
GESIR - Gerência do Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos
HGIS - Historical Geographical Information Systems
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração
IEB - Instituto Internacional de Educação do Brasil
IEC – Instituto Evandro Chagas
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPE - Instituto Nacionais de Pesquisas Espaciais
IRCC - Imerys Rio Capim Caulim
MDT - Modelo Digital do Terreno

MPF – Ministério Público Federal

MPPA - Ministério Público do Estado do Pará

NASA - National Aeronautics and Space Administration

OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Barcarena

Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PNSB - Plano Nacional de Segurança de Barragem

PPSA - Pará Pigmentos S/A

SAGRH - Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos

SEIRH - Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos

SEMAS - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SEMAS - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SUDEME - Secretaria de Estado e Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia

TAC - Termo de Ajustamento de Conduta

UFPA - Universidade Federal do Pará

USGS - United States Geological Survey

ZAP1 - Zonas de Alto Potencial para Agricultura

ZAP2 - Zonas de Alto Potencial para Agricultura

ZCA - Zonas Conservação Ambiental

ZCA - Zonas de Conservação Ambiental

ZMPA - Zonas de Moderado Potencial para Agricultura

ZPP - Zonas com Potencial para Pecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS	23
2.1 GERAL	23
2.2 ESPECÍFICOS	23
3 REFERENCIAL TEÓRICO	24
3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	24
3.2 BARRAGENS DE REJEITO: ASPECTOS HISTÓRICOS, GERAIS E SEGURANÇA.....	28
3.2.1 Barragens de rejeitos: Aspectos legais	33
3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA ATIVIDADE MINERADORA	43
3.3.1 Empresas mineradoras: um caso Barcarena	49
3.4 SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL	54
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	63
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA.....	63
4.1.1 Localização da área de estudo	64
4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	67
4.2.1 Clima	68
4.2.2 Vegetação	71
4.2.3 Solo	75
4.2.4 Geomorfologia	80
5 METODOLOGIA DA PESQUISA	81
5.1 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	81
5.1.1 United States Geological Survey (USGS)	81
5.1.2 Projeto TerraClass	85
5.1.3 Gráficos IBGE	88
5.1.4 Identificação dos usos da água por empresas na bacia hidrográfica do rio Murucupi	89
5.1.5 Análise da evolução populacional do município de Barcarena-Pa	91
5.1.6 Análise da influência socioambiental dos barramentos na área da bacia hidrográfica do rio Murucupi no município de Barcarena-Pa	91
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
6.1 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS)	94
6.2 PROJETO TERRACLASS.....	103

6.3 GRÁFICOS DO IBGE.....	113
6.4 IDENTIFICAÇÃO DOS USOS DA ÁGUA POR EMPRESAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI.....	123
6.5 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE BARCARENA.	126
6.6 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA SOCIOAMBIENTAL DOS BARRAMENTOS NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI NO MUNICÍPIO DE BARCARENA.....	129
6 CONCLUSÃO	139
REFERÊNCIAS	143
ANEXO – QUESTIONÁRIO SÓCIOAMBIENTAL	159

1 INTRODUÇÃO

A urbanização das cidades brasileiras ocorreu de forma heterogênea surgindo diferentes centros urbanos, como é o caso da Amazônia. Na década de 1960, essa região, além de incorporar áreas distantes, também recebeu um conjunto de políticas governamentais que promoveram uma nova organização nas formas de produção do espaço urbano. Essa intensificação do processo de urbanização na Amazônia resultou no aumento do número de cidades, porém o tamanho dessas diminuíram e passaram a ter um papel logístico, influenciando na intensificação da ocupação dessas áreas (CARMO; COSTA, 2016).

Assim, a partir da década de 1970 os projetos de exploração e transformação mineral (minero-metalúrgicos e siderúrgicos), portuários, agropecuários e urbanísticos, na região amazônica, começaram a interferir na organização do modo de vida da população local, bem como na qualidade dos recursos hídricos (BORDALO; SILVA; SANTOS, 2012).

Este destaque econômico da indústria mineral iniciou com a introdução do município de Barcarena no ciclo da mineração, durante o Regime Militar (1964-1985), nas décadas de 1970, 1980 e início da década de 1990, principalmente pela localização geográfica privilegiada da região, dando condições à implantação de um complexo industrial e de um complexo portuário com grande capacidade de escoamento, hoje consolidado em Vila do Conde (FERREIRA, 2015)

A partir de 1980 a Região Amazônica passou a ser considerada urbanizada em função do número de moradores (maior do que 50%), e os núcleos urbanos passaram a ter papel fundamental no cenário nacional. Naquele momento, as mudanças estruturais puderam ser observadas, principalmente, no que diz respeito à articulação do espaço, uma vez que foram criados espaços estratégicos com a intenção de alavancar a economia sob o ponto de vista da modernização (CARMO; COSTA, 2016).

Com isso, surgiram problemas relacionados aos usos múltiplos na área de estudo, como a carência de abastecimento de água encanada, esgotamento sanitário, poluição dos recursos hídricos, solo e desmatamento. Isso mostra que esse aumento do consumo dos recursos naturais, está diretamente ligado ao aumento da população, e a dinâmica da produção e distribuição aceleram a degradação ambiental (FERREIRA, 2015).

Barcarena está inserida neste contexto especialmente após a década de 1980, com a instalação dos empreendimentos de transformação mineral (SILVA, 2012). Pois, a partir desta década as atenções das políticas públicas se voltaram para o município com o objetivo de que ele atendesse aos interesses do Estado e aos interesses externos, recebendo um grande projeto denominado de “Complexo Industrial da Alunorte” (CARMO; COSTA, 2016). Por conseguinte, o governo federal ofereceu aos empreendedores da Albrás/Alunorte uma série de incentivos visando atrair para a região a planta industrial de alumínio, e a energia foi um dos principais deles, não só pela demanda da produção de alumínio, como pelo preço e pela forma como este insumo foi ofertado (NAHUM, 2006).

Dessa maneira, a empresa Alumina do Norte do Brasil S. A. (Alunorte) influenciou na expansão do núcleo da Vila dos Cabanos, planejado para atender às demandas que iriam servir à empresa, tais como: residência para os trabalhadores, instalação de comércio, saúde, educação, entre outros. Essa indústria somada também as outras indústrias como a Imerys Rio Capim S.A e a Alumínio Brasileiro S. A. (Albrás) foi, e continua sendo, a grande responsável pela reestruturação do espaço urbano e rural de Barcarena (CARMO; COSTA, 2016), gerando intensas modificações de ordem econômica, social, política e ambiental (BORDALO; SILVA; SANTOS, 2012). Apesar do motor econômico do município ser a indústria, segundo os dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), Barcarena concentra aproximadamente 63% da população localizada na área rural enquanto que 37% encontram-se na área urbana (CARMO; COSTA, 2016).

O mesmo autor expõe que o município de Barcarena vem abrigando quase todas as indústrias de transformação integrantes da cadeia produtiva do alumínio, sendo o município com o maior crescimento econômico do estado do Pará. O pólo industrial de Barcarena fica a 36 km de distância de Belém. A vocação industrial deste distrito está voltada para o beneficiamento do alumínio disponibilizado pela Albrás/Alunorte, embora existam empresas que beneficiam o caulim a Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) (SILVA *et al*, 2017).

A bauxita é um minério de extrema importância industrial, já que por meio deste composto é obtido o alumínio metálico. Ele é formado por processos de intemperismo em aluminossilicatos, em climas tropicais e subtropicais (BORGES; HAUSER-DAVIS; OLIVEIRA, 2011). Já o caulim é formado basicamente pela caulinita e tem a cor branca por causa do seu baixo teor de ferro. Trata-se de um

mineral argiloso branco, não inflamável, não tóxico e que não apresenta reatividade química (IMERYS, 2017).

Os empreendimentos destes segmentos acabam sendo do ponto de vista ambiental, efetivas poluidoras, pois geram efluentes gasosos, líquidos, esgoto sanitários e resíduos sólidos industriais (BAHIA *et al*, 2012), contribuindo para degradação dos recursos naturais da bacia hidrográfica do Rio Murucupi, localizado no município de Barcarena, comprometendo a qualidade da água e dos demais elementos físicos e bióticos como também dos diferentes usos estabelecidos pelos atores que ocupam a bacia hidrográfica, especialmente em sua jusante. Por se tratar de um pólo industrial, o município vem sendo palco de diversos acidentes ambientais. Dessa forma, expõe a fragilidade da gestão socioambiental, particularmente a hídrica, tanto por parte das empresas, como dos órgãos ambientais fiscalizadores, de âmbito estadual e municipal (SILVA, 2012).

Na bacia hidrográfica do rio Murucupi são encontrados variados usos múltiplos do solo e formas de ocupação social, isto gera impactos negativos, haja vista, os efluentes oriundos da atividade industrial que aliada ao despejo de efluentes domésticos sem tratamento e acidentes ambientais, provoca danos aos corpos hídricos e, conseqüentemente às comunidades moradoras de suas adjacências, que utilizam este recurso hídrico como meio de sobrevivência e tem sua história de vida ligada a esse rio (BORDALO; SILVA; SANTOS, 2012). Estes processos industriais somados aos efluentes domésticos geram resíduos que são sedimentados no fundo da bacia hidrográfica do rio Murucupi constituindo um risco potencial para a vida da população (OLIVEIRA; LAFON; LIMA, 2016).

O comprometimento da qualidade dos corpos d'água repercute também nas áreas rurais, onde a atividade agrícola associada à aplicação de agrotóxicos e ao desmatamento ocasiona sérios problemas ambientais como a erosão e poluição dos recursos hídricos locais (SILVA, 2012).

Souza (2000 apud LIMA, 2014) faz um alerta para o fato de que as mudanças ambientais exibem características alarmantes com sérios prejuízos para os recursos naturais renováveis. Essas mudanças são derivadas de uma ação humana inapropriada que se traduz nos processos de degradação em diferentes níveis.

Para reverter este quadro crítico é indispensável construir novos contornos na relação entre sociedade e natureza, com a possibilidade de uma intensa conexão

e aplicabilidade de ações em respeito aos limites e a capacidade de regeneração com os ecossistemas naturais (SILVA, 2012).

Exposto isso, a presente pesquisa tem o objetivo de analisar por meio de dados técnico-científicos e imagens de satélite através do Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT), as implicações socioambiental nos usos múltiplos da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, localizado no município de Barcarena-PA, associando esse processo aos barramentos da empresa Imerys Rio Capim Caulim S. A, bem como identificar os seus usos múltiplos e degradação ambiental por meio da análise do uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos, e de variáveis como o crescimento populacional e desmatamento, justificados pelo crescente processo de industrialização do município, dando ênfase a Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, onde está instalada a empresa Imerys RCC, que nos últimos anos vem provocando impactos ao meio ambiente, mensurado pelo mapas do presente estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar as implicações socioambientais dos usos múltiplos da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, localizado na cidade de Barcarena-PA, através dos rompimentos e transbordamentos dos barramentos minerais existentes e da percepção da população residente na área de estudo.

2.2 ESPECÍFICOS

Realizar a caracterização dos impactos socioambientais associados a presença de barragens de rejeito de mineração na bacia do rio Murucupi, considerando as formas de uso industrial da água realizadas na região.

Avaliar as formas de uso da terra de 1986 a 2017 na bacia do rio Murucupi, comparando os resultados com o obtido pelo TerraClass no período de 2004 a 2014.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e ocupação do solo são definidos como um mecanismo de planejamento urbano, ou seja, é o rebatimento da reprodução social no plano do espaço, é a maneira pela qual a edificação pode ocupar o espaço urbano e rural, em função dos índices urbanísticos incidentes sobre o mesmo. O uso e ocupação do solo têm por principais finalidades: Organizar o território potencializando as aptidões, as compatibilidades, as contiguidades, as complementaridades, de atividades urbanas e rurais; controlar a densidade populacional e a ocupação do solo pelas construções; otimizar os deslocamentos e melhorar a mobilidade urbana e rural; evitar as incompatibilidades entre funções urbanas e rurais; eliminar possibilidades de desastres ambientais; preservar o meio-ambiente e a qualidade de vida rural e urbana (TAKEDA, 2013).

Para que isto ocorra é necessário que haja a preservação da qualidade ambiental, que de acordo com Silva (2014), consiste em atender aos requisitos da natureza física, química, biológica, social, econômica e tecnológica que assegurem a estabilidade das relações ambientais no ecossistema em que se inserem as atividades humanas.

Uma das maneiras de conseguir êxito na qualidade ambiental seria por meio de uma gestão ambiental eficiente, na execução de programas que favoreçam o acesso da sociedade a informações sobre os usos e usuários dos recursos naturais, dos conflitos e impactos associados a esses usos, da qualidade da água, dos papéis dos diferentes atores sociais e dos instrumentos das Políticas de Meio Ambiente (esfera municipal, estadual e federal) (PAULA JÚNIOR; MODAELLI, 2011).

Caso contrário, as ações antrópicas gerarão grandes impactos negativos através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e fragmentação das áreas com cobertura florestal. Para reverter esses problemas e fomentar o desenvolvimento de políticas públicas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, torna-se imprescindível o monitoramento constante do uso e da cobertura do solo, através de informações espaço-temporais detalhadas das modificações ocorridas na paisagem (COELHO *et al*, 2014).

Tais danos ambientais ocorreram na cidade de Barcarena, com a criação da zona industrial de Barcarena por um decreto-lei assinado pelo então presidente João Batista Figueiredo em novembro de 1980. Na época, não houve consulta à população, já que um dos objetivos do governo militar era substituir o extrativismo, que dominava a economia da Amazônia, por atividades industriais e agropecuárias, principalmente. Os projetos minerais e metalúrgicos foram implantados em Barcarena sem licença ambiental, sem audiências públicas e sem um planejamento mais rigoroso do uso dos recursos naturais e do lançamento de rejeitos industriais, muitos deles perigosos para a saúde humana, no solo, nos rios e no ar (LUCAS FILHO, 2016).

A implantação de indústrias nacionais e internacionais no município de Barcarena aconteceu também devido à mesma apresentar atrativos quanto a sua localização que justificam os interesses de grupos privados nacionais e estrangeiros na apropriação e exploração de recursos naturais, no entanto, essa exploração trouxe e traz em seu bojo várias conseqüências negativas ao meio físico, biótico e sociocultural. (SILVA; BORDALO, 2012).

Uma dessas causas é a exploração intensa de áreas com agricultura e pecuária (COELHO *et al*, 2014).

Bordalo; Silva; Santos, (2012) expõem que o Estado do Pará apresenta peculiaridades que lhe confere destaque no quadro de geração de energia. Apesar do seu grande potencial hidrelétrico, há também usos da água relacionado a irrigação, abastecimento urbano, consumo na área rural e industrial, com destaque para a irrigação. Apesar do uso da água pela atividade industrial, no Estado do Pará, corresponder a uma pequena porcentagem, a mesma traz conseqüências negativas. Haja vista, os transtornos ambientais de exploração e transformação mineral que despejam dejetos (líquidos e sólidos) na natureza por meios diversos, a exemplo de fontes emissárias como a rede de esgoto, vazamento ou transbordamento de depósitos de resíduos sólidos e líquidos, vazamento de minerodutos, descarte clandestino de seus efluentes e etc.

O rio Murucupi é um exemplo claro desse fato, outrora usado para várias atividades socioeconômicas como a pesca artesanal, lazer e vias de circulação entre as comunidades que sobrevivem parcialmente dessas atividades em seu entorno, atualmente passou a ser utilizado como mero depositário dos dejetos produzidos pelos esgotos domésticos e industriais devido à forte expansão urbana aliada ao

processo de industrialização de Barcarena. Sendo assim, fica evidente a fragilidade desse corpo d'água ao longo do seu percurso, em especial a montante onde as nascentes encontram-se próximas a bacia de rejeito da bauxita. (SILVA; BORDALO, 2012).

A área do Complexo Industrial de Barcarena, local de estudo, é a inscrição espacial onde as relações do conflito se desenvolvem, pois, nela estão inseridos o rio Dendê e igarapé Curuperé, pertencentes a uma Área de Proteção Permanente (APP), as comunidades ribeirinhas Ilha São João e Curuperé e a empresa Imerys RCC. Há também, a atuação da Companhia de Desenvolvimento Industrial do Pará (CDI) e do Poder Público, Prefeitura Municipal de Barcarena, representado por suas secretarias, bem como a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Ministério Público Federal e Estadual (BORDALO, FERREIRA; SILVA, 2017).

A intenção/ação dos atores envolvidos no conflito está ligada com as relações e interesses de cada ator envolvido no conflito com o espaço em questão (FERREIRA, 2015).

Tais relações tornam uma preocupação local, pois as águas consumidas nas comunidades ribeirinhas Ilha São João e Curuperé são originárias de aquíferos subterrâneos, não existindo qualquer tipo de tratamento nessas fontes de abastecimento, apenas captação canalizada ou não, armazenamento em caixas d'água ou reservatório elevado e distribuição para os pontos de consumo. E o poço usado para o abastecimento geral na Vila do Conde através de distribuição canalizada pelo serviço de saneamento do município é realizado de maneira intermitente, isto é, não funcionam 24 horas por dia. (MEDEIROS, 2016).

Essas comunidades da Ilha São João e Curuperé vivem às margens dos rios, respectivamente, Dendê e Curuperé, desde antes da construção do Complexo Industrial de Barcarena, e para tanto apresentam dependências culturais (transporte e lazer) e econômicas (pesca artesanal de peixes e camarão) desses corpos hídricos. Atualmente, devido aos acidentes/incidentes ambientais, os corpos hídricos não apresentam mais a qualidade satisfatória. (FERREIRA, 2015).

Já o Rio Murucupi origina-se dentro de uma área de conservação que está localizado nas proximidades da lagoa de armazenamento de lama vermelha da refinaria de alumina da Hydro Alunorte. A lama vermelha é um produto resultante do desperdício criado pelo processamento de bauxita rica em Alumínio (Al) para a produção de alumina. Ao longo de seu curso, o rio atravessa duas áreas urbanas,

Vila dos Cabanos e Laranjal, e recebe todos os seus efluentes domésticos (OLIVEIRA; LAFON; LIMA, 2016).

Recentemente no dia 17 de fevereiro do presente ano, houve o vazamento das barragens de rejeitos da Hydro em Barcarena. Moradores locais já haviam denunciado tal possibilidade. Com as chuvas ocorridas na região, as bacias ultrapassaram sua capacidade e não foram mais suficientes para conter as substâncias, em especial bauxita, causando grave quadro de contaminação na cidade (DOL, 2018).

O crescimento econômico do Estado do Pará, aliado a dinâmica trazida pelas atividades direta e indiretamente ligadas à mineração fez do município de Barcarena, um dos mais importantes do setor mineral e isso gerou um aumento da receita municipal. A partir da implantação das empresas ligadas à atividade minero-metalúrgica no município de Barcarena, aconteceu a formação de novas relações de poder expressas por diferentes atores sociais incluídos ou não nos processos decisórios de produção e uso do território (SILVA *et al*, 2017).

O mesmo autor corrobora que num contexto de transformação sócio espacial voltado para dotar o espaço de infraestrutura urbana, portuária e rodoviária, ocorreu no município um intenso processo de desapropriações das áreas indispensáveis à implantação do projeto industrial, que atraiu para Barcarena um contingente populacional significativo.

As atividades econômico-produtivas desenvolvidas pela mineração, agronegócio e outras, trazem grandes benefícios para o desenvolvimento de um país. Entretanto, são muitos os riscos que existem entorno delas, e acabam desorganizando e inviabilizando a permanência de agrupamentos humanos e suas interações com a natureza (MEDEIROS, 2016).

E mesmo com toda essa dificuldade, a migração continua, embora timidamente em Barcarena, apesar da consolidação das atividades econômicas em seu território. Segundo o Sindicato das Indústrias de Mineração, os investimentos previstos eram da ordem de 50 milhões de dólares pela Mineração Buritama (sintetização/porto), Vale (alumínio) 2,2 milhões de dólares, USIPAR (siderurgia, navegação e porto) 4,2 milhões e o porto de vila do conde com 41 milhões dólares de investimentos. Além dessa previsão, há as expectativas da ferrovia (457,29 quilômetros de estrada de ferro entre Açailândia-MA e Barcarena-PA), outro

empreendimento que se concretizado irá aumentar a dinâmica econômica local. (SILVA *et al*, 2017).

A má gestão hídrica da Prefeitura Municipal de Barcarena e da SEMAS/PA tem provocado conflitos entre os usuários e a sociedade civil, a exemplo das comunidades Ilha São João e Curuperé que resistem às ações da Imerys RCC, travando uma luta de classe relacionada a questões de exploração econômica, social e ambiental. E somente será solucionado a partir de uma maior articulação entre as esferas do Poder Público no sentido de promover uma gestão, ambiental e hídrica, capaz de garantir aos moradores dessas comunidades, bem como da população em geral, condições dignas de sobrevivência (FERREIRA, 2015).

3.2 BARRAGENS DE REJEITO: ASPECTOS HISTÓRICOS, GERAIS E SEGURANÇA

A forte presença estatal na economia brasileira no período Vargas e no regime militar, está geralmente relacionada às políticas industriais e às de infraestrutura (FONSECA, 2013). Historicamente a indústria de extração mineral no Brasil também foi responsável por uma grande porção da economia nacional (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

As barragens de rejeitos brasileiras surgiram das atividades de mineração, há acerca de 300 anos. Antes mesmo da corrida do ouro no oeste americano, a atividade de mineração de ouro no Brasil já havia se iniciado com a Mina da Passagem, em Mariana (ÁVILA; SAWAYA, 2012).

De acordo com o mesmo autor antes do século XV, a geração de rejeitos pelas empresas de mineração e os impactos decorrentes de sua disposição no meio ambiente eram considerados irrisório. Porém, com a introdução da força a vapor e com o aumento significativo da capacidade de processamento dos minerais de interesse econômico, a geração de rejeitos aumentou exponencialmente e estes precisavam ser removidos da área de produção, sendo então encaminhados para algum local conveniente, geralmente próximo aos rios ou cursos d'água.

O legado histórico dessa má gestão política e ambiental em relação às indústrias brasileiras refletiu nas barragens de rejeitos dos anos 90, época em que os resultados de práticas de operação convencional utilizada nas minerações instaladas desde as décadas de 1960, 1970 e 1980, se valiam de projetos e técnicas

de controle sem qualquer premissa e requisito de prevenção e controle ambiental e de riscos de acidentes devido à inexistência e exigência destes requisitos (PRADO FILHO, 2016).

No entanto, com o surgimento da legislação ambiental e estudos técnicos este quadro teve uma melhora e passou a ser monitorado por diversos órgãos públicos, cada um dentro de sua jurisdição, dentre eles o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que fiscaliza e monitora as barragens de rejeitos no país.

Visto que o rompimento de barragens é uma das modalidades de desastre consideravelmente mais recorrente na história da humanidade. Dois são os principais fatores que podem ser apontados como causa primária desse evento: o advento de um fenômeno natural intenso responsável por abalar a estrutura da barragem ou o mau planejamento dessa estrutura em razão dos erros de cálculos dos engenheiros (MELO, 2015).

As causas desses acidentes incluem, na grande maioria dos casos, situações já resolvidas pela tecnologia disponível, e as deficiências decorrem da não aplicação de ações voltadas a garantir a segurança de estruturas (ÁVILA; SAWAYA, 2012).

Obras de tamanha importância devem ter a sua segurança gerenciada ao longo de toda a sua vida. A ruptura de barragens é uma hipótese pouco provável e de baixíssima probabilidade de ocorrência quando os aspectos de projeto, construção e operação desses empreendimentos são tratados com seriedade (HUMES, 2012).

Segundo o ICOLD (1997) a maioria das causas de acidentes com barragens, com conseqüências catastróficas (com perdas de vidas), ocorreu em barragens com altura inferior a 30 m. Essas barragens passaram a ser motivo de preocupação e de maior interesse de profissionais de segurança de barragens. E independentemente do porte da barragem, aquelas que oferecem situações de risco potencial devem ser objeto de máxima atenção, que são (MEDEIROS, 2013):

- Barragens localizadas a montante de cidades, vilas ou outros elementos de grande valor, para os quais a ruptura representa risco elevado;
- Barragens contendo rejeitos de mineração, com metais pesados, material radioativo, poluente ou tóxico;

- Barragens cuja crista é utilizada como via de transporte de importância para a interligação entre os diversos aglomerados urbanos, para o escoamento de materiais, produção agrícola e industrial e as atividades de comércio;
- Barragens cujo reservatório tem importância na economia e/ou sobrevivência de determinada região;
- Barragens sobre fundações muito deformáveis (argilas moles, solos colapsáveis, solos expansivos, etc.);
- Barragens sobre fundações muito permeáveis (aluviões, rochas muito fraturadas e sobre falhas geológicas).

Talvez seja necessária uma mudança ideológica no setor mineral, onde os riscos referentes à falha em barragem sejam mais estudados para que se pondere quanto ao desprendimento de recursos para investigação geotécnica, construção, operação e manutenção de barragens de rejeito (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

Para a análise de risco o ICOLD sugere a adoção dos seguintes procedimentos (MEDEIROS, 2013):

- Definição de objetivos;
- Avaliação das condições de segurança da barragem;
- Identificação do(s) evento(s) inicial(ais): internos ou externos;
- Identificação do risco;
- Avaliação da resposta do sistema aos riscos de: transbordamento, ruptura e incidente;
- Determinação do perigo potencial e dano associado decorrente da: liberação súbita do material do reservatório, em diversas magnitudes;
- Estimativa das consequências devido a: perdas de vida e danos econômicos e sociais;
- Avaliação do impacto da respectiva ruptura sobre a sociedade;
- Determinação da sequência de eventos a partir do evento inicial e a resposta do sistema. Definido como modo de ruptura (failure mode);
- Modos plausíveis de ruptura;
- Outro tipo de consequências com potencial para conduzir a um acidente significativo.

Um grande desafio enfrentado pelo setor mineral é à disposição de rejeitos, oriundos das fases de lavra e/ou beneficiamento. Estes materiais são dispostos normalmente em duas modalidades: pilhas de estéril e/ou barragem de rejeitos. Atualmente são discutidos os problemas relacionados com a disposição em barragem de rejeitos, as quais em caso de falha são potenciais causadores de grandes prejuízos ambientais, econômicos e sociais. (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

Com a crescente geração de rejeitos tem conduzido a um aumento significativo das estruturas armazenadoras, fazendo com que, atualmente, as barragens de rejeitos encontrem-se entre as importantes obras da mineração. Concomitantemente ao aumento das dimensões dessas barragens, os vários acidentes ocorridos com as mesmas despertam a atenção da comunidade técnico-científica e de autoridades governamentais para a questão de segurança destas obras (GUEDES; SCHNEIDER, 2017).

No Brasil, o rompimento de barragens de rejeitos minerários é o mais recorrente, no entanto, na Europa, Ásia e América do Norte, muitas barragens de água, voltadas a melhorar o abastecimento humano, se romperam no último século (MACHADO; AZEEZ, 2018).

E fazendo uma análise dos desastres já ocorridos no exterior verifica-se a grande importância dos sistemas de alerta precoce, os quais são capazes de proporcionar a evacuação dos locais atingidos e conseqüentemente mitigar o dano ambiental, bem como reflexo mais irreversível: a morte. Dentre os fatores de vulnerabilização a esses eventos estão as legislações negligentes (multas irrisórias, regulamentação precária), a corrupção dos agentes públicos, bem como fatores naturais, como solos instáveis e ausência de planejamento e tecnologias adequadas nas construções (ÁVILA; SAWAYA, 2012).

A legislação aplicável é vasta e os órgãos ambientais sofrem com a falta de pessoal qualificado para analisar os estudos de licenciamento, muitas vezes de qualidade duvidosa, posto que com o aumento da demanda, o mercado de consultoria ambiental cresceu, porém nem sempre vem atendendo aos requisitos exigíveis (TEIXEIRA, 2012).

Dessa forma, o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) tem tido um papel fundamental no processo de mitigação dos desastres decorrentes do rompimento de barragens. Fundado em 1962, esse órgão busca desde então agregar técnicos das

mais variadas especializações da área de recursos hídricos, mais especificamente da área de barragens, bem como, atuar junto aos poderes públicos e a sociedade (CASTRO, 2017).

Tais esforços há mais de cinquenta anos resultaram em uma legislação federal sobre segurança de barragens: a lei 10.334, de 20 de setembro de 2010 (ÁVILA; SAWAYA, 2012).

A atuação do CBDB na área de segurança de barragens promoveu e vem promovendo debates sobre barragens em seus seminários e simpósios, por meio de publicação de documentos técnicos consistentes com o objetivo de sanar ou mesmo minimizar os danos causados pela má operação de barramentos (HUMES, 2012).

E mesmo com toda essa luta, estudos, novas tecnologias e a criação da lei federal que versa sobre a segurança de barragens, ainda sim pode-se verificar alguns acidentes e incidentes durante o período de formulação e tramitação da Lei nº 12.334 (Tabela 1):

Tabela 1 - Acidentes e incidentes de barragens no Brasil.

MUNICÍPIO/ESTADO	ANO
Cataguases – MG	2003
Camará – PB	2004
Campos Novos – SC	2006
Miraí – MG	2007
UHE de Apertadinho – RO	2008
PCH Espora – GO	2008
Algodões I – PI	2009
PCH Bocaiuva	2010
Fundão-MG	2015
Hydro-PA	2018

Fonte: Adaptado de Medeiros (2013).

Tais acidentes e incidentes mostram que apenas leis não são a chave para a resolução do rompimento de barragens, visto que existem outras variáveis por traz que impedem tais desastres, como a melhoria na gestão do barramento e a aplicação tecnologias para diminuir o risco de ruptura (GUEDES; SCHNEIDER, 2017).

3.2.1 Barragens de rejeitos: Aspectos legais

As barragens de contenção de rejeitos de mineração são estruturas complexas e dinâmicas que requerem cuidados especiais na elaboração dos projetos de engenharia, operação, manutenção das estruturas, mesmo após a sua inativação (SABBO, ASSIS; BERTERQUINI, 2017).

Tais medidas são necessárias para minimizar ou mesmo evitar ao máximo acidentes ambientais de maior relevância. Na mineração o risco ambiental de maior relevância está associado às conseqüências para os recursos hídricos e à segurança da população vizinha. Outros riscos das minerações referem-se àqueles associados às características geotécnicas das cavas das minas e suas conseqüências na estabilidade de taludes e riscos de escorregamentos e desmoronamentos, riscos estes que implicam na segurança da operação da lavra e dos terrenos circunvizinhos a ela, podendo desencadear acidentes ambientais e sociais significativos (PRADO FILHO, 2016).

Apesar dos avanços obtidos na segurança de barragens, ainda não se domina o conhecimento sobre os mecanismos que conduzem aos incidentes e acidentes com ruptura em barragens. São muitas as incertezas, e crescente a utilização de modelos e simulações matemáticas quando ainda dependem de dados não confiáveis, inexistentes, sem tratamento e avaliação crítica por profissional qualificado, de equipes sem capacitação e treinamento técnico adequado para as atividades de operação e manutenção, sistemas de auscultação deficiente e/ou sem regularidade nas leituras, análises e interpretação, desorganização da documentação sobre a memória técnica da barragem, etc. (MEDEIROS, 2013).

Desse modo, surgem legislações que estabelecem meios e requisitos na tentativa de conhecer melhor o acervo de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água existentes e que poderão existir em empreendimentos industriais e de mineração, de forma a estabelecer procedimentos mínimos para o licenciamento de novas barragens nesses empreendimentos (SOUZA; SANTOS FILHO, 2015).

E importante salientar que o processo de licenciamento ambiental brasileiro é bastante complexo e considerado – ao menos formalmente – um dos mais rigorosos do mundo. Um exemplo disso é que apenas no Brasil – e em nenhum

outro país – é adotado um processo de licenciamento composto por três fases distintas (FONSECA, 2013).

E tendo em vista todos esses problemas ambientais decorrentes da má gestão política e ambiental, surge no Brasil após anos de luta e discussões, basicamente por ações do CBDB junto ao governo, a lei federal nº 12.334/2010, que versa sobre segurança de barragens (SABBO, ASSIS; BERTERQUINI, 2017).

A Lei 12.334/2010 aplica-se às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das características abaixo (ÁVILA; SAWAYA, 2012):

- I Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros);
- II Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos);
- III Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- IV Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

Esta mesma lei estabelece algumas definições relacionadas as barragens que são relevantes para o seu entendimento, visto em seu capítulo I, art. 2º, incisos I, III, V, VI e VII (BRASIL, 2010):

Art. 2º Para os efeitos desta Lei, são estabelecidas as seguintes definições:
I - barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas;
III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente;
V - órgão fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelas ações de fiscalização da segurança da barragem de sua competência;
VI - gestão de risco: ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos;
VII - dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem.

Sendo os fundamentos desta lei: a segurança de uma barragem deve ser considerada nas suas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro

enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros; a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais; o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la; a promoção de mecanismos de participação e controle social e, que a segurança de uma barragem influi diretamente na sua sustentabilidade e no alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais (MEDEIROS, 2013).

E os instrumentos: o sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado; o Plano de Segurança de Barragem (PSB); o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB); o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA); o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental; o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais e o Relatório de Segurança de Barragens (BRASIL, 2010).

Tendo o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) a função de coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar para a sociedade as informações relacionadas à segurança de barragens em todo o território nacional (MEDEIROS, 2013).

De acordo com Brasil (2010) na seção I, art.7º, parágrafo 1º e 2º estabelece que a classificação de barragens é definida por:

Art.7o As barragens serão classificadas pelos agentes fiscalizadores, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

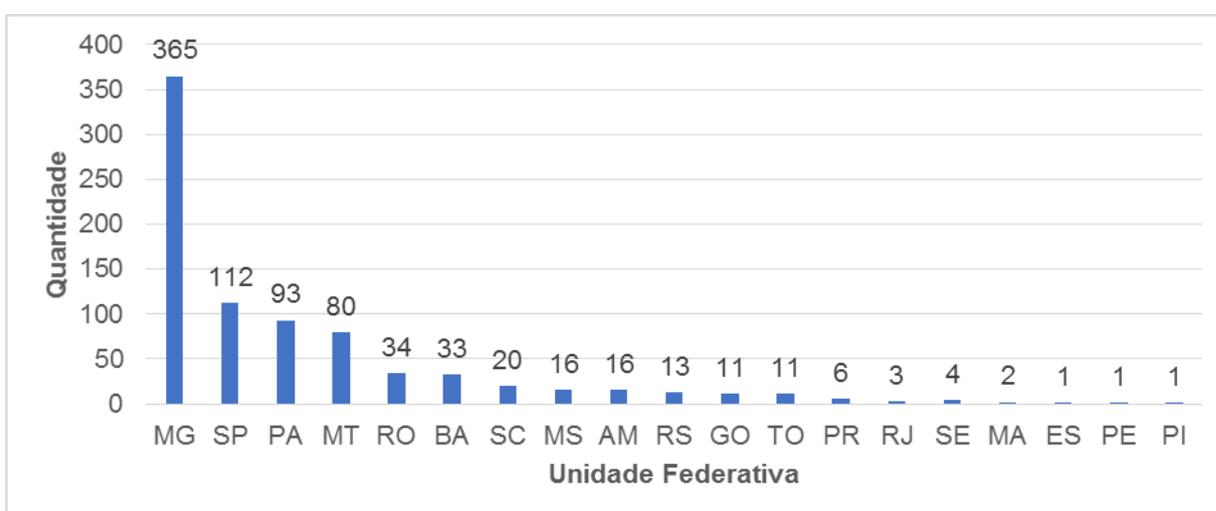
§ 1o A classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem.

§ 2o A classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem.

As barragens de maior risco potencial são aquelas que a altura do maciço (do ponto mais baixo ao mais alto da barragem) são maiores ou iguais a 15 metros, as que armazenarem resíduos perigosos (classe I), as que possuem a capacidade de armazenar volumes superiores a 3 milhões de cúbicos e as que forem categorizadas com dano potencial médio ou alto, em termo econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas (GUEDES; SCHNEIDER, 2017).

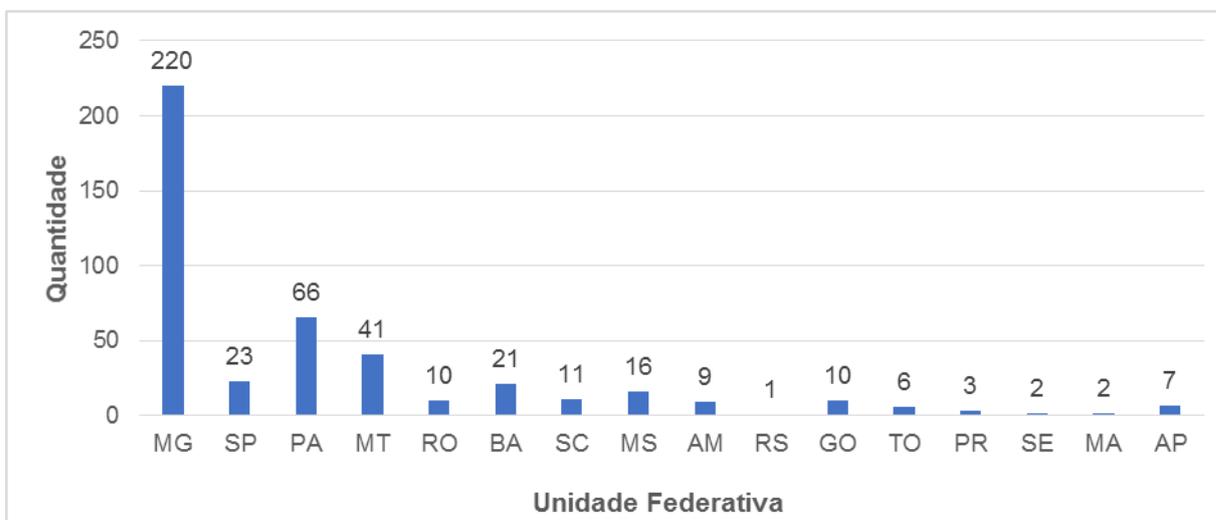
De acordo com o DNPM em seu cadastro nacional de barragens de mineração, data-base dezembro de 2016, há 839 barragens no Brasil (Figura 1), desse total 390 não estão inseridas no Plano Nacional de Segurança de Barragem (PNSB) e apenas 449 barragens estão incluídas no PNSB (Figura 2), em que podem ser observados dados como a localização dos depósitos de rejeitos, altura, a empresa proprietária, porte/volume (Figura 3), a categoria de risco (baixo, médio e alto) (Figura 4), e o dano potencial (baixo, médio e alto) (Figura 5) (GUEDES; SCHNEIDER, 2017).

Figura 1 - Barragens de mineração – Brasil por Unidade Federativa.

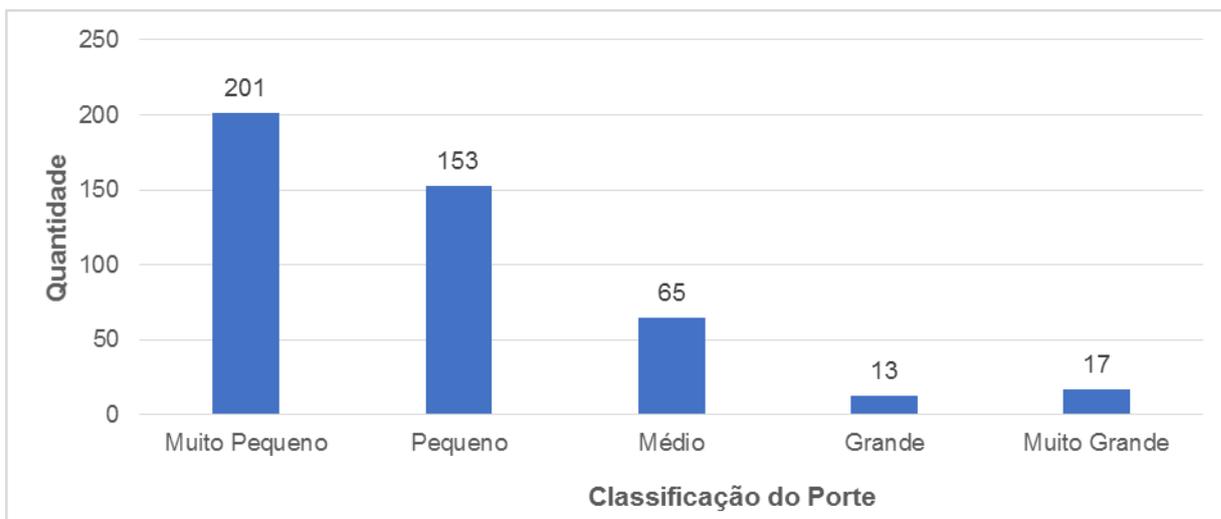


Fonte: (DNPM, 2016).

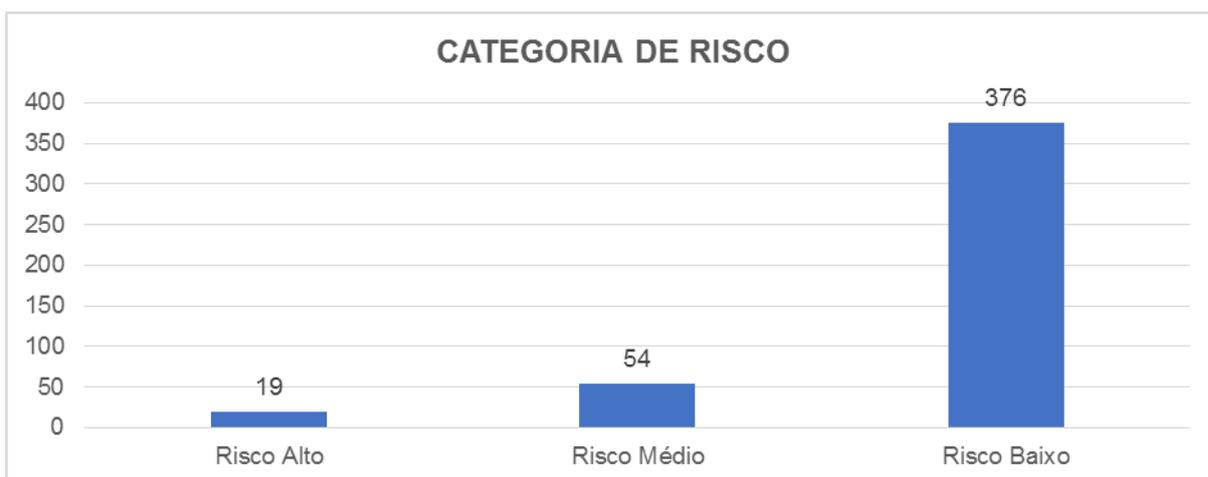
Figura 2 - Barragens inseridas no PNSB - Brasil por UF.



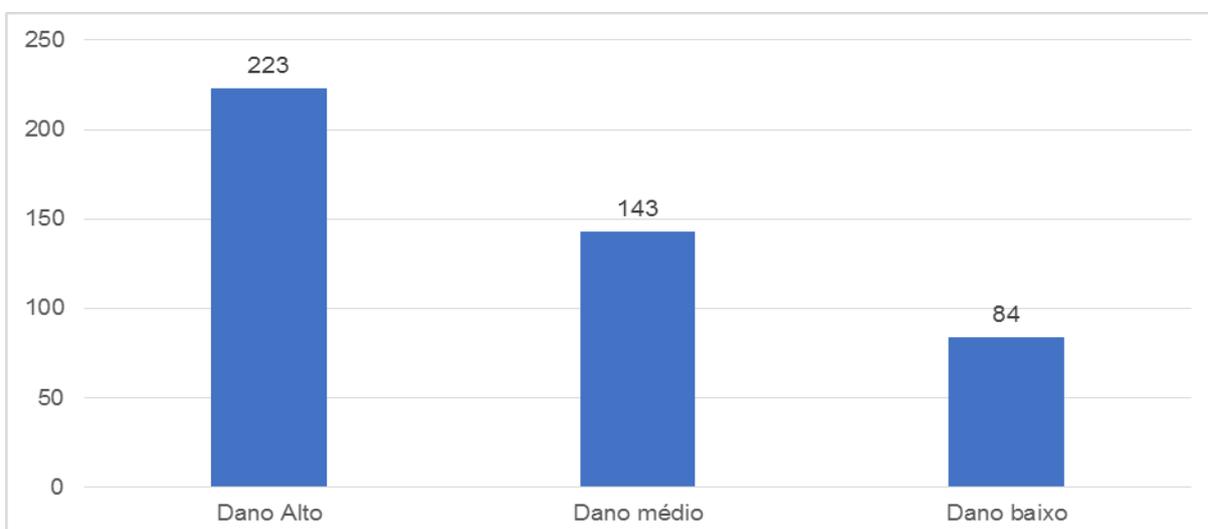
Fonte: (DNPM, 2016).

Figura 3 - Porte pelo Volume.

Fonte: (DNMP, 2016).

Figura 4 - Categoria de Risco.

Fonte: (DNPM, 2016).

Figura 5 - Dano Potencial associado.

Fonte: (DNPM, 2016).

Desse total existem no Brasil pelo menos 16 barragens de mineração que são inseguras segundo dados oficiais do Relatório do DNPM. O levantamento mostra que estas barragens estão localizadas em municípios do Estado de Minas Gerais, Amazonas e Pará (Quadro 1) (GERAQUE, 2015).

Quadro 1 - Barragens inseguras no Brasil, segundo DNPM.

NOME DA BARRAGEM	EMPREENDEDOR	PRINCIPAL SUBSTÂNCIA	ESTADO	MUNICÍPIO
Volta Grande 1	AMG MINERAÇÃO S.A	Tantalita	MG	Nazareno
Volta Grande 2	AMG MINERAÇÃO S.A	Tantalita	MG	Nazareno
Bocaina	GERDAU AÇOMINAS S.A.	Ferro	MG	Ouro Preto
B2	Imerys Rio Capim S.A.	Caulim	PA	Barcarena
B3	Imerys Rio Capim S.A.	Caulim	PA	Barcarena
Bacia Corpo B	Imerys Rio Capim S.A.	-	PA	Ipixuna do Pará
0-2	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
189	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
22	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
30-1	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
42	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
68-1	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
69	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
75-1	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
81-1	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo
Pau D'Arco	Mineração Taboca S.A	Estanho	AM	Presidente Figueiredo

Fonte: Geraque (2015).

Dentre as barragens listadas no Quadro 1 consideradas inseguras e com risco de rompimento, estão os barramentos da empresa Rio Capim Caulim S.A. B2 e B3 (já transbordada em 2007) que tem influência indireta na área de estudo, apesar de estar fora da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi. O Quadro 2 contém as características físicas das barragens de mineração que tem interferência direta e indireta sobre a bacia de estudo.

Quadro 2 - Características físicas das barragens de mineração em Barcarena.

BARRAGEM B1 (Código no SNISB: 583)	BARRAGEM B2 (Código no SNISB: 1290)
Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.	Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.
Altura: 3 m	Altura: 10 m
Volume (hm³): 0,080	Volume (hm³): 0,850
Categoria de risco: Não classificado	Categoria de risco: Não classificado
Dano potencial: Não classificado	Dano potencial: Não classificado
Latitude: 01°34'33.0"S	Latitude: 01°34'23.0"S
Longitude: 48°46'32.0"W	Longitude: 48°46'20.0"W
Agente fiscalizador: DNPM	Agente fiscalizador: DNPM
Estado atual: em operação	Estado atual: em operação
BARRAGEM B3 (Código no SNISB: 1291)	BARRAGEM B3 (Código no SNISB: 591)
Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.	Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.
Altura: 10 m	Altura: 2,5 m
Volume (hm³): 0,540	Volume (hm³): 0,014
Categoria de risco: Não classificada	Categoria de risco: Não classificada
Latitude: 01°34'14.0"S	Latitude: 01°34'33.0"S
Longitude: 48°45'25.0"W	Longitude: 48°46'20.0"W
Agente fiscalizador: DNPM	Agente fiscalizador: DNPM
Estado atual: em operação	Estado atual: em operação
BARRAGEM B4 (Código no SNISB: 593)	BARRAGEM B4 (Código no SNISB: 1292)
Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.	Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.
Altura: 4,5 m	Altura: 10 m
Volume (hm³): 0,056	Volume (hm³): 0,082
Categoria de risco: Não classificada	Categoria de risco: Não classificada
Latitude: 01°34'39.0"S	Latitude: 01°34'34.0"S
Longitude: 48°46'32.0"W	Longitude: 48°45'16.0"W
Agente fiscalizador: DNPM	Agente fiscalizador: DNPM
Estado atual: em operação	Estado atual: em operação
BARRAGEM B1 (Código no SNISB: 1289)	BARRAGEM 5B (Código no SNISB: 1294)
Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.	Barragem de rejeito: Contenção de rejeito de mineração.
Altura: 11	Altura: 14
Volume (hm³): 0,266	Volume (hm³): 0,245
Categoria de risco: Não classificada	Categoria de risco: Não classificada
Latitude: 01°34'27.0"S	Latitude: 01°35'2.0"S
Longitude: 48°45'1.0"W	Longitude: 48°44'56.0"W
Agente fiscalizador: DNPM	Agente fiscalizador: DNPM
Estado atual: em operação	Estado atual: em operação

Cont.

Barragem: Deposito de resíduos sólidos - DRS 1 (Código no SNISB: 2320)
Barragem de rejeito: Contenção de resíduos industriais.
Altura: 25
Volume (hm³): 40
Categoria de risco: Não classificada
Latitude: 01°33'3.0"S
Longitude: 48°43'3.0"W
Agente fiscalizador: SEMAS/PA.
Estado atual: em operação

Fonte: (SNISB, 2018).

Cabe aos agentes fiscalizadores a classificação destas barragens, por categoria de risco, por dano potencial associado e por seu volume. Estando a classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais. Por exemplo, o setor hidrelétrico terá suas barragens sob fiscalização da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o setor de mineração fica sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (MEDEIROS, 2013).

O mesmo autor explica que a lei coíbe a prática da má engenharia e a participação de atores não qualificados para a consecução de projeto, construção e operação de barragens. Isso determina a obrigatoriedade de elaboração do Plano de Segurança de Barragem e do Plano de Ação e Emergência, atentos a condição de risco potencial e o dano potencial associado, na eventualidade de um acidente com rompimento.

Sendo os responsáveis diretos pelas informações do SNISB são (ANA, 2018) (Figura 6):

- Agência Nacional de Águas (ANA), como gestora e fiscalizadora;
- Os órgãos fiscalizadores, conforme definido no Art. 5 da Lei N^o. 12.334 e,
- Empreendedores.

Figura 6 - Órgãos regulamentadores dos barramentos no Brasil.



Fonte: (ANA, 2018).

Os órgãos fiscalizadores, no âmbito de suas atribuições legais definidas no art. 16 da Lei de Segurança de Barragens, são obrigados a: i) manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB; ii) exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica, por profissional habilitado (CONFEA) / Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), dos estudos, planos, projetos, construção, fiscalização e demais relatórios citados nesta lei; iii) exigir do empreendedor o cumprimento das recomendações contidas nos relatórios de inspeção e revisão periódica de segurança; iv) articular-se com outros órgãos envolvidos com a implantação e a operação de barragens no âmbito da bacia hidrográfica e v) exigir do empreendedor o cadastramento e a atualização das informações relativas à barragem no SNISB (classificação) (BRASIL, 2010).

Esta classificação de risco usa dados das empresas responsáveis pelas barragens. É um conjunto de informações que acaba resultando em um conceito de segurança. A letra “A” significa que o estado da barragem é crítico para os quesitos de segurança considerados mais importantes, como a estrutura das construções.

Sendo classificação “B” risco considerável e “E” barragens menos perigosas (AMADOR, 2015).

O DNPM classificou as barragens de mineração em cinco classes: A, B, C, D ou E. Todas as informações utilizadas para esta classificação são de responsabilidade do empreendedor, inclusive as coordenadas das barragens (PRADO FILHO, 2016).

O mesmo autor expressa que, como órgão fiscalizador das barragens de rejeitos compete ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), fiscalizar a pesquisa e a lavra para o aproveitamento mineral, bem como as estruturas decorrentes destas atividades, nos títulos minerários concedidos por ela e pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Todavia com a promulgação da lei federal de segurança de barragem, a empresa assumiu também a atribuição de fiscalizar a implementação dos planos de segurança das barragens de mineração a serem elaborados pelos empreendedores.

Segundo o Art. 17 da Lei nº. 12.334, o empreendedor da barragem obriga-se a prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem; providenciar, para novos empreendimentos, a elaboração do projeto final como construído; organizar e manter em bom estado de conservação as informações e a documentação referentes ao projeto, à construção, à operação, à manutenção, à segurança e, quando couber, à desativação da barragem; informar ao respectivo órgão fiscalizador qualquer alteração que possa acarretar redução da capacidade de descarga da barragem ou que possa comprometer a sua segurança; manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem; permitir o acesso irrestrito do órgão fiscalizador e dos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) ao local da barragem e à sua documentação de segurança. . (MEDEIROS, 2013)

A principal finalidade disto é obter parâmetros que direcionem qual o melhor método, de modo a causar o menor impacto ambiental, estabelecendo com coerência e concordância o que pode ser feito utilizando todo e qualquer avanço tecnológico e conhecimentos científicos que favoreçam e permitam que tal estudo de projeto se torne viável e concebível (SABBO, ASSIS; BERTERQUINI, 2017).

É de fundamental importância uma correta e precisa avaliação dos projetos da barragem de rejeitos, vinculando todo tipo de variável que pode influenciar na obra, direta ou indiretamente, características como: sociais, hidrológicas,

topográficas, geotécnicas, geológicas, aspectos ambientais e as avaliações de riscos de ruptura ou contaminação para a sociedade, fauna, flora e rios (SOUZA; SANTOS FILHO, 2015).

Visto isto, entende-se que está muito longe a adequação necessária dos barramentos de rejeitos no Brasil. Os impactos causados à fauna, à flora, e à população, ainda persistem, pois não há a devida supervisão, carência de profissionais capacitados e habilitados para atuarem no setor, além das práticas de negligência. Porém os primeiros passos estão sendo dados, cabendo a população de modo geral, bem como o poder público atuar incansavelmente para assim permitir a tão sonhada idealização concreta de uma gestão eficiente (SABBO, ASSIS; BERTERQUINI, 2017).

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA ATIVIDADE MINERADORA

De acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986, em seu art. 1º define impacto ambiental como (BRASIL, 1986):

Art. 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

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

Tal definição exemplifica claramente o que ocorreu e ocorre no município de Barcarena, visto as empresas instaladas no pólo industrial de Barcarena que são consideradas de efetivo poder poluidor para os recursos ambientais, nesse sentido, se torna importante avaliar constantemente eventuais alterações da qualidade ambiental nesta região. Pois nela estão localizadas a baía do Marajó e o rio Pará que atuam como principal corpo receptor primário dos efluentes gerados nas atividades das diferentes empresas localizadas na área, entre elas a Usina Siderúrgica do Pará (USIPAR), Imerys Rio Capim Caulim (IRCC), Hydro Alunorte, entre outras (BAHIA *et al*, 2012).

Nesse sentido, o Estado do Pará contribuiu para o uso inconsciente do meio ambiente, que culminou nos danos ambientais observados hoje. Haja vista, o

complexo industrial Albras/Alunorte, que trabalha na produção de alumínio e alguns subprodutos, que teve o apoio para desapropriar aproximadamente 40.000 hectares de terras para a sua instalação. Onde enormes áreas foram desmatadas e a população local que antes utilizava os recursos naturais para a sua subsistência (caça e pesca), precisou adotar outras bases produtivas para a sua sobrevivência econômica. E não bastando, Barcarena ainda enfrenta problemas com a falta de serviços de saneamento básico, ausência de políticas habitacionais, serviços de saúde precários, poluição/contaminação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, causando prejuízos consideráveis à flora, fauna e saúde da população (MEDEIROS, 2016).

O que se observa na história econômica regional é que a exploração dos recursos naturais está servindo apenas para atender os interesses financeiros das grandes corporações transnacionais e dos principais centros consumidores no mundo, sem promover uma melhora significativa nas condições de vida da população local, deixando um legado de subdesenvolvimento, pobreza e devastação ambiental incontornável (WANDERLEY, 2012).

Isto caracteriza uma fragilidade das políticas de gestão compartilhada por todos os atores sociais e o poder público local e estadual, dividindo responsabilidades sobre o meio ambiente em questão. Visto que nos últimos trinta anos a indústria mineradora no estado do Pará vem ganhando fortes proporções, e com isso vem deixando um passivo ambiental grande, necessitando de uma demanda por políticas de caráter institucional legal capazes de dar suporte e garantir de qualidade de vida nessa região (SILVA; BORDALO, 2012).

E essa falta de fiscalização e controle tem permitido, às empresas instaladas, certa liberdade e despreocupação com os efeitos ambientais em relação a seus efluentes, rejeitos e resíduos gerados nos diferentes processos produtivos (BAHIA *et al*, 2012). A Tabela 2 expõem dados desse descaso dos órgãos públicos no município de Barcarena.

Tabela 2 - Acidentes ambientais ocorridos no município de Barcarena entre os anos 2000 a 2015.

ANO	ACIDENTES AMBIENTAIS
2000	Naufrágio da balsa Miss Rondônia, com derramamento de aproximadamente 2 milhões de litros de óleo BPF no rio Pará.
2002	Derramamento, no rio Pará, de cerca de 100 quilos de coque (pó preto derivado do petróleo, também conhecido como carvão mineral), devido a uma falha no sistema utilizado para transportá-lo de um navio para o interior do complexo industrial Albras/Alunorte, ocasionando uma mancha negra em suas águas de aproximadamente dois quilômetros de extensão.
2003	Vazamento de grande proporção de lama vermelha de bacias de rejeitos da Alunorte, acarretando contaminação do rio Murucupi, o que gerou a assinatura de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA) e inquéritos policiais.
2003	A localidade de Vila do Conde registrou episódio de uma chuva de fuligem, em que as praias, rios, residências e estabelecimentos comerciais foram completamente cobertos de material particulado com coloração preta, não tendo havido definição sobre a identificação da empresa responsável pela ocorrência, sendo que a fuligem, que chegou a atingir cinco centímetros de espessura, gerou reação alérgica e complicações respiratórias em grande quantidade de pessoas.
2004	Vazamento de grande proporção de material proveniente de bacias de rejeito na Imerys, ocasionando contaminação dos igarapés Curuperê e Dendê.
2006	“Floração de algas” no igarapé Mucuraçá e praia do Caripi.
2006	Novo vazamento de material proveniente de bacias de rejeito na Imerys com nova contaminação dos cursos d’água.
2007	Novo acidente ambiental envolvendo rejeito da empresa Imerys, desta vez de proporção ainda maior, atingindo até mesmo o rio Pará, o que gerou a assinatura de TAC com o MPPA, além de inquérito policial.
2007	Mortandade de peixes no rio Arienga, iniciando-se próximo à área industrial da Cosipar.
2008	Vazamento de óleo das instalações da Petrobras em Vila do Conde

Cont.

ANO	ACIDENTES AMBIENTAIS
2008	Naufrágio do rebocador Jeany Glalon XXXII, próximo à localidade denominada Furo do Arrozal, ocasionando o vazamento de aproximadamente 30 mil litros de óleo e uma mancha de cerca de 17 quilômetros de extensão.
2009	Vazamento de lama vermelha das bacias de rejeito da Alunorte, atingindo várias comunidades.
2010	Ocorrência de fenômeno de nuvem de fuligem que encobriu todo o bairro industrial do município.
2011	Rompimento de duto com efluentes ácidos da Imerys, atingindo, mais uma vez, os igarapés Curuperê e Dendê.
2012	Mais um vazamento de material das bacias de rejeito da Imerys.
2014	Novo vazamento de rejeito da Imerys, o que chegou a ser objeto de ação cautelar ajuizada pelo Ministério Público Federal (MPF) e MPPA na Justiça Federal de Belém, tendo havido posterior assinatura de TAC, que se encontra em fase de fiscalização do respectivo cumprimento.
2015	Naufrágio do navio Haidar, no leito do porto de Vila do Conde, com 5 mil bois vivos, que provocou graves impactos ambientais sobre toda a região, sendo a questão objeto de ação civil pública em andamento na Justiça Federal de Belém.

Fonte: (MPF, 2016a).

Não justificando os acidentes ambientais bem como a falta de fiscalização pública, mas a exploração mineral é uma atividade extremamente complexa, pois impreterivelmente provoca uma gama de transformações socioambientais, espaciais, econômicas, culturais e políticas que não respeitam um padrão, variando constantemente em espaços e tempos distintos (WANDERLEY, 2012).

Tais modificações podem ser observadas quando houve a instalação do complexo industrial, em que ocorreram vários incidentes/acidentes ambientais que impossibilitaram o uso da água por parte das comunidades ribeirinhas. Essa situação prejudicial fez com que as comunidades se mobilizassem no sentido de defender suas fontes de água. Fazendo protesto e interditando algumas vezes a PA-483, estrada que dá acesso a Vila do Conde ao Porto de Vila do Conde e ao Complexo Industrial de Barcarena, sendo a forma que os moradores utilizaram para

chamar atenção do poder público, das empresas e da imprensa sobre a degradação ambiental nos corpos hídricos próximos as empresas, como pode ser visto na Tabela 3 que elenca os acidentes diretamente ligados a empresa Imerys em Barcarena (MEDEIROS, 2016).

Tabela 3 - Acidentes diretamente ligados à Imerys entre os anos de 2004 a 2014.

ANO	ACIDENTE AMBIENTAL
2004	Vazamento de grande proporção de material proveniente de bacias de rejeito na Imerys, ocasionando contaminação dos igarapés Curuperê e Dendê.
2006	Novo vazamento de material proveniente de bacias de rejeito na Imerys com nova contaminação dos cursos d'água.
2007	Novo acidente ambiental envolvendo rejeito da empresa Imerys, desta vez de proporção ainda maior, atingindo até mesmo o rio Pará, o que gerou a assinatura de TAC com o MPPA, além de inquérito policial.
2011	Rompimento de duto com efluentes ácidos da Imerys, atingindo, mais uma vez, os igarapés Curuperê e Dendê.
2012	Mais um vazamento de material das bacias de rejeito da Imerys.
2014	Novo vazamento de rejeito da Imerys, o que chegou a ser objeto de ação cautelar ajuizada pelo MPF e MPPA na Justiça Federal de Belém, tendo havido posterior assinatura de TAC, que se encontra em fase de fiscalização do respectivo cumprimento.

Fonte: (MPF, 2016b).

Diante de todos esses acidentes, em 2014, a Universidade Federal do Pará (UFPA) mediante análises das águas superficiais e subterrâneas nas áreas afetadas, concluiu que a água consumida pela população da sede municipal e de 26 localidades do município estava com quantidades superiores de chumbo, alumínio, selênio e fósforo aos limites máximos apontados pela legislação brasileira. Que se forem ingeridos acumulam no organismo e causam distúrbios no sistema nervoso, anemia, doença cardiovascular, câncer, degeneração dos ossos, distúrbios na função renal e reprodução. E para agravar a situação, em 2015, uma vistoria e perícia feita pelo MPPA

confirmaram a precariedade do acesso à água em várias comunidades locais. (MPF, 2016a).

Em outro estudo realizado, especificamente nas comunidades de Vila do Conde e Curuperê o parâmetro que mais influenciou a qualidade das águas avaliadas foi o N- Nitrato, apresentando valores elevados nas duas comunidades, principalmente na Vila do Conde. E o seu consumo em águas de abastecimento pode causar efeitos adversos à saúde como a indução de metemoglobinemia e câncer. A presença desse composto se justificam pelos processos industriais, a urbanização realizada de forma desorganizada, escoamento agrícola, eliminação de resíduos, lixiviação e irrigação com água residual. Fato este que causa preocupação e obriga o governo local a fazer o monitoramento constante para saber se as condições das águas consumidas por essas populações podem estar contribuindo com o surgimento ou agravamento de enfermidades, pois esse consumo já vem de longa data (MEDEIROS, 2016).

O Centro de Perícias Científicas (CPC) “Renato Chaves” e Instituto Evandro Chagas constatou também que o incidente de 2007 provocou a poluição/contaminação das águas dos igarapés Curuperê, Dendê e praia da Vila do Conde foram alteradas quanto as suas propriedades físico-químicas tornando-as impróprias para o consumo humano e para o banho segundo a legislação ambiental. Outro laudo do CPC referente ao acidente ocorrido em 2014 reforça a ideia de que o uso do recurso hídrico no tratamento de rejeito da Imerys RCC impossibilitou o uso da água pelas comunidades, visto que as populações nativas utilizam as águas superficiais para consumo quanto para uso recreacional e pesca no rio Dendê, mesmo depois de meses de o incidente ter ocorrido (FERREIRA, 2015).

E início do ano de 2018 houve um novo vazamento na bacia do rio Murucupi, dessa vez provocado empresa mineradora Hydro Alunorte, em que técnicos do Instituto Evandro Chagas, do Ministério da Saúde, apresentaram o laudo comprovando que um depósito de resíduos transbordou, despejando uma quantidade ainda incerta de efluentes tóxicos no meio ambiente. O vazamento colocou em risco a saúde de moradores de, ao menos, três comunidades próximas. (Bom Futuro, Vila Nova e Burajuba), pois a análise de amostras do material colhidas no local aponta a presença de níveis elevados de chumbo, alumínio, sódio e outras substâncias prejudiciais à saúde humana e animal (PARÁ, 2018).

3.3.1 Empresas mineradoras: um caso Barcarena

Com a instalação da Albrás/Alunorte, diversas outras empresas começaram a se estabelecer na cidade de Barcarena (MORAES; FERREIRA NETO; SILVA, 2013). A exemplo da Pará Pigmentos e Imerys Rio Capim Caulim (IRCC), empresas do setor de caulim, ambas em 1996. Isto possibilitou a abertura para instalação posteriormente de empreendimentos comerciais e de serviços, no Município (SILVA *et al*, 2017).

Dessa forma, Barcarena deixou de ser um município de base agrícola e tornou-se um grande beneficiador industrial de produtos a partir da bauxita e caulim (BARROS, 2009).

A empresa Imerys Rio Capim Caulim S/A, é uma companhia brasileira ligada a Imerys Pigmentos de papeis, fornecedora de caulim para a indústria papelreira do mundo. O gigantesco grupo Imerys atua em 50 países e suas atividades operacionais se dividem em: a) minerais de alta resistência; b) filtração e desempenho de minerais e aditivos; c) materiais cerâmicos; e d) energia e especialidades (MONTEIRO, 2011).

Comprometida com a manutenção da ISO 14001, que define o que deve ser feito para estabelecer um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) efetivo, a Imerys se compromete com o monitoramento da flora e da fauna ao redor das minas e o reflorestamento (IMERYYS, 2017).

Sua planta industrial e porto estão situados na rodovia que dá acesso a Vila do Conde em frente ao bairro industrial, próximo ao Rio Dendê e a comunidade Ilha São João. A mina de extração está localizada no município de Ipixuna do Pará, de onde o caulim é transportado até a fábrica, em Barcarena, através de um mineroduto, inaugurado em 2002, com 158 km de extensão. Medida tomada para redução dos custos com transporte, encurtamento de tempo e redução dos riscos com acidentes ambientais durante o percurso (FARIAS, 2009). No entanto, a empresa nos últimos anos tem apresentado falhas no seu controle de rejeitos, provocando acidentes ambientais.

Já a Alunorte teve sua construção junto com a Albrás na década de 1980 e seu principal produto comercial é a alumina calcinada. Para Barcarena sua presença é sinônimo de geração de empregos, impostos gerados e cidadania. Visto que parte

do dinheiro que é oriundo na geração de emprego é gasto no próprio local (BARROS, 2009).

Hoje, Hydro Alunorte (Alumina do Norte do Brasil S.A.) é a maior empresa de refinaria de alumina do mundo, boa parte de sua produção é destinada a fábricas de fundição em diferentes partes do mundo, inclusive fábricas de alumínio da própria da Hydro. Uma das fábricas que recebe a alumina é a empresa vizinha Albrás, a segunda maior fábrica de alumínio do Brasil, com 1.200 empregados próprios e mais de 400 contratados. A Albrás é uma empresa conjunta, em que a Hydro detém 51 % de suas ações e a empresa NAAC (Nippon Amazon Aluminium Company) detém as ações restantes. Desde que foi inaugurada, em 1995, a refinaria passou por três expansões (HYDRO, 2018).

O Complexo do Alumínio em Barcarena-PA é composto pelas seguintes empresas multinacionais: a Hydro Norte (Albrás e Alunorte) e a Alubar. Cada empresa é responsável por um tipo de atividade que dinamiza o Complexo do Alumínio: na transformação da bauxita em alumina (Alunorte), 80% da produção é exportada, ficando apenas 20% na Região. Desses 20%, apenas 10% é transformada em alumínio na Albrás e os outros 10% é transformada em produtos como vergalhões e cabos de alumínio pela Alubar (MELO, 2015)

Barcarena é caracterizada por ser o maior porto industrial do estado do Pará, o Porto de Vila do Conde, que atende um importante complexo alumínico formado pelas empresas como a Hydro Alunorte, Alumínios de Barcarena S.A. (ALUBAR) e um pólo caulínífero constituído pela empresa Imerys Rio Capim Caulim S.A. E nos últimos anos, o derramamento de produtos químicos tem ocasionado vários acidentes ambientais e Vila do Conde vem tornando-se uma área potencial de risco de poluição. Isto, conseqüentemente, vem trazendo transtornos à população, principalmente àquela porção que se utiliza dos recursos pesqueiros como fonte de renda e alimento (PAZ, 2011).

Em 2003, houve um vazamento de lama vermelha do barramento da empresa Alunorte, atingindo as nascentes do rio Murucupi. Da nascente à foz do rio houve mudança na tonalidade das águas, com o aumento nos teores de alumínio e sódio e contaminação do aquífero (BABISK, 2015).

A presença dessas empresas traz conseqüências a vida social local, pois análises realizadas no rio Murucupi apresentaram parâmetros em não conformidade com a legislação ambiental em relação ao oxigênio dissolvido, a turbidez, o cloreto,

alumínio, ferro, cádmio e cobre. Conclusão esta, após o vazamento de efluentes da empresa Alunorte no rio Murucupi causando a mortandade de peixes em corpos hídricos próximos ao local do vazamento, répteis e outros animais terrestres (SILVA; BORDALO, 2010).

Com a Imerys, houve a infiltração do caulim no lençol freático em 2007. E em 2014, houve rompimento da bacia 5c. Já com a Alunorte, houve vários vazamentos e em 2002 houve uma poluição atmosférica (pó preto) na Vila do Conde. Posteriormente, houve um rompimento do mangote da ALUNORTE, o que causou à poluição dos recursos hídricos e conseqüentemente a mortandade de peixes no rio (SOUZA, 2012).

Em 2009, relatório divulgado pelo Instituto Evandro Chagas (IEC) revelou que o escoamento de efluentes da lama vermelha, liberados pelo transbordamento da bacia de rejeitos da Alunorte, em abril do mesmo ano, a mesma provocou alterações físicas e químicas nas águas do rio Murucupi. Essas alterações, conforme destaca o relatório, ocasionaram impactos ambientais com conseqüentes situações de risco para a saúde das populações e modificações na estrutura das comunidades bióticas da área afetada (FERNANDES; ALAMINO; ARAÚJO, 2014).

Outro desastre grave ocorreu no dia 13 de junho de 2007, em que aconteceu um vazamento na bacia de rejeitos nº 3 (BC3) da empresa IRCC. O vazamento de água e caulim - e alcançou os igarapés Curuperê e Dendê, chegando até as praias do Caripi, Conde e Itupanema, e provocou o remanejamento de famílias locais (SILVA, 2013). A figura 7 representa a Bacia nº 3 da IRCC.

Figura 7 - Bacia de rejeitos nº 3 da empresa Imerys



Fonte: (FERREIRA, 2015).

Os acidentes que se sucederam trouxeram efeitos em sentido duplo. De um lado, danos à natureza, à sociedade e às próprias empresas. Mas, por outro, houve provocaram respostas que se consolidaram na forma de ações do governo, de instituições públicas, da sociedade civil e das indústrias no município (SOUZA, 2012)

Não bastando, novamente no ano de 2014 a empresa Imerys se envolveu em mais um acidente ambiental grave no município de Barcarena. Na qual o Ministério Público Federal (MPF) no Pará e o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA) pediram a suspensão das atividades da mineradora (VALENTE; ABREU, 2016).

Assim, em maio de 2014, ocorreram novos vazamentos de rejeitos da empresa Imerys RCC. Peritos do MPE e MPF indicaram que uma das bacias de contenção da empresa – dessa vez é a bacia N° 5 – (PARÁ, 2015) originou o vazamento por meio de uma fissura constatada em uma de suas tubulações de Polietileno de Alta Densidade, fazendo com que parte do material transportado (polpa de caulim) percolasse pelo solo, encontrando um “caminho preferencial” que o levou até uma canaleta que integrava o sistema de drenagem pluvial da planta, fazendo com que chegasse ao Rio Pará (Figura 8) (VALENTE; ABREU, 2016).

Figura 8 - Esquema representativo do fluxo percolado no solo (cor azul) da substância química que veio a desaguar no Rio Pará.



Fonte: (VALENTE; ABREU, 2016).

A vistoria *in loco* feita pela promotora Viviane Lobato, junto com técnicos do Instituto Evandro Chagas e do Centro de Perícias Renato Chaves, comprovou a contaminação/poluição dos recursos hídricos locais (FERREIRA, 2015) (Figura 9).

Figura 9 - Contaminação dos corpos hídricos em Barcarena.



Fonte: (G1 PA, 2014).

No início do ano de 2018, a empresa Hydro Alunorte se envolveu em mais acidente no município de Barcarena. O Instituto Evandro Chagas acionado pelos Ministérios Públicos do Pará (MP-PA) e Federal (MPF) analisou se os reservatórios em que a empresa armazena toneladas de resíduos do processamento de bauxita tinham se rompido ou transbordado e não identificaram indícios de rompimento ou danos estruturais nos reservatórios, mas concluíram que estes estão operando no limite e que, com as chuvas, parte do material vazou, atingindo igarapés próximos (PARÁ, 2018).

É importante salientar que o setor de mineração, por ser uma atividade extrativista, naturalmente gera impactos ao solo e a biodiversidade em diversos níveis. Tais impactos podem ser oriundos da supressão vegetal necessária à extração e lavra dos minérios, uma vez que os produtos minerais muitas vezes se encontram abaixo de coberturas vegetais. Há ainda o usual caso de contaminação do solo em virtude de lançamento de resíduos tóxicos, que além de danos ambientais também acarretam uma série de impactos para comunidades no entorno (GOLÇALVES, 2015).

Os impactos socioambientais envolvendo a mineração são marcantes e críticos do ponto de vista da regulação do setor. A mineração é uma das atividades econômicas que mais poluem as águas superficiais e subterrâneas no Brasil e que mais usam intensivamente o recurso. Em 2012, foram consumidos mais de cinco quilômetros cúbicos de água. Além da água, outros impactos relevantes na biodiversidade estão relacionados a danos à fauna, à flora e contaminação do solo através dos resíduos (INESC, 2015).

No entanto, é necessário colocar em prática os instrumentos previstos na Política Nacional de Meio Ambiente, como medida de prevenção e a mitigação dos impactos contra a mineração, realizando um licenciamento ambiental eficaz, com base no planejamento do empreendimento consubstanciado (MECHI; SANCHES 2010).

3.4 SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL

O crescimento desenfreado dos municípios vem causando grandes modificações no ambiente e enfraquecendo continuamente os sistemas naturais que asseguram a vida na Terra. Dentre o principal fator relacionado a este fato, pode-se citar o aumento de degradação ambiental originado pelo não planejamento dos usos da terra que excedem sua capacidade de suporte (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Isto influencia diretamente na manutenção ou retirada do bioma nativo, bem como tem significativas implicações sobre a qualidade do solo, da água e das condições de vida da sociedade que pertencem a este ecossistema (SILVA; FRANÇA, 2013).

O levantamento do uso do solo torna-se interessante para a compreensão dos padrões de organização do espaço já que o conhecimento das alterações ambientais, provocadas pela ação antrópica, permite uma visão dos problemas existentes e produzem subsídios para gestão os recursos naturais (BARROS *et al*, 2014).

Isso porque o processo histórico de ocupação do território brasileiro consistiu na substituição da cobertura florestal nativa por atividades agropecuárias, baseando-se na exploração excessiva dos recursos naturais, desconsiderando sua importância ambiental e a sustentabilidade. Tal processo foi responsável por diversos problemas ambientais, destacando-se a significativa redução da qualidade dos solos e a

intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos (CUNHA, 2015).

A gestão eficiente de uma bacia hidrográfica é um fator básico e fundamental para o planejamento e uso racional de seus recursos naturais, principalmente o manejo eficaz da água que é um recurso de vital importância para os seres vivos. A administração desse recurso garantirá a preservação e conservação ambiental e conseqüentemente o desenvolvimento sustentável da área foco, criando meios mais eficazes para a tomada de decisão dos gestores (SÁ *et al*, 2010).

Assim, esta visão garante a identificação de áreas com presença de floresta remanescente, uso agrícola em diferentes intensidades e formas, pastagens e áreas com significativa alteração antrópica, para a compreensão do uso racional dos recursos naturais e das diretrizes a serem tomadas para cada uso (SILVA; FRANÇA, 2013).

É necessário enfatizar que o uso racional do solo deve ser baseado em atividades produtivas que considerem o potencial de terras para diferentes formas de uso, fundamentado no conhecimento das potencialidades e fragilidade dos ambientes, de forma a garantir a produção e reduzir os processos geradores de desequilíbrio ambiental, com base em tecnologias e técnica ambientalmente apropriadas. (BARROS *et al*, 2014).

E como meio para uma gestão eficiente tem-se a informação Geográfica, em seus diferentes componentes, que põe à disposição dados essenciais para a definição das políticas e adoção de medidas concretas para gestão dos recursos e atividades, nos mais diversos âmbitos de aplicação. Haja vista, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), considerado uma ferramenta transversal de aplicação multidisciplinar, de suporte às atividades de gestão e de apoio à decisão e ação, dada sua capacidade de integração de dados e análise espacial (BESSA; JULIÃO, 2016).

Os SIG's oferecem um conjunto de potencialidades no que se refere à cartografia ambiental, uma vez que a partir de toda a aquisição, manipulação e integração de informação, é possível a geração de cartas temáticas, possibilitando a relação dos elementos característicos do meio físico com os elementos socioeconômicos da bacia hidrográfica (FARIA; PEDROSA, 2005).

A caracterização morfométrica da área de estudo é de grande importância para estudos ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema (SCHMITT; MOREIRA, 2015).

Sendo uma das bases para o SIG, a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), lançada em 11 de fevereiro de 2000, um projeto conjunto entre U.S. Agencia Nacional de Inteligência Geoespacial e U.S Administração Nacional de Aeronáutica e do Espaço, que obteve quase 80% dos dados digitais de elevação da superfície da Terra. A produção de dados SRTM tem permitido avaliações globais, especialmente na extração de redes de drenagem e na limitação das áreas suscetíveis a inundações, além de dá apoio para a tomada de decisões fazendo uso de técnicas que permitem analisar e interpretar dados obtidos a partir da teledeteção (GÓMEZ, 2016).

Este monitoramento ambiental tem possibilitado a atuação racional do homem, diminuindo os efeitos prejudiciais ao meio físico, uma vez que o acompanhamento desta dinâmica permite o diagnóstico das mudanças ocorridas sobre o meio ambiente (BARROS *et al*, 2014).

Atualmente, os recursos para análises ambientais gerados a partir do uso de técnicas e ferramentas oferecidas pelo Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), têm auxiliado nos estudos que visam identificar as alterações sofridas com os avanços das ocupações antrópicas. Os SIG's permitem agregar informações espaciais e não espaciais, de natureza e formas diversas em uma única base de dados, possibilitando a derivação de novos dados e sua visualização na forma de mapas (SILVA; FRANÇA, 2013), que últimos anos, houve uma grande inovação nas imagens orbitais para uso comercial (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Entende-se por sensoriamento remoto a tecnologia que permite obter imagens - e outros tipos de dados - da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (BARROS *et al*, 2014), através da energia eletromagnética que possibilita caracterizar tais objetos. Assim, as imagens geradas pelos sensores remotos são utilizadas no mapeamento de grandes áreas (MENDONÇA, 2011).

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão

sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (ALBUQUERQUE, 2009).

Esse monitoramento implica em levantamentos de dados de um recorte da paisagem de uma área definida e com o uso de metodologia predefinida num momento inicial e num momento posterior para detectar mudanças que sustentem as tomadas de decisão de proteção à natureza e/ou apóiem planejamentos setoriais (LEAL; TODT; THUM, 2013).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma técnica de geoprocessamento que engloba o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, dentre outras. Sendo o geoprocessamento uma tecnologia de tratamento e manipulação de dados geográficos através de programas computacionais. Dessa forma, os SIG's são ferramentas capazes de manipular e operar os dados neles armazenados, reestruturando-os, fornecendo informações relevantes, facilitando a comunicação e tornando-a mais clara e direta (CASTRO *et al*, 2007).

Ou seja, o SIG é um sistema que compreende cinco componentes distintos, hardware, software, dados, procedimentos e recursos humanos, interligados entre si (SILVA *et al*, 2016), que faz uso integrado das geotecnologias possibilitando a elaboração de análises complexas que combinem diversos mapas com bancos de dados georreferenciadas (bancos de dados que possuem localização geográfica) (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2013).

As aplicações do SIG incluem (RAUEN, 2011):

- Uso do Solo: identificação dos diferentes usos do solo e classes de cobertura;
- Mapeamento da vegetação: utilizando o sensoriamento remoto para gerar informações sobre a distribuição
- Mapeamento da geomorfologia: é feita a discriminação das unidades de paisagem e as unidades de mapeamento são baseadas na litologia, no relevo, no padrão de drenagem, na vegetação natural e no uso da terra, juntamente com os elementos de imagem associados;

- Geologia e Hidrologia: interpretação preliminar de imagens de satélite para a demarcação dos limites litológicos, de lineamentos, e caracterização das diferentes unidades geomórficas.

E para análise e aquisição de dados, o SIG possui diferentes tecnologias geográficas como o CAD (Computer-Aided Design), o GNSS (Global Navigation Satellite System), e a detecção remota. Já o software SIG é representado por uma grande diversidade de aplicações informáticas de natureza livre ou comercial, dos quais se destacam, pela sua relevância, o ArcGIS, MapInfo, Geomedia, na categoria comercial, e QGIS, Grass e gvSIG, na categoria de código-fonte aberto. Entre as aplicações comerciais destaca-se o ArcGIS, desenvolvido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI), que é provavelmente o programa SIG mais completo e mais utilizado em todo o mundo, especialmente no que diz respeito à elaboração de cartografia temática. O ArcGIS agrupa uma variedade de aplicações através das quais se podem executar as diferentes tarefas de análise, edição, visualização e gestão de bases de dados, de acordo com os objetivos particulares de cada projeto SIG (SILVA *et al*, 2016).

Na detecção remota existem diversas técnicas que permitem extrair informações das imagens de satélite para caracterizar a ocupação do solo. A técnica de classificação permite transformar uma imagem de satélite numa carta temática, os objetos da superfície são agrupados de acordo com características espectrais, espaciais ou temporais homogêneos, atribuindo-se a cada pixel uma determinada classe ou categoria predefinida (ALBUQUERQUE, 2009).

Há SIG's mais voltados à estruturação de banco de dados espaciais, enquanto outros são desenvolvidos com foco em processamento de imagens; há sistemas voltados a análises espaciais (métricas, topológicas e geoestatísticas), enquanto outros são desenvolvidos para uma maior manipulação das feições geométricas nos mapas (Quadro 3) (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2013).

Quadro 3 - Principais softwares.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS SOFTWARES	
Quantum GIS (QGIS)	é um SIG livre muito utilizado internacionalmente, voltado à construção de bases cartográficas digitais em ambiente vetorial. Seu projeto teve início em 2002 e, por ser um aplicativo baseado em código aberto, os usuários auxiliam no seu desenvolvimento até hoje. Foi escrito em linguagem C++ e Python, funciona em diversos sistemas operacionais (Windows, MacOS e Linux) e suas funcionalidades podem ser estendidas por meio de diversos plug-ins.
SPRING	é um sistema desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com a participação de outras organizações. Pode ser instalado em ambientes UNIX e Windows e tem entre suas funções o processamento de imagens, administração de dados matriciais e vetoriais, consulta a bancos de dados e modelagem numérica de terreno. É composto por três módulos: IMPIMA, SPRING e SCARTA que servem, respectivamente, para editar e formatar imagens, manipular dados geográficos e gerar arquivos para impressão.
gvSIG	é um sistema que está evoluindo rapidamente e se tornando um SIG híbrido completo, isto é, com capacidade para processamento em ambiente vetorial e matricial. Uma grande vantagem deste sistema é a utilização do componente Sextante, no qual são disponibilizados vários recursos para análise espacial avançada.
ArcGIS	é um dos SIGs mais utilizados hoje em dia profissionalmente. Desenvolvido pela empresa ESRI, trabalha com mapas e informações geográficas. É utilizado para criar mapas, compilar dados geográficos, analisar informações mapeadas, compartilhar informações, gerenciar informações geográficas em um banco de dados, entre outras coisas;
Mapinfo	é um SIG capaz de fazer associação entre dados alfanuméricos (tabulares) e vetoriais (desenho), permitindo a espacialização dos dados de um projeto. É capaz de trabalhar com arquivos provindos da maioria dos softwares de banco de dados (Access, Excel, Oracle, entre outros), abrindo-os diretamente, e com arquivos vetoriais provindos de outros softwares, através da importação destes arquivos ou de sua conversão para formato MapInfo (*.tab). É desenvolvido pela Pitney Bowes.

Cont.

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS SOFTWARES	
Map 3D	desenvolvido pela Autodesk, o software AutoCAD, Map 3D proporciona acesso a dados de GIS e possui ferramentas de CAD que ajudam a aplicar padrões regionais e de disciplinas específicas.

Fonte: (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2013).

Assim, o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas apresentam-se de maneira satisfatória, gerando informações que subsidiam a análise mais completa da área de estudo e desta forma, enfatizam a grande expansão das atividades humanas sobre o ambiente (BARROS *et al*, 2014).

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento resultam em alertas quanto aos tipos de usos no entorno de uma bacia hidrográfica, visam o planejamento territorial ambiental, análise da fragilidade ambiental e dinâmica ecológica (LEAL; TODT; THUM, 2013).

E uma dessas informações é a representação gráfica chamada cartografia, que é conceituada como uma ciência, arte e tecnologia de fazer mapas, com a finalidade de representar e localizar áreas, objetos e fenômenos. Pois facilitam a orientação no espaço bem como o aumento do conhecimento sobre ele. O mapeamento de informações é uma metodologia frequentemente adotada para evidenciar padrões de uso e ocupação do solo. O geoprocessamento e o sensoriamento remoto são ferramentas importantes para observação, análise e quantificação das mudanças do uso da terra. (ROCHA; BARBOSA; SILVA, 2014).

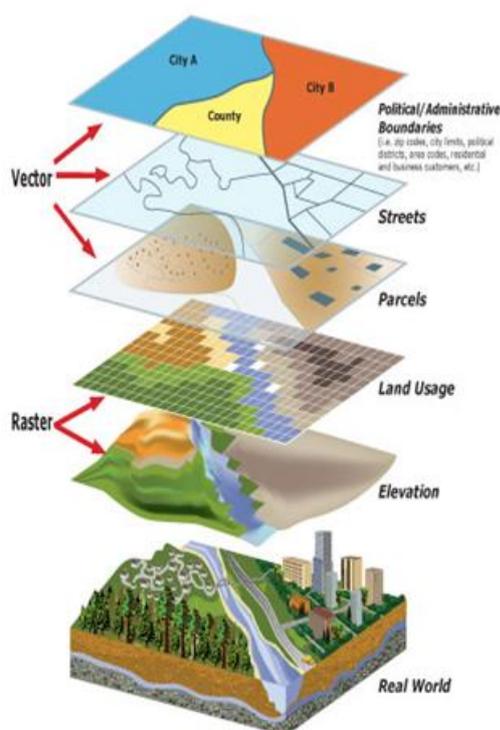
A cartografia digital e os Sistemas de Informações Geográficas introduziram um avanço tecnológico na coleção e armazenamento de dados para inventários, monitoramento, análise e simulação ambientais. Os mapas temáticos, em formato digital, passaram a ser armazenados num SIG como uma série de camadas georreferenciadas, onde cada camada ou plano de informação contém os atributos de um fenômeno espacial, ou seja, uma camada representando o solo, outra rede de drenagem, etc (RAUEN, 2011).

O propósito dos mapas temáticos é de mostrar as características estruturais de alguma distribuição geográfica particular (FRANCISCON, 2012). Um banco de dados alfanumérico complementa as informações espaciais que podem ser

analisadas através de superposição de camadas, modelagem, análise de rede, entre outros (RAUEN, 2011).

As diversas ferramentas disponíveis em um SIG permitem ao usuário trabalhar ao mesmo tempo com várias imagens (camadas) sobrepostas. Essas camadas podem ser vetoriais (shapefile) ou matriciais (raster) e podem carregar atributos que fornecem informações qualitativas ou quantitativas e que podem ser acessados a qualquer momento pelas ferramentas do ambiente (Figura 10) (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2013).

Figura 10 - Camadas (layers).



Fonte: (IRWMP, 2016).

O formato mais comum para uma camada vetorial é o Shapefile. Este formato possui uma série de arquivos utilizados para representar uma camada. O arquivo principal é o de extensão.shp que armazena a geometria das feições (pontos, linhas e polígonos) da camada (SILVA; MONTEIRO; PAMBOUKIAN, 2013).

Este sistema vem sendo desenvolvido há várias décadas e são agora utilizados em várias áreas e para diversos fins. São, na maioria dos casos, plataformas integradas que processam dados espaços-temporais sinteticamente a partir de diferentes recursos, permitindo o armazenamento dinâmico, análises e fornecendo às geociências a possibilidade de realizar até uma recolha mais inteligente de dados (FONSECA, 2012).

O SIG pode ser uma ferramenta poderosa de desenvolvimento de soluções para os problemas dos recursos hídricos, avaliação da qualidade da água e do solo, prevenção de inundações, compreensão do entorno natural e da gestão dos recursos naturais em escala local ou regional. E torna-se eficaz para a preparação de várias camadas digitais temáticas e mapas que apresentam a distribuição espacial e temporal de determinadas regiões (GÓMEZ, 2016).

E a partir destas análises temporais do SIG, surge o Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT). E difere-se de um Sistema de Informações Geográficas por permitir análises espaço-temporais – no caso, históricas – dos objetos mapeados e seus atributos. Enquanto os SIG convencionais são adequados e desenvolvidos para análises e estatísticas espaciais estáticas (MARTINS; SILVA, 2011).

Neste contexto, o conceito de tempo implica que todas as mudanças ocorram no presente, no passado ou no futuro da vida útil de um elemento do mundo real. Um SIG temporal, terá como objetivo entender essas mudanças e os seus efeitos ao longo do tempo, em vez de simplesmente reproduzi-las, mostrando uma sequência de instantâneos temporais (PEREIRA, 2014) e implementada por possibilidades de ferramentas computacionais de reconstituição do passado, análises espaciais do presente e funcionalidades para previsões futuras (ORTEGA, 2017).

De acordo com Pereira (2014), o SIG Temporal possui as seguintes funções:

- Inventário: Armazena uma descrição completa da área de estudo e de cálculo das mudanças, no mundo físico e de armazenamento no computador;
- Análise: Explica, explora, ou faz uma previsão dos componentes contidos e os processos de trabalho numa região;
- Atualização: Substitui informações desatualizadas por informações atuais;
- Controle de qualidade: Avalia se os novos dados são logicamente consistentes com versões e estados anteriores.

Nesse sentido, surgem alguns conceitos de definições de mapas (MARTINS; SILVA, 2011):

- Mapa antigo: aquele criado no passado e cuja representação já não mais é fiel ao que se observa no presente;

- Mapa histórico ou do passado: criado no presente, porém representando situações pretéritas;
- Mapa contemporâneo ou do presente: definição mais complexa. Porém, simplificando refere-se aos mapas que mesmo tendo sido produzidos no passado, hoje representam a situação atual;
- Mapa do futuro: criado no presente ou no passado, com o objetivo de representar uma situação que poderá existir no futuro, ou seja, que ainda não existe na visão do observador;
- Mapa temporal: criado para fazer representações de situações/cenários de diferentes períodos, seja do passado, contemporâneos ou do futuro.

Dessa forma, estes tipos de mapas permitem estabelecer técnicas de análise espacial e temporal introduzidas com o geoprocessamento que facilitam a integração e a espacialização dos dados de um grande número de variáveis, reduzindo a subjetividade nos procedimentos de análise e possibilitando a visualização dos dados e resultados finais (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Essa gestão e planejamento da área estudada são importantes para o conhecimento do espaço geográfico é um tópico indispensável para a sustentabilidade social, econômica e ecológica (SÁ *et al*, 2010).

Visto que o gerenciamento de recursos naturais trata de um conjunto de ações destinadas à regular o uso, o controle e a sua proteção, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Nesse contexto, o desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas com aplicações específicas tem sido cada vez mais comum proporcionando a aproximação do técnico operacional com a informação e sendo apresentado como uma ferramenta de grande valia no apoio à tomada de decisões (OLIVEIRA; CASTRO, 2011).

E esse planejamento ambiental torna-se instrumento de extrema importância para o cumprimento de políticas de meio ambiente, configurando-se como uma relevante ferramenta de diagnóstico e prognóstico para uma eficiente gestão ambiental (SCHMITT; MOREIRA, 2015).

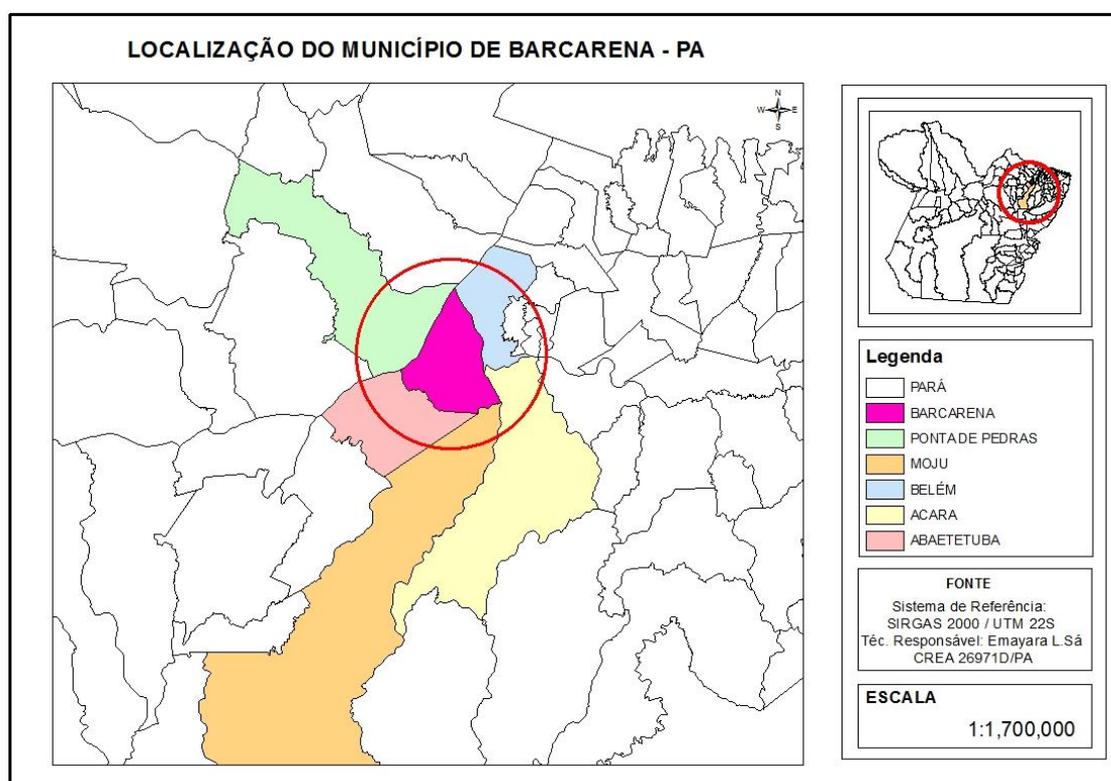
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

4.1.1 Localização da área de estudo

O município Barcarena está localizado na região do Delta do rio Amazonas sob as coordenadas geográficas de latitude 01° 30' 21" sul e longitude 48° 37' 33" oeste e faz parte da Região Metropolitana de Belém, fazendo divisa com os municípios de Acará, Moju, Abaetetuba e Belém (Figura 11), bem como com a Baía do Marajó e Baía do Guajará. Sua área total é de 1.310,588 km² e seu território é dividido por pequenas ilhas: Ilha das Onças, Ipiranga, Trambioca, Mucura, Arapari e outras (Figura 11) (CARMO; COSTA, 2016).

Figura 11 - Localização do município de Barcarena-Pa.



Fonte: (SÁ, 2017).

A região hidrográfica de Barcarena, da qual o Rio Murucupi está inserido, pertence ao sistema do estuário da Baía do Marajó, entre a cidade de Belém e a costa sul-sudoeste da Ilha de Marajó na porção sul da foz do Rio Amazonas (OLIVEIRA; LAFON; LIMA, 2016).

Essa área por sua vez, localiza-se no Município de Barcarena, na região nordeste do Estado do Pará no Baixo Tocantins, inserido na microrregião geográfica de Belém (SILVA *et al*, 2016), e sua divisão administrativa configura-se em: I - zona urbana; II – zona de expansão urbana; III – zona urbanizável; IV – zona rural e V -

Zona especial, que de acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Barcarena - PDDU (2006), em seu cap.II arts. 24, 27, 28, 29, 30 e 31 tem as seguintes definições:

I – Zona urbana ou perímetro urbano, a correspondente a área territorial da cidade sede do Município, das Vilas, dos Distritos de Vila do Conde e do Murucupi;

II – Zona de expansão urbana, a que se reserva para urbanização, localizada em área contígua à zona urbana, podendo, inclusive, localizar-se na zona rural;

III – Zona urbanizável, a que se reserva para urbanização, localizada em área distinta e separada de qualquer núcleo urbano.

IV – Zona rural, toda a área excedente do perímetro urbano, que se destina a utilização agrícola, pastoril ou extrativista.

V – As zonas especiais compreendem as áreas que exigem tratamento diferenciado na definição de parâmetros reguladores de uso e ocupação do solo, a serem definidas em leis específicas englobadas ou separadamente, em face à dinâmica do desenvolvimento da cidade e se classificam em:

- a) Áreas Especiais de Interesse Social;
- b) Áreas Portuárias;
- c) Áreas Industriais;
- d) Áreas de Preservação do Patrimônio;
- e) Áreas de conservação e proteção ambiental;

Parágrafo único. Considera-se área urbanizada aquela dotada de edificações e equipamentos públicos.

Art. 27. As áreas de interesse social classificam-se em:

I-ZEIS- A: Assentamentos habitacionais consolidados, surgidos espontaneamente e ocupados sem título de propriedade por população de baixa renda, carentes de infraestrutura urbana;

II-ZEIS-L: Áreas de loteamentos irregulares ou clandestinas consolidadas;

III - ZEIS- G: Áreas livres ou glebas de terra não utilizadas, não edificadas ou subutilizadas, adequadas à implantação de programas habitacionais de interesse social.

Art. 28. As áreas portuárias – ZAP - compreendem as áreas da área portuária de Barcarena e de seu entorno, que requerem tratamento diferenciado quanto à sua ocupação e instalação de usos, visando à contenção da densidade populacional, o bem-estar dos habitantes da cidade na convivência com os portos e a compatibilização com a legislação federal.

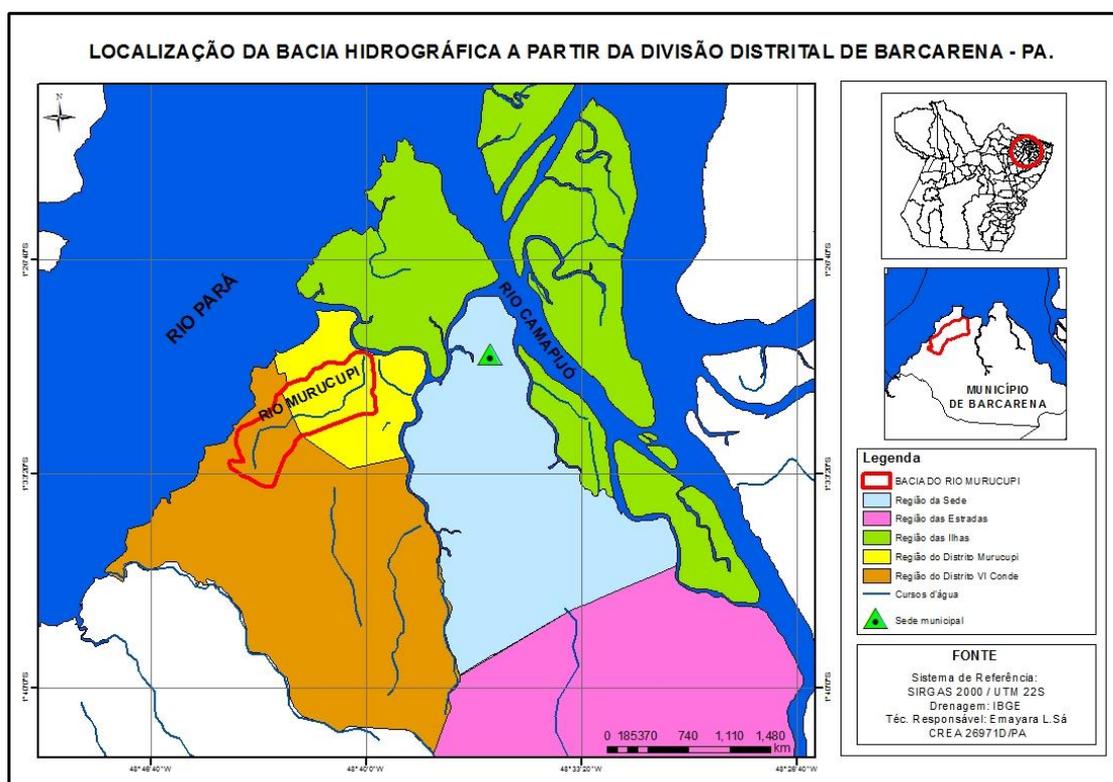
Art. 29. As Industriais - ZI - caracterizam-se por uso predominantemente industrial em especial com indústria de médio e grande porte ou indústrias de base e correlatas, por indústrias de impacto ambiental significativa, tendo como objetivo potencializar o uso industrial, exercendo também o controle ambiental. Art. 30. As de preservação do patrimônio – ZPP - compreendem áreas com significativo valor histórico, cultural, artístico, arquitetônico ou paisagístico, destinadas à preservação da memória e identidade do Município.

Art. 31. As de conservação e proteção ambiental – ZCPA - são áreas públicas ou privadas onde há interesse ambiental, paisagístico ou recreativo, necessárias à preservação do meio ambiente, à minimização dos impactos causados pela urbanização, nas quais o Município poderá instituir unidade de conservação, mecanismos ou incentivos para o uso e ocupação do solo, visando a sua conservação e preservação ou recuperação das condições ambientais benéficas.

Assim, de maneira prática o município divide-se em: sede municipal de Barcarena, distrito do Murucupi, distrito de Vila do Conde, região das estradas e

região das ilhas, estando a Região Hidrográfica do Rio Murucupi inserida nos territórios dos distritos de Vila do Conde e Murucupi (Figura 12) (SILVA, 2012).

Figura 12 - Divisão administrativa do município de Barcarena.



Fonte: Autor próprio (2017).

O rio Murucupi estende-se pelas áreas que correspondem ao distrito industrial Alumínio Brasileiro S.A (Albrás)/ Alumina do Norte do Brasil S.A (Alunorte-Vila do Conde), passando pela área de Vila dos Cabanos, bairro do Laranjal, São Lourenço, Boa Vista desembocando até o furo do Arrozal (SILVA; BORDALO, 2012).

A Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi possui uma área de 30 km² com perímetro de 29 km, seguindo sentido sudoeste a nordeste. É formada por um canal principal de 7 km de comprimento, o qual apresenta: quatro (4) igarapés e um (1) furo, situados à margem esquerda e vinte e seis (26) igarapés localizados à margem direita. O rio Murucupi é um tributário do furo do Arrozal, e este deságua no Rio Pará (Figura 12) (SILVA, 2012).

Esta localização interfere significativamente nas condições ambientais locais. Por se tratar de uma área insular, juntamente com o município de Abaetetuba, faz com que suas características ambientais sejam peculiares, principalmente em relação aos fatores climáticos, tais como temperaturas,

precipitação pluviométrica, direção e velocidade dos ventos e umidade (FERREIRA, 2015).

Na Região da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi estão inseridas empresas como a Albrás/Alunorte, Buritirama, Pará Pigmentos, Imerys Rio Capim Caulim, dentre outras, bem como áreas ocupadas por comunidades tradicionais e rurais e espaços de ocupação urbana, planejados ou não (BORDALO; SILVA; SANTOS, 2012).

O acesso ao município de Barcarena é realizado segundo Santos (2015):

O acesso a cidade de Barcarena pode ser feito partindo de Belém, via fluvial até as vilas de São Francisco e Cafezal ou ainda pelo Terminal Hidroviário de Barcarena, localizado na sede municipal ou mesmo partindo do Terminal Rodofluvial de Belém até o Terminal Hidroviário na Vila do Arapari, também conhecido como Porto do Arapari, e posteriormente em traslado terrestre pela rodovia PA-151 até o entroncamento com a PA-483, conhecido como Trevo do Castanhalzinho, de onde se prossegue pela PA-483 até o entroncamento da PA-481, território sob influência da área industrial do município. Já por via terrestre o deslocamento ao município é executado pela BR-316, até a interligação com a Alça-Viária, a partir desta seguindo pela rodovia PA-483.

Devido a sua localização e incentivos governamentais, Barcarena concentra um importante complexo minero-metalúrgico, indústrias metal-mecânicas, com destaque para a Alumínio Brasileiro S/A (Albrás), que beneficia alumínio primário, e a Alumina do Norte do Brasil S/A (Alunorte), atualmente a maior usina de beneficiamento de bauxita do mundo (IMERYS, 2017).

Há instalada também duas fábricas brasileiras de beneficiamento de caulim que fazem parte do grupo francês Imerys: a Pará Pigmentos S/A (PPSA), que em 2010 venderam 86,2% de sua participação no Pará para a empresa Imerys por cerca de R\$ 123 milhões, pertencente até então a empresa Vale S.A, e a Imerys Rio Capim Caulim (IRCC), que já esteve envolvida em pelo menos três acidentes ambientais, com vazamento de rejeitos industriais (CETEM, 2016). Por conseguinte, com a estrutura duplicada, a mineradora Imerys RCC, passou a ter a maior planta de beneficiamento de caulim do mundo e 71% de participação na produção de caulim no Brasil (IMERYS, 2017).

4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Os aspectos fisiográficos a serem apresentados a seguir foram desenvolvidos tendo como base a cidade de Barcarena-Pa, onde está localizado a

Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi. Destacaram-se as seguintes características físicas: clima, vegetação, solo e geomorfologia.

4.2.1 Clima

Estudos realizados pelas SEMAS (2017), através do método de Köppen identificaram três sub-tipos climáticos para o Estado do Pará: “Af”, “Am”, “Aw”. Tais sub-tipos pertencentes ao clima tropical chuvoso, caracterizando-se por apenas apresentar temperaturas médias mensais sempre superiores a 18° C e se diferenciam pela quantidade de precipitação pluviométrica média mensal e anual. Assim, o sub-tipo climático “Af” possui características como a de não apresentar estação seca e a precipitação do mês menos chuvoso é igual ou superior a 60 mm. Já o sub-tipo climático “Am” apresenta característica de clima de monção, com moderada estação seca e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm, sendo este subclima considerado como um clima intermediário entre “Af” (Quadro 4) e o “Aw” (Figura 13, pag. 69).

Quadro 4 - Classificação climática do Estado do Pará (método de Köppen).

TIPO CLIMÁTICO	SIGNIFICADO	OCORRÊNCIA REGIONAL
Af1	Representa a faixa de maior precipitação pluviométrica do Estado do Pará, com uma média anual superior a 3000 mm.	Ocorre em duas áreas, sendo uma à Noroeste da Ilha do Marajó e a outra na região de Santa Izabel do Pará, as quais abrangem aproximadamente 4.485 km ² ou 0.4 % do Estado.
Af2	Apresenta precipitação pluviométrica média anual, variando entre 2.500mm e 3000mm.	As áreas sob a influência deste sub-tipo localizando-se, basicamente à Nordeste e a Oeste do Estado, ficando uma pequena à Oeste da Ilha do Marajó. Essas Áreas totalizam 34.441 km ² , correspondendo a 2.7 % do Pará.
Af3	Este sub-tipo apresenta precipitação pluviométrica média anual, variando entre 2000 mm e 2500 mm.	Está representado por três áreas, sendo uma em São Domingos do Capim a outra em Breves, e a última em forma de arco localizada a Oeste do Estado do Pará, no limite com Estado do Amazonas. A superfície abrangida por esse subtipo é de 14.804 km ² ou 1.2 % do Território Paraense.
Am1	Este sub-tipo é caracterizado por apresentar precipitação pluviométrica média anual superior a 3000 mm.	Ocorre em três áreas; uma na parte Norte, Nordeste da Ilha do Marajó, outra na região de Soure e a última no litoral de onde se prolonga até Santa Izabel do Pará. Essas áreas somam 7.530 km ² e corresponde a 0.6 % do Estado.

Cont.

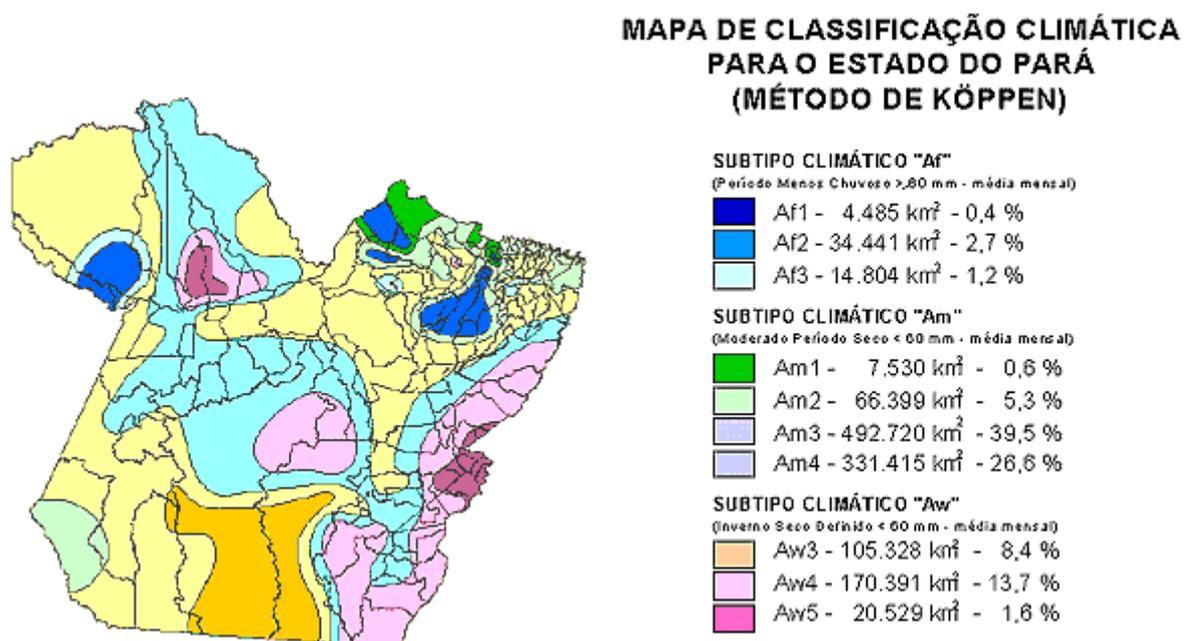
TIPO CLIMÁTICO	SIGNIFICADO	OCORRÊNCIA REGIONAL
Am2	Representa condições climáticas, onde a precipitação pluviométrica média anual variando entre 2500 mm e 3000 mm.	Ocorre basicamente, na faixa litorânea Paraense, com penetração para o continente. Também se verifica a ocorrência de uma pequena área, localizada nas mediações da confluência dos rios Tapajós e Juruena. Essas áreas correspondem a 66.399 km ² , ou 5.3 % do Estado do Pará.
Am3	Este sub-tipos climático, acha-se caracterizado por uma faixa, onde a precipitação pluviométrica média anual varia de 2000 mm à 2500 mm.	Está representado por duas áreas que totalizam 492.720 km ² ou 39.5%, sendo a maior área de abrangência no Estado. Elas estão assim localizadas: uma na parte Sul – Sudeste do Pará que se prolonga por quase toda a área limítrofe com os Estados do Amazonas e Roraima, além das Guianas, enquanto que a outra encontra-se mais ou menos centrada na parte Norte, com ramificação mais pronunciada nas direções Nordeste e Noroeste, onde chegam a fazer limites com os Estados do Maranhão e Amapá, respectivamente.
Am4	É o sub – tipo climático caracterizado por apresentar total Pluviométrico, médio anual, variando entre 1500 mm e 2000 mm.	Está representando por uma faixa irregular, que ocorre predominantemente na direção Noroeste – Sudoeste do Estado. Em termos de extensão é a segundo maior área correspondendo a 331.415 km ² ou 26.6 %.
Aw3	Este sub-tipos climático está condicionado a valores de precipitação pluviométrica média anual, que variam de 2000 mm a 2500 mm.	Está representado por uma única área que se acha localizada no extremo Sul do Pará, limite com o Estado do Mato Grosso. Quando a sua superfície, abrange 105.328 km ² ou 8.4 % do território Paraense.
Aw4	As condições climáticas deste sub-tipo, estão regidas por totais pluviométrico média anual , que vão de 1500 mm a 2000 mm.	São encontradas quatro áreas com essas características. Destas três são de pequena extensão e se acham localizadas uma na Ilha do Marajó (Ponta de Pedra); outra no médio Amazonas (Abrangendo Monte Alegre, Prainha, Cercanias); e a terceira na parte central do Estado. A quantidade de área de maior extensão, é representada por uma faixa que abrange a parte Leste, Sudeste do Pará, fazendo limite com os Estados do Maranhão e Tocantins. Elas somam 170.391 km ² , o que corresponde a 13.7 % da superfície estadual.

Cont.

TIPO CLIMÁTICO	SIGNIFICADO	OCORRÊNCIA REGIONAL
Aw5	Neste sub-tipo climático, ocorrendo o menor índice Pluviométrico médio anual do Estado, compreendendo valores que estão entre 1000 mm a 1500 mm.	Acha-se representado por duas pequenas áreas, estando uma localizada no município de Alenquer e suas cercanias, enquanto que a outra, situa-se na fronteira do Pará com o Estado do Tocantins, nas mediações do Bico do Papagaio. Estas áreas totalizam 20.529 km ² correspondendo a 1.6 % do Estado do Pará.

Fonte: SEMAS, 2017.

Figura 13 – Mapa de classificação climática do Estado do Pará (Método de Köppen).



Fonte: SEMAS, 2017.

De posse das informações as características climáticas apresentadas para a bacia hidrográfica do Rio Murucupi são as mesmas do município de Barcarena, onde a mesma está localizada. A região de Barcarena possui o clima quente e úmido, classificado de acordo com o método de Köppen, como clima de floresta tropical úmida, do tipo Af (NEVES, 2002). A temperatura média anual é de 27° C, com amplitude térmica mínima. Precipitações abundantes ocorrem mais nos seis primeiros meses e, menos intensamente, nos últimos seis meses do ano (MEDEIROS, 2012). As chuvas são abundantes, havendo mais de 270 dias com ocorrência de chuvas no ano. O período mais chuvoso vai de janeiro a abril, e o

período mais seco corresponde aos meses de agosto a novembro. A média anual de chuvas situa-se entre 2.700 e 3.000 mm, enquanto que os meses mais secos apresentam médias inferiores a 60 mm (VALE, 2007). O mês de menor precipitação é o de outubro e o de maior precipitação é o de março. A região de Barcarena, por ser quente e úmida é possui muita instabilidade atmosférica, com forte convecção e precipitação na forma de pancadas (NEVES, 2002).

O mês com menos horas de sol é fevereiro, com aproximadamente 100 h. O mês com mais horas de sol é agosto, com aproximadamente 250 h. A nebulosidade indica a presença de nuvens e pode ser medida numa escala que varia entre 0 décimos e 10 décimos. A nebulosidade média anual é de, aproximadamente, 7 décimos, e nos meses de fevereiro a abril, aumenta para 8 décimos. Nos meses de julho a setembro, o céu é mais limpo (menos nuvens), com nebulosidade média mensal entre 5 e 6 décimos. Os ventos predominantes vêm de Leste (E) - de Barcarena em direção ao rio Pará, e de Nordeste (NE) - de Belém em direção à Abaetetuba. A velocidade média dos ventos é de 2,5 m/s, sendo considerados de fracos a moderados (VALE 2007).

4.2.2 Vegetação

A vegetação presente em Barcarena é constituída essencialmente pela floresta equatorial subperenifólia, que se caracteriza por apresentar aspecto e estrutura variada, com algumas espécies que perdem parcialmente a folhagem na época de menor índice pluviométrico do ano (SANTOS *et al*, 2003a). Este tipo de vegetação é denominado de floresta densa de terra firme ou floresta tropical úmida. De acordo com a classificação adotada pelo IBGE (VELOSO E GÓES FILHO, 1982), esta vegetação é classificada como floresta ombrófila densa. Vale ressaltar, no entanto, que estas classificações referem se à vegetação primária.

Há também a presença de vegetação secundária, conhecida como capoeira, da qual apresenta distinção expressiva da vegetação primitiva, e em especial no que se refere a sua composição florística (SILVA, 2012), resultante da ação antrópica, advindas das atividades agrícolas, extrativas, madeireiras e industrial da área em estudo, impactando também a fauna local (SANTOS *et al*, 2003b).

Estas alterações da cobertura vegetal ocorrem nas áreas de terra firme, igapó e várzea, no distrito de Murucupi, Sede municipal e Vila do Conde onde

destacam-se as ações das empresas instaladas, além da expansão dos movimentos de ocupação urbana. Na zona rural, principalmente nas Estradas e Ilhas, as ocorrências devem-se aos usos das comunidades feita pela extração da madeira para fins de subsistência, plantios agrícolas, produção de carvão, cercados, pontes dentre outras finalidades. No entanto, no município ainda há remanescentes florestais de terra firme espaçadas, assim como ocorrem as matas ciliares, mangues, florestas de igapó ao longo das margens dos rios, igarapés e ilhas (SANTOS, 2015).

A floresta equatorial higrófila de várzea ocorre em menor proporção e caracteriza-se por apresentar espécies adaptadas ao excesso de água. Neste tipo de vegetação é marcante a predominância de palmáceas como o açazeiro (*Euterpe oleracea mart*) (Figura 14a), e o buriti (*Mauritia flexuosa*) (Figura 14b). A classificação do IBGE para este tipo de vegetação é denominada floresta ombrófila densa de planície aluvial (SANTOS *et al*, 2003a).

Figura 14 – Espécies vegetais de açazeiro (*Euterpe oleracea mart*) e buriti (*Mauritia flexuosa*).



Fonte: Pinheiro (2017).

Fonte: John (2015).

Na bacia hidrográfica do Rio Murucupi, a vegetação secundária está espacializada em diferentes áreas e apresenta-se com maior destaque nas regiões

onde há atuação da sociedade. Já a floresta equatorial higrófila de várzea está presente nas margens dos cursos d'água do rio Murucupi, em que existem espécies vegetais como a aninga (*Montrichardia linifera*) (Figura 15), uma macrófita aquática, largamente distribuída nas várzeas amazônicas e encontrada em vários ecossistemas periodicamente inundáveis, como as margens de rios, furos e igarapés. Em pequena proporção, há seringueira (*Heveas brasilienses*) (Figura 16), na comunidade do Arrozal, e a andiroba (*Carapa guianensis*) (Figura 17), na propriedade de alguns moradores do Sítio São Lourenço. A mamorana (*Bombax aquatica Schum*), pertencente à família bombacácea, mururé (*mercúrio-vegetal*, e o *Brosimum Acutifolium*, *Brosimopsis Acutifólia* e *Piratinera Acutifolia*) também compõem a cobertura vegetal ao longo das margens do Rio Murucupi. As palmáceas, como o açazeiro (*Euterpe oleraceamart*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*) se apresentaram com grande destaque ao logo das margens (direita e esquerda) do Rio Murucupi, da foz até a ponte da Avenida Cônego Batista Campos. (SILVA, 2012).

Figura 15 – Espécie vegetal de aninga (*Montrichardia linifera*).



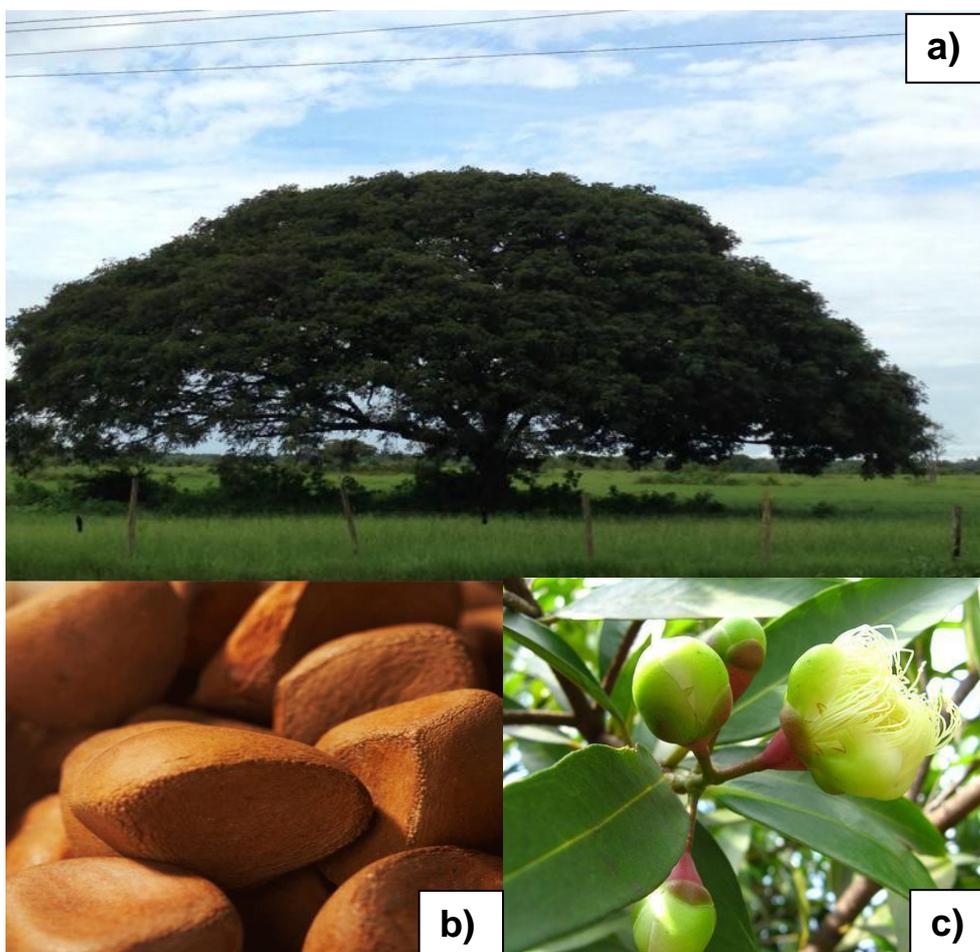
Fonte: Teixeira, Siqueira e Cattanio (2014).

Figura 16 – Espécie vegetal seringueira (*Heveas brasilienses*).



Fonte: (SOMAIN; DROULERS, 2016).

Figura 17 – Espécie vegetal andiroba (*Carapa guianensis Aubl*, a), sementes (b) e inflorescências (c).



Fonte: Capiberibe (2015). Império das essências (2016). Benefícios das plantas (2017).

4.2.3 Solo

Devido à falta de informações a respeito das características físicas do solo em Barcarena, neste trabalho foram utilizados como fonte principal dois estudos realizados pela Embrapa no ano de 2003 na presente área de estudo.

No Município de Barcarena são encontrados os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho Amarelo, Cambissolos, Argissolo Amarelo concrecionário, Neossolos e Espodosolos (SANTOS *et al*, 2003b). Estudos realizados em Barcarena comprovaram a maior presença de solos como o Latossolo Vermelho Amarelo em uma superfície de coleta 35,75 km², Argissolos Amarelos como componente principal, em uma superfície de coleta de 467,99 km²; Cambissolo Háplico em uma área de coleta de 84,44 km² e Neossolo Flúvico, em uma superfície de coleta de 204,05 km² (SANTOS *et al*, 2003a).

Na área da bacia, tem o predomínio de solo argiloso amarelo do tipo distrófico típico, com textura arenosa mediana a moderada e presença de um relevo caracteristicamente ondulado, bem como solos argilosos vermelho amarelo, do tipo distrófico concrecionário, com textura arenosa média. (SILVA, 2012).

Dessa forma, os solos encontrados no município de Barcarena apresentam as seguintes características:

Os Latossolos Vermelho Amarelos mapeados são bem drenados, profundos, porosos, friáveis e de textura argilosa. Ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado sob vegetação de floresta ou vegetação secundária. As principais limitações ao uso agrícola desses solos são a baixa fertilidade e elevada acidez, relevo e a presença de concreções lateríticas que interferem no preparo e desenvolvimento radicular das culturas. Como a maior parte desses solos apresenta limitações de ordens física e química, podem ser utilizados no seu estudo natural para formação de pastagens e silvicultura (SANTOS *et al*. 2003b).

Os Argissolos Amarelos compreendem solos formados por material com argila de atividade baixa. A profundidade é variável, podendo ser fortemente a imperfeitamente drenados, de cores bruno amareladas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A classe de textura varia de arenosa a argilosa. São fortemente a moderadamente ácidos. As propriedades morfológicas dos Argissolos Amarelos estão caracterizadas pela textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/muito argilosa e arenosa/muito argilosa. Esses solos

ocorrem em áreas de relevo plano a suave ondulado e podem ser utilizadas em atividades agrícolas, desde que sejam corrigidas as deficiências de nutrientes essenciais às culturas, assim como, a devida correção do alumínio nocivo às mesmas (SANTOS *et al.* 2003a).

Nas áreas de várzeas do Município de Barcarena, os solos estão representados pelos Neossolos Flúvicos, que compreendem solos mal drenados, de textura indiscriminada. São solos de fertilidade natural baixa, resultante de um pH fortemente ácido; baixos teores de bases trocáveis e altos teores de alumínio extraível (Al). Os teores de fósforo são também baixos. Pelo fato de ocuparem as planícies aluviais, apresentam limitações ao uso agrícola por sofrerem inundações periódicas, podendo ser utilizadas com culturas adaptadas ao excesso de umidade (SANTOS *et al.* 2003b).

Os Espodossolos compreendem solos minerais, e sua cor varia de cinzenta até preta. São desenvolvidos principalmente de materiais arenoquartzosos, sob condições de umidade elevada, em relevo plano a suave ondulado, sob os mais diversos tipos de vegetação. No Município de Barcarena esses solos estão associados aos Argissolos Amarelos Distróficos, textura arenosa/média (SANTOS *et al.*, 2003a).

Os Cambissolos que ocorrem na área mapeada variam de bem drenados a moderadamente drenados, são porosos, friáveis e de textura média. São solos de fertilidade natural baixa, resultante de um pH fortemente ácido. As principais limitações ao uso agrícola desses solos são: deficiência de fertilidade e a oscilação do lençol freático durante o período de inverno, representa, portanto, fortes limitações ao uso agrícola, com culturas de ciclo longo (SANTOS *et al.* 2003b). São solos minerais caracterizados pela coloração bruno a bruno amarelada até vermelho escura e ocorrem sob vegetação de floresta, equatorial subperenifália, em relevo variando de plano e suave. Esses solos apresentam baixo nível de fertilidade natural, fato esse que sugere a necessidade de aplicação de corretivos e fertilizantes para elevar o pH, eliminar a toxidade do alumínio e elevar a saturação por bases para mais de 60%, a fim de aumentar a reserva de nutrientes essenciais às plantas. Alguns Cambissolos apresentam características morfológicas semelhantes às dos Latossolos (SANTOS *et al.* 2003a).

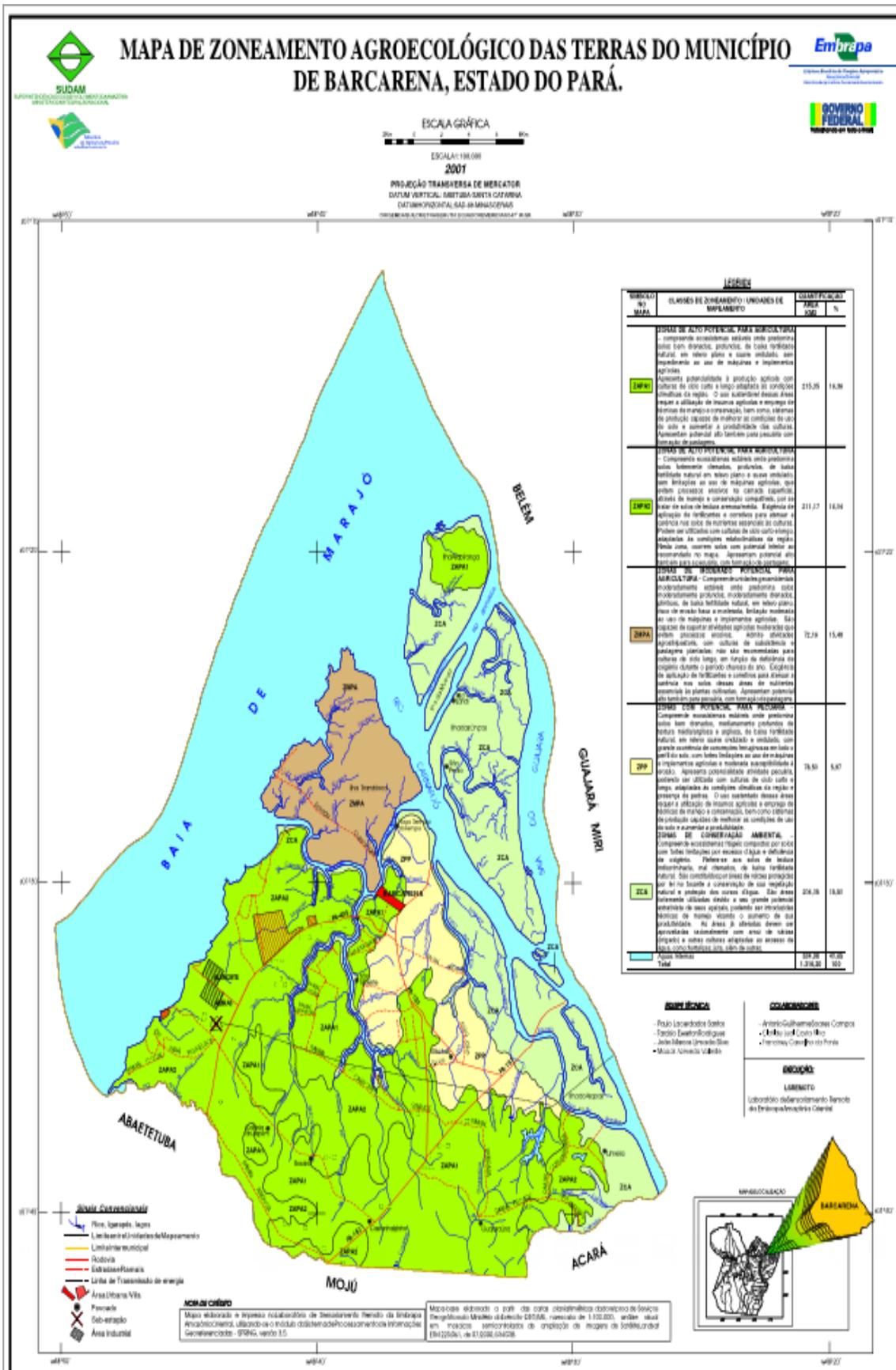
Dessa forma de acordo com o mesmo autor, pode concluir que o nível de fertilidade natural dos solos no município de Barcarena é baixo, com sérios

problemas nutricionais e de toxidez por alumínio extraível. Sendo a principal limitação quanto ao uso dos Argissolos e Cambissolos típico o baixo nível de fertilidade natural; enquanto que, nos Latossolos Vermelho Amarelos concrecionários, é a presença de grandes concentrações de cascalhos e calhaus, muitas das vezes, formando bancadas. Já nos Cambissolos plínticos e nos Neossolos, o problema existente é a baixa fertilidade natural e o alto nível de toxidade de alumínio e a drenagem deficiente.

Assim, os Argissolos e Cambissolos típicos podem ser utilizados em atividades agrícolas, corrigindo-se a deficiência de nutrientes e a eliminação da toxidez, devido ao alumínio, enquanto que, os Latossolos Vermelho Amarelos, concrecionário, devem ser utilizados para pastagens. Os Espodossolos são indicados para preservação. E os Cambissolos plínticos e os Neossolos Flúvicos, para que possam ser utilizados na agricultura, devem ser empregados práticas de drenagem, para eliminação de excesso d'água durante o período chuvoso, além da necessidade de aplicação de corretivos e fertilizantes (SANTOS *et al.* 2003b).

A relação entre as exigências pedoclimáticas essenciais ao bom desenvolvimento da cultura, as condições de clima, as propriedades e as qualidades dos solos mapeados, permitiram a delimitação das Zonas de Alto Potencial para Agricultura (ZAP1) e Zonas de Alto Potencial para Agricultura (ZAP2) (Figura 18), com as mais propícias utilizações para as atividades agrícolas. Já as Zonas de Moderado Potencial para Agricultura (ZMPA), onde predorninam solos moderadamente profundos, moderadamente drenados, plínticos e de baixa fertilidade natural, é indicada para culturas de ciclo curto e pastagens plantadas; não recomendada para culturas de ciclo longo, em função do excesso de umidade durante o período chuvoso do ano (Quadro 5, pág. 79) (SANTOS *et al.* 2003b).

Figura 18 – Zonas agroecológicas de Barcarena-PA.



Fonte: Santos et al (2003b).

Quadro 5 - Culturas recomendadas para o município de Barcarena-PA.

Culturas anuais	Culturas de ciclo longo	Frutíferas	Essências florestais	Hortícolas
Arroz	Cacau	Melancia	Mogno	Batata-doce
Milho	Café	Abacaxi	Andiroba	Berinjela
Feijão	Pimenta-do-reino	Abacate	Taxi-branco	Cebolinha
Mandioca (aipim)	Dendê	Acerola	Eucalipto	Pimenta
-	Guaraná	Araçá	Paricá	Quiabo
-	Cana-de-açúcar	Bacuri	Teca	Tomate
-	Pupunha	Cajá	-	Abóbora
-	Caju	Cupuaçu	-	Maxixe
-	Citrus	Graviola	-	Feijão-de-corda
-	Coco	Goiaba	-	Coentro
-	Banana	Mamão	-	Pimentão
-	-	Mangostão	-	Pepino
-	-	Manga	-	Couve
-	-	Maracujá	-	Salsa
-	-	Melão	-	Agrião

Fonte: Santos *et al* (2003b).

Estudos realizados por Santos *et al* (2003b), demonstram que as zonas indicadas para lavoura são: Zonas indicadas para lavouras são indicadas no mapa pelos símbolos ZAP1 e ZAP2, aptas para culturas anuais e de ciclo longo, abrangendo uma superfície de 426,52 km², representando 32,40% da área total do município. Já a zona com símbolo ZMPA, é indicada para culturas anuais e formação de pastagens, não recomendada para culturas de ciclo longo, corresponde a uma área de 72,16 km², representando 5,48% da área municipal. Zonas indicadas para pastagem compreendem as assinaladas com o símbolo ZPP aptas para formações de pastagem, e correspondem a uma superfície de 78,50 km², perfazendo 5,97% da área total. Zonas indicadas para conservação ambiental compreende a ZCA, com uma área de 204,05 km², representando 15,50% da área total do município, são indicadas para atividades extrativas.

O mesmo autor expressa que nas áreas já desmatadas, poderão ser utilizadas com culturas adaptadas ao excesso de umidade. As condições climáticas do município não apresentam restrição ao desenvolvimento das culturas sugeridas, porém, pela umidade relativa do ar elevada durante o ano, torna se um ambiente propicio ao desenvolvimento e disseminação de doenças e pragas nas culturas. Para utilização das terras das zonas indicadas para lavouras, capazes de suportar

atividades agrícolas, é necessário a aplicação de fertilizantes e corretivos, para suprir a carência de nutrientes essenciais às plantas cultivadas, e à correção da acidez do solo, assim como, práticas de manejo para atenuar os processos erosivos.

4.2.4 Geomorfologia

A geologia que se configura no município de Barcarena, onde está situada a Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi, é caracterizada por dois períodos geológicos: quaternário e terciário. O período Quaternário é representado por extensas áreas de aluviões que se estendem pelas margens dos rios: Carnapijo, Barcarena, Itaporanga, e as baías de Marajó e do Guajará. Estas faixas aluviais constituem a planície de acumulação que está sujeita a inundações sazonais, e é coberta por vegetação típica adaptada ao excesso d'água. São formadas por sedimentos fluviais recentes constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas consolidadas. Aparecem como faixa estreita e, às vezes, descontínuas ao longo dos rios (SANTOS *et al*, 2003a).

O relevo reflete a geologia e a topografia do município que são pouco elevadas, estando presentes áreas de terra firme, várzeas, mangues, terraços marinhos, campos de dunas, cordões e tabuleiros, que constituem, regionalmente, um setor da unidade morfoestrutural Planalto Rebaixado da Amazônia, o patrimônio natural do município também abrange ecossistemas insulares importantes como as ilhas das Onças, Arapiranga e Carnapijó e diversas praias de grande beleza cênica entre elas as do Carijó, Caripi, de Vila do Conde e de Itupanema (SANTOS, 2015)

Já o período Terciário, é constituída por arenitos finos, siltitos e argilitos conlíniticos, com lentes de conglomerados e arenitos grosseiros, pouco inconsolidado até friáveis, em geral maciços e horizontalmente estratificados (SANTOS *et al*, 2003b). Este período é representado por depósitos da formação barreiras, constituídas por depósitos de siliciclásticos (conglomerado, arenito, agilita) continentais, pouco ou mal selecionados de idade Pliopleistocênico (SILVA, 2012). A formação barreiras é constituída por um encadeamento de sedimentos formados por agregações faciológicas que apresentam as seguintes particularidades: (a) sedimentos conglomeráticos, comumente espesso, que se caracterizam pela disposição inclinada quanto à estratificação; (b) sedimentos de composição arenosa, apresentando areia e argila de forma entremeada e estruturas; (c) material

sedimentar argiloso preponderante, composto por lâminas planas e equivalentes (SILVA, 2012).

A área de estudo integra o setor continental estuarino em termos fisiográficos, com sucessivos promontórios e enseadas, além de várzeas de maré holocênicas ligadas ao estuário do rio Pará e falésias do Grupo Barreiras (FERREIRA, 2015).

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo fundamentou-se no levantamento de referências e dados técnicos-científicos que serviram de base para a delimitação da área estudada, bem como de informações acerca dos usos múltiplos da Bacia do Rio Murucupi. Tal bacia foi selecionada para o estudo, devido a existência de uma série de desastres ambientais ocasionados pelos barramentos existentes, haja vista os de minério, que provocam vazamentos no rio Murucupi, causando transtornos ambientais, sociais e econômicos à região.

Serão analisadas concomitantemente informações advindas de estudos, pesquisas de órgãos públicos a respeito do uso e ocupação do solo e danos provenientes da implantação e operacionalização dessas barragens na área em questão.

Assim, para delimitação e elaboração das cartas imagens, bem como dos dados técnicos, foram utilizadas para avaliação do presente estudo, consultas em sites oficiais de órgãos estaduais, federais e internacionais (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade-SEMAS, Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, Secretaria de Estado e Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia-SUDEME, United States Geological Survey -USGS, projeto TerraClass, etc), como medida para fundamentar tal pesquisa.

5.1 ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

5.1.1 United States Geological Survey (USGS)

O estudo foi realizado com base em Silva (2012), na qual usou o programa ArcGis 9.3, imagens de radar do programa idealizado pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), denominada Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE/2007, e dividiu o estudo em partes: a primeira foi a aquisição das imagens SRTM através do site da Embrapa. Posteriormente, as imagens foram tratadas e feita extração das curvas de nível e geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) por meio do programa ArcGis 9.3. De posse do MDT, foi elaborado um *shapefile* de polígono para delimitação de forma manual da bacia a partir do meio dos topos, assim como o sistema de drenagem, localização, setorização da bacia e formas de uso e ocupação coordenadas das comunidades e demais localidades além da vetorização da área urbana, área industrial e rural da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi.

Neste estudo, para o dimensionamento do uso e ocupação do solo utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT), por permitir análises espaço-temporais – no caso, históricas – dos objetos mapeados, bem como de seus atributos. A base de dados utilizada para aquisição dos *shapefiles* e posterior elaboração dos mapas através do *software* comercial *ArcGis 10*, foi a da United States Geological Survey (USGS), um site que fornece informações gratuitas a respeito do mapeamento das características ambientais mundiais.

Assim, a delimitação espacial dos mapas deu-se de acordo com os dados disponíveis da bacia, sendo o primeiro mapa de 1986, seguido dos de 1996, 2006 e 2016, portanto de 10 em 10 anos, devido o primeiro mapa existente depois de 1986 ser o de 1996, obrigando a utilização deste intervalo de tempo e um mapa de 2017, mostrando a realidade local mais próxima da atual (Tabela 4).

Tabela 4 - Caracterização dos dados usados no mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi a partir dos dados do USGS.

IMAGENS			
SENSOR	SISTEMA DE REFERÊNCIA	DATA	FONTE
TM 223601	SIRGAS 2000/UTM 22S	1986	Earth Explorer
TM 223601	SIRGAS 2000/UTM 22S	1996	Earth Explorer

Cont.

IMAGENS			
TM 223601	SIRGAS 2000/UTM 22S	2006	Earth Explorer
LANDSAT8	SIRGAS 2000/UTM 22S	2016	Earth Explorer
LANDSAT8	SIRGAS 2000/UTM 22S	2017	Earth Explorer
RESOLUÇÃO ESPACIAL	EQUIDISTÂNCIA		FONTE
90m	30m		SRTM-NASA

CARTAS TOPOGRÁFICAS		
NOME/CÓDIGO	ESCALA	FONTE
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 1986	1:60.000	Earth Explorer
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 1996	1:60.000	Earth Explorer
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2006	1:60.000	Earth Explorer
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2016	1:50.000	Earth Explorer
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2017	1:50.000	Earth Explorer

Fonte: Próprio Autor.

Os *shapefiles* foram adquiridos no site da USGS, e feita a delimitação manual da bacia. E para cada ano estudado foi produzido um *shapefile* já compactado e distinto. As imagens de satélite adquiridas, em forma digital, permitiram avaliar as mudanças ocorridas na paisagem natural da área estudada em um dado intervalo de tempo, da qual pode-se registrar a cobertura vegetal em cada momento, bem como o avanço urbano ao longo de 30 anos, (adaptado de Cazula e Avelino (2010)).

A presente pesquisa realizou a delimitação de forma manual utilizando o *software* comercial *ArcGis 10* e as imagens SRTM, onde foram delimitados a partir do meio dos topos até formar o *shapefile* da bacia. Com a delimitação cartográfica chegou-se a uma área total de 2.810 hectares. A partir desse valor, pôde-se analisar, a cada dez anos (a partir do ano de 1986 até o ano de 2016) o avanço da ocupação urbana e remanescente vegetal na Bacia do Rio Murucupi que deram origem aos mapas de uso e ocupação do solo por meio das ferramentas de

geoprocessamento, que fazem a manutenção de registros ao longo do tempo, além do mapa de 2017, que expressa valores de uso e ocupação do solo e remanescente vegetal para uma realidade mais atual.

As imagens utilizadas contribuíram para elaboração de cinco mapas geoprocessados, correspondentes aos anos 1986, 1996, 2006, 2016 e 2017. A aquisição dessas imagens ocorreu de forma gratuita através do mecanismo de pesquisa *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), um dos principais sites utilizados para aquisição de cenas da família *Landsat*, disponibilizados pela United States Geological Survey (USGS).

A USGS é a única agência científica do Departamento do Interior dos Estados Unidos e tem como função coletar, monitorar, analisar e fornecer informações sobre os problemas e condições dos recursos naturais. Ela é procurada por milhares de parceiros e clientes devido o seu mapeamento do meio ambiente (água, terra e dados biológicos) (USGS, 2017).

Dentro desta Agência encontra-se a interface de usuário do *EarthExplorer* que é uma ferramenta de pesquisa de descoberta e ordenação online. O *EarthExplorer* fornece informações sobre pesquisa de satélites, aeronaves e outros equipamentos de sensoriamento remoto através de consultas interativas e textuais de busca, exploração, exportação e download de dados da ciência da terra (EARTH EXPLORER, 2017).

Ele permite que os usuários pesquisem, baixem e ordenem dados mantidos em arquivos do USGS através de várias opções de consulta. Os principais recursos do *Earth Explorer* incluem: mecanismo de busca geoespacial rápido; visualizador de mapas para identificação de pegadas de sobreposição e navegação de sobreposições; Interface gráfica de usuário (GUI) simples e rápida e ferramenta de acesso a dados para pesquisar e descobrir dados (USGS, 2013).

O *Earth Explorer* é um dos sites administrados pelo *United States Geological Survey* (USGS) onde é possível ter acesso ao material de domínio público. Todos os produtos da família *Landsat* podem ser baixados através desse site, que possui uma interface gráfica fácil de usar. Para navegar pelo site *Earth Explorer*, é necessário efetuar um cadastro.

A partir desse mecanismo de pesquisa, foram adquiridas as imagens de satélite dos anos a seguir, com intervalo de tempo de 10 anos:

- Landsat 223061 1986;

- Landsat 224061 1996;
- Landsat 223061 2006;
- Landsat 223061 2016;
- Landsat8 223601 2017.

E como mostrado anteriormente a partir destes *shapefiles* foram delimitadas as áreas de objeto deste estudo, quantificando por meio das ferramentas do programa comercial *Arcgis 10* dados referentes a Ocupação Urbana e Remanescente Vegetal a cada década na Bacia do Rio Murucupi.

5.1.2 Projeto TerraClass

Já para os mapas relacionados as características da área urbana, mosaico de ocupações, desflorestamento, pasto sujo, pasto limpo, regeneração com pasto, vegetação secundária, mineração, floresta, hidrografia, área não observada e outros foi usada a base de dados do TerraClass, um projeto que tem como objetivo produzir mapas sistêmicos de uso e cobertura das terras desflorestadas da Amazônia Legal Brasileira (INPE, 2018).

O projeto TerraClass representa um esforço conjunto para monitorar o uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Brasileira. Este estudo oferece aos pesquisadores uma maior capacidade de rastrear as diferentes classes de uso do solo que se modificam ao longo do tempo, dando uma noção dos usos originais da terra pós-desmatamento, bem como a noção da dinâmica socioeconômica ao longo do tempo em toda a região de estudo (ALMEIDA *et al*, 2016).

Para isto foram mapeados cinco anos de uso e cobertura do solo, referentes aos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014. Os dados digitais resultantes do mapeamento encontram-se disponíveis para download gratuitamente no site do TerraClass, e são divididos em suas respectivas órbitas-ponto do satélite *Landsat* (sensor TM), no Sistema de Projeção Lat/Long e Sistema Geodésico de Referência SAD 69 (INPE, 2018).

O Quadro 6 descreve as dozes classes de uso do solo, na qual representa os principais usos de ocupação do solo na região.

Quadro 6 - Principais tipos de uso e cobertura do solo nas áreas desmatadas na Amazônia brasileira.

CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
Área urbana	Concentração populacional formando pequenos locais habitados, aldeias e cidades que apresentam infra-estrutura diferenciada do meio rural com desenho de ruas e maior densidade de moradias como casas, edifícios e outros espaços públicos.
Mosaico de ocupações	Caracterizado por unidades de cobertura da terra que, devido à resolução espacial das imagens de satélite, não podem ser subdivididas em componentes específicos. Por exemplo, essa classificação pode incluir a agricultura familiar praticada em conjunto com a pecuária tradicional.
Desflorestamento	Áreas recentemente desmatadas cobertas por solo, arbustos, forragem e árvores derrubadas sem uso definido da terra nesta etapa, definidas como áreas que foram mapeadas pelo projeto PRODES como desmatadas em 2008.
Pasto sujo	Áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de forragem e cobertura por espécies de gramíneas entre 50% e 80% associadas à presença de vegetação arbustiva com cobertura entre 20% e 50%.
Pasto limpo	Pastagem em processo produtivo com predomínio de forragem e cobertura entre 90 e 100% de diferentes espécies de gramíneas.
Regeneração com pasto	Áreas que foram desmatadas, posteriormente desenvolvidas como pastagens e estão no início de um processo regenerativo contendo arbustos e vegetação sucessional inicial.
Vegetação secundária	Áreas que foram bem definidas e estão em um estágio avançado de regeneração com árvores e arbustos. Inclui áreas que foram usadas para silvicultura (silvicultura) ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.
Mineração	Áreas de extração mineral com presença de solo nu e desmatamento na proximidade de corpos d'água.
Floresta	Áreas com alta densidade de espécies florestais nativas.
Hidrografia	Corpos hídricos presentes.
Área não observada	Áreas não possíveis de serem interpretadas devido a nuvens ou sombra de nuvens no momento da passagem de satélites ou áreas recentemente queimadas.
Outros	Áreas não abrangidas por outras categorias, como afloramentos rochosos ou de montanha, margens de rios e bancos de areia, entre outros.

Fonte: (ALMEIDA et al, 2016).

Para o dimensionamento do uso e ocupação do solo dos mapas do TerraClass também utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT), para as análises espaço-temporais.

E sua delimitação espacial deu-se de acordo com os dados disponíveis no site do projeto, sendo o primeiro mapa de 2004, seguido dos anos de 2008, 2010, 2012 e 2014, portanto com intervalo de tempo de 4 anos do mapa de 2004 para o mapa datado de 2008, obrigando a utilização deste intervalo de tempo, e período de 2 anos entre o mapa de 2008 a 2014 (Tabela 5).

Tabela 5 - Caracterização dos dados usados no mapeamento da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi a partir dos dados do Projeto TerraClass.

IMAGENS			
SENSOR	SISTEMA DE REFERÊNCIA	DATA	FONTE
LANDSAT5TM	SIRGAS 2000/UTM 22S	2004	INPE/TerraClass
LANDSAT5TM	SIRGAS 2000/UTM 22S	2008	INPE/TerraClass
LANDSAT5TM	SIRGAS 2000/UTM 22S	2010	INPE/TerraClass
LANDSAT5TM	SIRGAS 2000/UTM 22S	2012	INPE/TerraClass
LANDSAT5TM	SIRGAS 2000/UTM 22S	2014	INPE/TerraClass
RESOLUÇÃO ESPACIAL	EQUIDISTÂNCIA	FONTE	
90m	30m	SRTM-NASA	
CARTAS TOPOGRÁFICAS			
NOME/CÓDIGO	ESCALA	FONTE	
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2004	1:50.000	INPE/TerraClass	
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2008	1:50.000	INPE/TerraClass	
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2010	1:50.000	INPE/TerraClass	
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2012	1:50.000	INPE/TerraClass	
MAPA DE USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL – 2014	1:50.000	INPE/TerraClass	

Fonte: Autor próprio.

A partir do site do INPE, foram adquiridas as imagens de satélite das datas a seguir, com intervalo de tempo de 4 anos para o mapa de 2004 a 2008 e 2 anos dos mapas de 2008 a 2014:

- Landsat 22461 2004
- Landsat 224061 2008
- Landsat 223061 2010
- Landsat 223061 2012
- Landsat 223061 2014

Assim, os *shapefiles* do TerraClass foram adquiridos gratuitamente e baixados individualmente para os anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014 no site do INPE através do projeto TerraClass. E a elaboração dos mapas foi feita no programa comercial *Arcgis 10*, sendo a delimitação da bacia feita conforme no os mapas do

uso e ocupação do solo e remanescente florestal da USGS, para posteriormente ser sobreposta as camadas referentes as dozes categorias previamente estabelecidas descritas no Quadro 6, da qual permitiu fazer a identificação para cada uso do solo nos mapas.

5.1.3 Gráficos IBGE

Os dados para elaboração dos gráficos referentes a pecuária, lavoura temporária, lavoura permanente e extração vegetal dos anos de 2004 a 2015, foram coletados gratuitamente através do banco de dados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o intuito de comparar com os números decorrente dos mapas do TerraClass e chegar aos resultados que serão mostrados no tópico resultados e discussão, com foco de expor a degradação ambiental desses anos estudados, relacionados as presentes atividades econômicas de Barcarena.

O IBGE constitui no principal provedor de dados e informações do país e atende às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil, bem como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal. Ele oferece uma visão completa e atual do País, através do desempenho de suas principais funções: produção e análise de informações estatísticas; coordenação e consolidação das informações estatísticas; produção e análise de informações geográficas; coordenação e consolidação das informações geográficas; estruturação e implantação de um sistema de informações ambientais e documentação; disseminação de informações; coordenação dos sistemas estatístico e cartográfico nacionais (IBGE, 2018).

Entende-se por lavouras permanentes culturas de longa duração, que após a colheita não necessitassem de novo plantio, produzindo assim por vários anos sucessivos (IBGE, 2018). Nesta categoria, foram observados valores gerais referentes a produção anual de banana, cacau, coco-da-baía, laranja, limão, mamão, maracujá e pimenta-do-reino para o município de Barcarena, da qual foram contabilizados a produção vegetal anual de 2004 a 2015 no programa Microsoft Excel 2013 para posterior elaboração das tabelas e gráficos no programa Microsoft Word 2013, é importante frisar que os valores de cada produção não apareceram necessariamente para cada ano, faltando portanto para alguns dados referentes a produção de alguns anos, da qual foi considerado zero.

Já para as lavouras temporárias, que são culturas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessita de novo plantio para produzir (BOLLIGER, 2013), foram observados os valores referentes a produção de abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca e melancia, milho e seguiram a mesma metodologia para as lavouras permanentes.

Foram também elaborados gráficos relacionados a pecuária por produção anual com referência a criação de bovinos, equinos, asininos, muares, bubalinos, ovinos, galinhas, galos, frangos, pintos, codornas, caprinos, vacas ordenhadas, leite de vaca, ovos de galinhas e de codorna, galináceos, pirapitinga, tambacú, tambatiinga, tambaqui e tilápia, bem como a extração vegetal com dados da produção de açaí, palmito, carvão vegetal, lenha, madeira em tora, plantas aromáticas, medicinais, tóxicas, corantes, fibras, oleaginosas, produtos alimentícios e buriti, valores referentes também aos anos de 2004 a 2015, que seguiram a mesma metodologia para elaboração dos gráficos e tabelas das demais categorias estudadas.

5.1.4 Identificação dos usos da água por empresas na bacia hidrográfica do rio Murucupi

Já para os usos múltiplos da água na Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi foram fundamentados em dados oficiais do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH), vinculado a Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (DIREH), pertencente à Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos (SAGRH), que está diretamente subordinada a mais alta hierarquia da atual Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, bem como dados técnicos-científicos que versam a respeito do tema (SEMAS, 2017).

O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH), que está vinculado a Gerência do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (GESIR), é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e disseminação de informações sobre recursos hídricos, assim como fatores interligados a sua gestão. Trata-se de uma iniciativa pioneira na região norte, que implementa no Estado do Pará um dos principais instrumentos para a gestão de recursos hídricos, atendendo à necessidade de sistematização e compartilhamento

de informações, em consonância com as políticas Nacional (Lei nº 9.433/1997) e estadual (Lei nº 6381/2001) de Recursos Hídricos (SEIRH, 2017).

A resolução nº 12 de 18 de novembro de 2010, do Conselho Estadual Recursos Hídricos (CERH), em seu art. 2 Inc. I, II e III, expõem os princípios básicos do SIRH:

Art. 2º. São princípios básicos para o funcionamento do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos:

I - a descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - a coordenação unificada do Sistema;

III - a disponibilização dos dados e informações garantindo a toda sociedade o seu acesso.

Parágrafo único. As informações serão disponibilizadas por meio de sítio específico no portal do órgão gestor da Política Estadual de Recursos Hídricos

Tendo em vista tais princípios, este sistema tem os seguintes componentes físicos (LIMA, 2012):

a) Componente 1 - banco de dados compreendendo as informações associadas a recursos hídricos. Este se constitui em um acervo de documentos digitais incluindo a cartografia base e acervo de dados tabulares contendo as informações elaboradas para caracterização das regiões hidrográficas do estado e derivadas de produtos gerados por outras entidades, mas que contenham informações relevantes ao estado.

b) Componente 2 - base informacional relativa à aquisição de dados primários. A base primária de responsabilidade do estado atualmente restringe-se a geração de dados hidrometeorológicos; ao cadastro de poços de águas subterrâneas e de pontos de captação de água (estes últimos derivados das informações obtidas a partir dos poços e captações outorgados).

c) Componente 3 - sistema de suporte à decisão referente à gestão de recursos hídricos. Os dados armazenados dão suporte à avaliação da outorga de direito de uso das águas, o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) e apoiam as ações da Rede de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Estado do Pará (RPCH) no controle de eventos extremos.

Assim, o SEIRH tem a função de disponibilizar para a sociedade em geral, instituições de ensino e órgãos gestores, informações e produtos referentes à gestão de recursos hídricos no Estado do Pará, dando ênfase para as ações e produtos desenvolvidos pela SEMAS, bem como divulgar conteúdos relacionados à educação ambiental, com o intuito de sensibilizar a sociedade da preservação e uso sustentável dos recursos hídricos no Estado (SEIRH, 2017).

De posse dos dados de outorgas disponibilizados pelo SEIRH foram elaborados os gráficos no programa *Excel* 2013 e feito uma análise das empresas utilizadoras dos recursos hídricos no município de Barcarena e comparar com os dados obtidos pela aplicação do questionário *online*, exposto no tópico 5.1.6 Análise

da influência socioambiental dos barramentos na área da bacia hidrográfica do rio Murucupi no município de Barcarena-Pa.

5.1.5 Análise da evolução populacional do município de Barcarena-Pa

O estudo da análise de dados populacional no município de Barcarena - PA foi feito por meio de referências secundárias e informações provenientes do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da qual permitiu elaborar o gráfico da evolução do crescimento populacional no período de 1970 a 2016, além de servir de base para fundamentar as discussões a respeito da influência das barragens, relacionado ao desenvolvimento socioambiental ocorrido nesta época no município em questão estudado. A partir disso, buscou-se traçar um perfil da evolução populacional, suas expectativas e possibilidades.

Foram consultados artigos, reportagens, revistas e sites oficiais para que fosse possível levantar dados a respeito dos impactos sociais e ambientais na área de estudo. Área esta, que há anos vem sofrendo com a falta de cuidado por meio das empresas que lá se instalaram e também pela falta de atuação mais protetiva dos governantes e órgãos públicos locais, na tentativa de reverter essa situação agravante.

Os gráficos da evolução populacional de 1970 a 2016 foram adquiridos através dos dados censitários da população residente total coletados gratuitamente no site do IBGE, e tabulados no programa Excell 2013 até chegar-se ao resultado final. A partir disso, foi traçado um perfil da evolução populacional, suas expectativas e possibilidades e orientar estudos na área que possibilitem visualizar ações passadas e presentes, principalmente em termos de políticas públicas, economia e impactos ambientais, as quais carecem de informações concretas e precisas.

5.1.6 Análise da influência socioambiental dos barramentos na área da bacia hidrográfica do rio Murucupi no município de Barcarena-Pa

Para verificação dos impactos socioambientais que a população de Barcarena-PA sofreu e vem sofrendo durante esses anos de desastres ambientais,

haja vista na bacia hidrográfica do Rio Murucupi, foi utilizado o método de pesquisa *Survey*.

A pesquisa *Survey* é um método que tem por objetivo obter dados ou informações a respeito de opiniões (conceitos, paradigmas), ações ou características de uma determinada população. E para isso, seleciona-se uma população alvo, a qual é a amostra. Essa seleção compreende a utilização de um instrumento do método que é geralmente o questionário (RAMOS, 2011).

Como principais características do método de pesquisa de *Survey* podem ser citadas o interesse de produzir descrições quantitativas e qualitativas de uma população. (FREITAS *et al*, 1999).

Sendo a presente pesquisa classificada como exploratória, que objetiva funcionar como um mecanismo aplicado em uma situação de investigação inicial sobre algum tema, buscando não deixar que elementos críticos deixem de ser identificados, apresentando novas possibilidades que podem posteriormente ser trabalhadas em um *Survey* mais controlado. (MARTINS; FERREIRA, 2011).

O método em questão é utilizado para pesquisar uma amostra (um segmento ou parcela) de uma população, e a partir disso trazer os dados dessa amostra, sendo entendidos como representação da população em questão (RAMOS, 2011).

O modelo usado foi o *Survey* interseccional, cuja principal característica é a coleta de dados de uma dada população realizada em um único intervalo de tempo, onde se utiliza questionários para recepção das respostas durante um intervalo de dias (MARTINS; FERREIRA, 2011).

Já para a escolha da amostra foi usado o modelo de amostragem probabilística, da qual todos os elementos da população têm a mesma chance de serem escolhidos, resultando uma amostra representativa desta população. Isso implica utilizar a seleção aleatória simples dos respondentes, eliminando a subjetividade da amostra (FREITAS *et al*, 1999).

Assim o modelo de pesquisa *Survey* é utilizado para descrever uma população e desvelar a distribuição de determinados traços e atributos (RAMOS, 2011).

A pesquisa fundamentou-se na aplicação de questionários virtual do modelo realizado pela Faculdade de Ciências da Reabilitação da Universidade de Dortmund-

Alemanha, justificado por permitir a participação de indivíduos oriundos de todo o território de Barcarena e da bacia em estudo. (FALEIROS *et al*, 2016).

O questionário virtual contém 19 questões, sendo a maioria de múltipla escolha, elaborado com o objetivo de avaliar o contexto dos impactos socioambientais provocados pelos barramentos existentes na bacia hidrográfica do Rio Murucupi, visando um estudo quali-quantitativo. O questionário previamente validado foi elaborado na plataforma online Google Forms visando facilitar o acesso e participação de indivíduos de todas as áreas de Barcarena, com foco na Bacia em estudo.

O período de coleta de dados na foi entre os dias 12 de novembro de 2018 a 30 de novembro de 2018, da qual foram respondidos 50 formulários.

Para a divulgação do instrumento, foram postados links do questionário em redes sociais (Facebook) e enviados por e-mails. Foi permitido somente o preenchimento de um questionário por endereço de IP (Internet Protocol), que é um número que o computador ou roteador recebe quando se conecta à internet. Essa medida foi tomada visando impedir a duplicidade de questionários respondidos por um mesmo participante. Cabe ressaltar que não houve ausência de respostas, pois todos os questionários foram respondidos (FALEIROS *et al*, 2016)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para compreender a problemática socioambiental na área estudada é necessário voltarmos ao contexto do processo de ocupação territorial no município de Barcarena, desde a sua implantação até os dias atuais. O município teve sua emancipação no ano de 1943, e nesta época atendia a demanda do mercado de Belém, abastecendo esta cidade com seus gêneros alimentícios, situação esta que prosseguiu até a década de 1970. E grande parte de sua população habitava na zona rural, realizando atividades consideradas tradicionais e produzindo o suficiente para a sua auto sobrevivência familiar (SILVA, 2012).

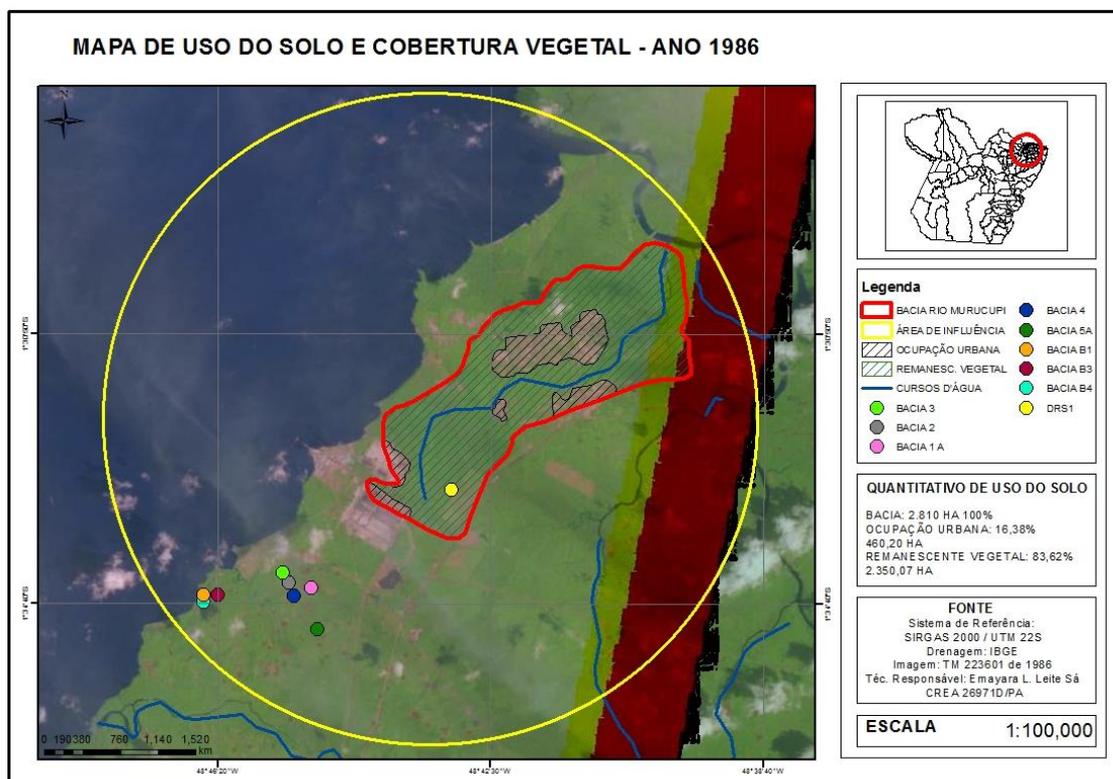
O mesmo autor afirma que essa situação se modificou com a chegada dos empreendimentos de transformação mineral na década de 60 a 90, e posteriormente com outras empresas de ramos diversos, pois os sítios habitados por grupos familiares que ali viviam há várias gerações, foram, em sua maioria, ocupados pelas estas empresas

A partir de então, os impactos sócio ambientais se intensificaram e a população local passou a sofrer com as consequências advindas deste crescimento econômico e urbanístico. Barcarena não estava preparada para assumir tal responsabilidade, apesar de sua localização estratégica para o desenvolvimento do país, pois não houve um efetivo planejamento socioeconômico e ambiental para que evitasse esse efeito de degradação que a cidade sofre atualmente (adaptado de MOREIRA, 2016).

6.1 UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS)

O mapa de 1986 (Figura 19), esta demonstrado o processo inicial de degradação da área estudada. Época em que houve a implantação e operacionalização das primeiras empresas no município e primórdios dos indícios futuros de impactos negativos que a região iria sofrer.

Figura 19 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 1986.



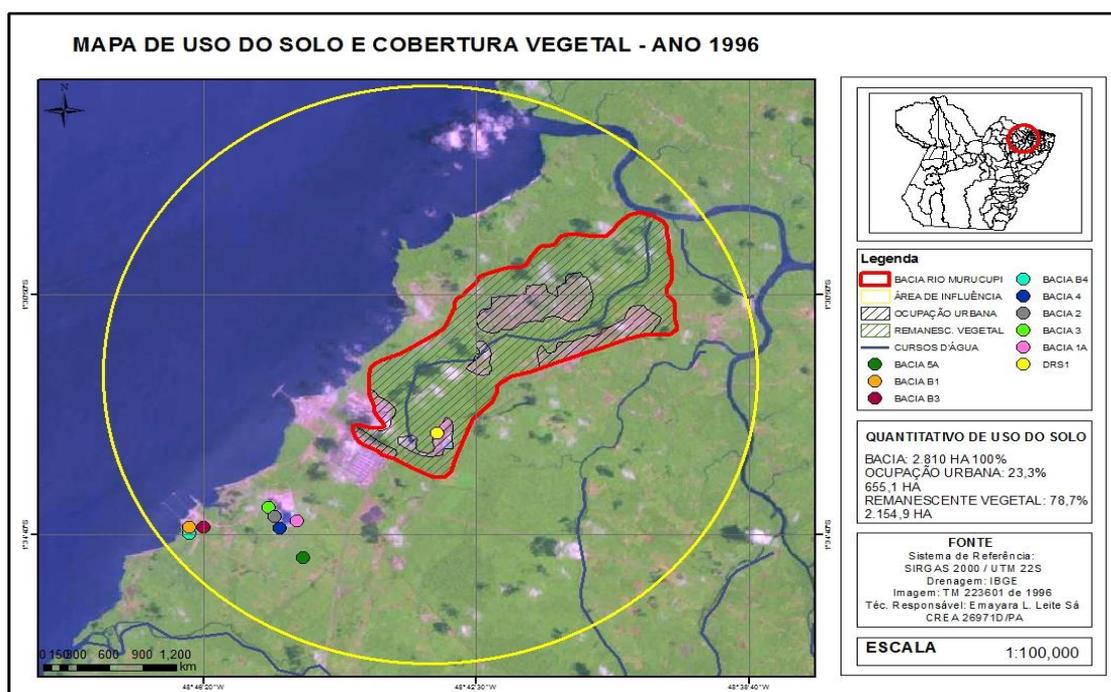
Fonte: Autor próprio (2018).

A Figura 20 da bacia hidrográfica do rio Murucupi, demonstra uma área ainda sem muita degradação, apesar de nesta época haver a presença de grandes empresas e quantitativo urbano. Nela pode-se observar que existiam 460,20 ha (16,38%) referentes a ocupação urbana, enquanto o remanescente vegetal ficava em torno 2.350,07 ha (83,62%). Um valor pequeno relativo a ocupação urbana se comparado ao de remanescente vegetal, visto que a área de estudo já tinha sido ocupada e já estava operando algumas empresas.

A bacia b3 da empresa Imerys Rio Capim Caulim (IRCC) é datada de 1971, portanto, 15 anos antes da data do mapa em questão, e já está em operação, sem qualquer comprovação real de minimização de seus danos a bacia estudada. A década em questão faz referência também a operacionalização das empresas Albrás/ ALUNORTE em Barcarena. Já as outras bacias não se têm registro da data real da implantação das mesmas, no entanto estão descritas no mapa como meio de identificação espacial na área de estudo, para ter uma noção de como influenciam direta e indiretamente para os impactos negativos causados.

O mapa de 1996 (Figura 20), expressa uma área um pouco mais alterada e com um remanescente vegetal menor, devido ao desenvolvimento urbano que o município sofreu ao longo de 10 anos se comparado ao mapa de 1986.

Figura 20 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 1996.



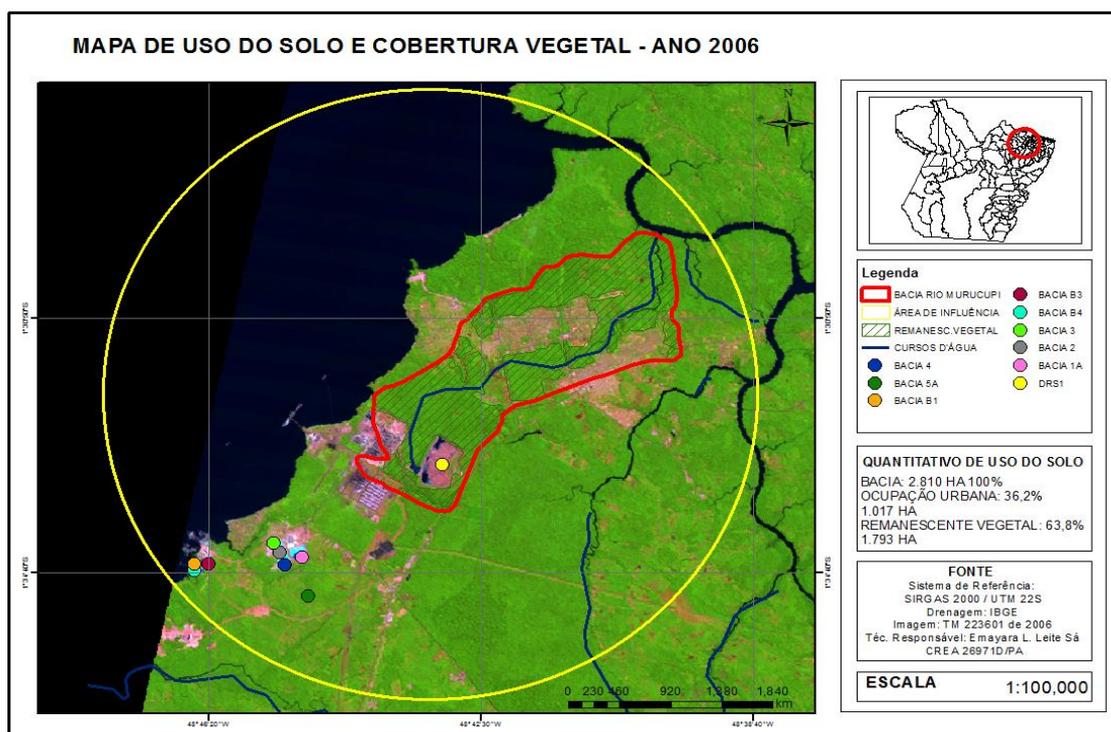
Fonte: Autor próprio (2018).

O mapa de 1996 apresenta uma área com ocupação urbana equivalente a 655,1 ha (23,3%), enquanto o remanescente vegetal fica com valores equivalente a 2.154,9 ha (78,7%). Comparando ao mapa de 1986, pode-se observar que houve um crescimento de 194,9 ha (6,93%) de ocupação urbana e uma redução de 195,17 há (6,94%) remanescente vegetal. Neste ano a empresa Imerys se instalou na área de estudo e passou a operacionalizar. Não se encontrou registros de como bacia B2 e B3 passou a pertencer a empresa Imerys RCC, visto que segundo o DNPM são bacias datadas de 1993 e 1971, respectivamente. O que se sabe é que são bacias altamente inseguras e que precisam de monitoramento constante para que se possa evitar danos futuros.

Pois o Distrito Industrial de Barcarena, já contribuiu muito com os impactos negativos físico-ambientais na área de estudo, modificando, significativamente, a sua dinâmica socioespacial. Uma delas é o deslocamento de populações para áreas periféricas do município, alterações em seu quadro físico-natural e poluição (CARMO; CASTRO; PATRÍCIO, 2015).

Essa modificação do espaço físico pode ser observada com mais propriedade no mapa de 2006 (Figura 21), ano que a área de estudo já estava bastante consolidada e operando um quantitativo grande de empresas e uso diversos do solo, como será mostrado adiante.

Figura 21 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2006.



Fonte: Autor próprio (2018).

O mapa do ano de 2006, já mostra valores de ocupação urbana consideráveis, chegando a 1.017 ha (36,2%) de ocupação urbana e de remanescente vegetal 1.793 ha (63,8%). Ano esse que Barcarena atingiu o primeiro lugar no ranking de atividade econômicas, relacionado a indústria. E segundo lugar entre os cinco maiores Produtos Interno Bruto (PIB) do Estado do Pará, ficando Belém (R\$ 12.520.322 mil) em primeiro, Barcarena (R\$ 3.564.035 mil) em segundo, Parauapebas (R\$ 2.982.433mil) em terceiro, Marabá (R\$ 2.621.407 mil) em quarto e Ananindeua (R\$ 2.465.657 mil) em quinto (SEPOF, 2008).

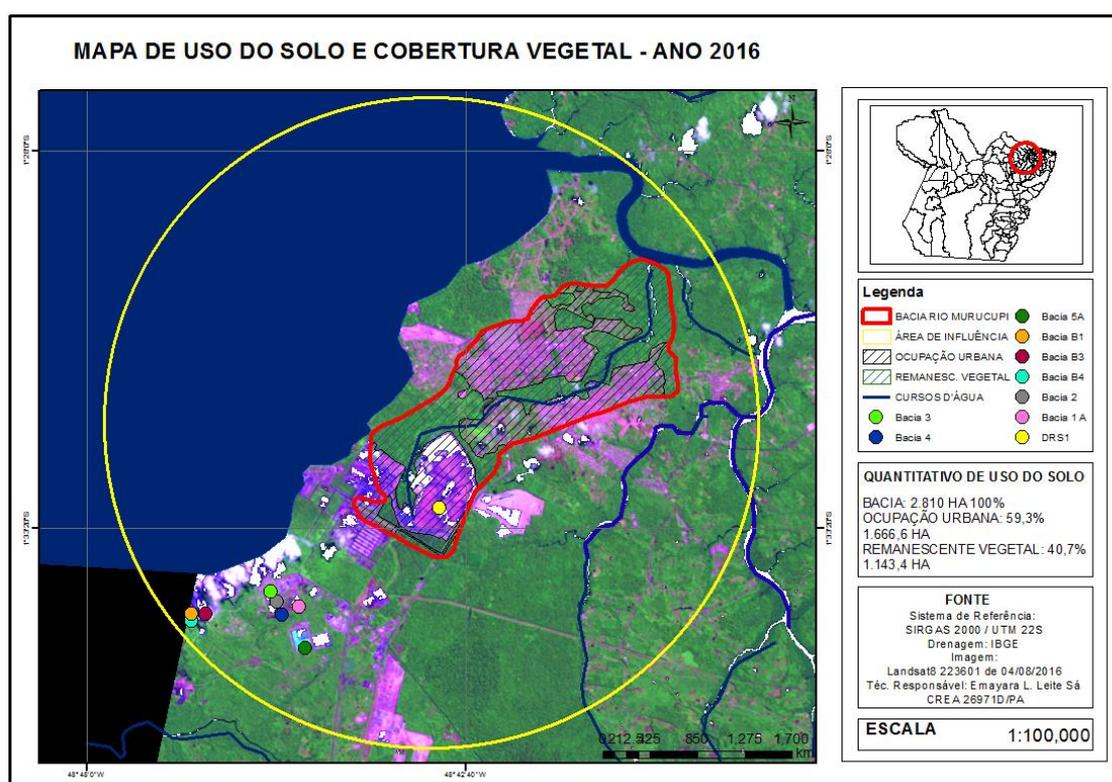
Isto se deve porquê na região de Barcarena há a predominância industrial de produção mineral-metalúrgica de grande escala, enquanto os outros municípios do Pará são dominados por uma produção extrativa e agrícola bastante simples e de baixo volume de investimento de capital (BASTOS *et al*, 2010).

Isso explica o aumento constante da ocupação urbana e diminuição do remanescente vegetal da área de estudo.

O mapa do ano de 2016 (Figura 22), expressa valores ainda maiores de ocupação urbana e diminuição do remanescente vegetal se comparados aos anos

anteriores, muito bem justificado por Bastos (2016) e ratificado por Carmo; Castro e Patrício (2015), na qual expressa que este fato se dá pelos resultados históricos do processo de avanço do capital na Amazônia, representado pela industrialização na região.

Figura 22 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2016.

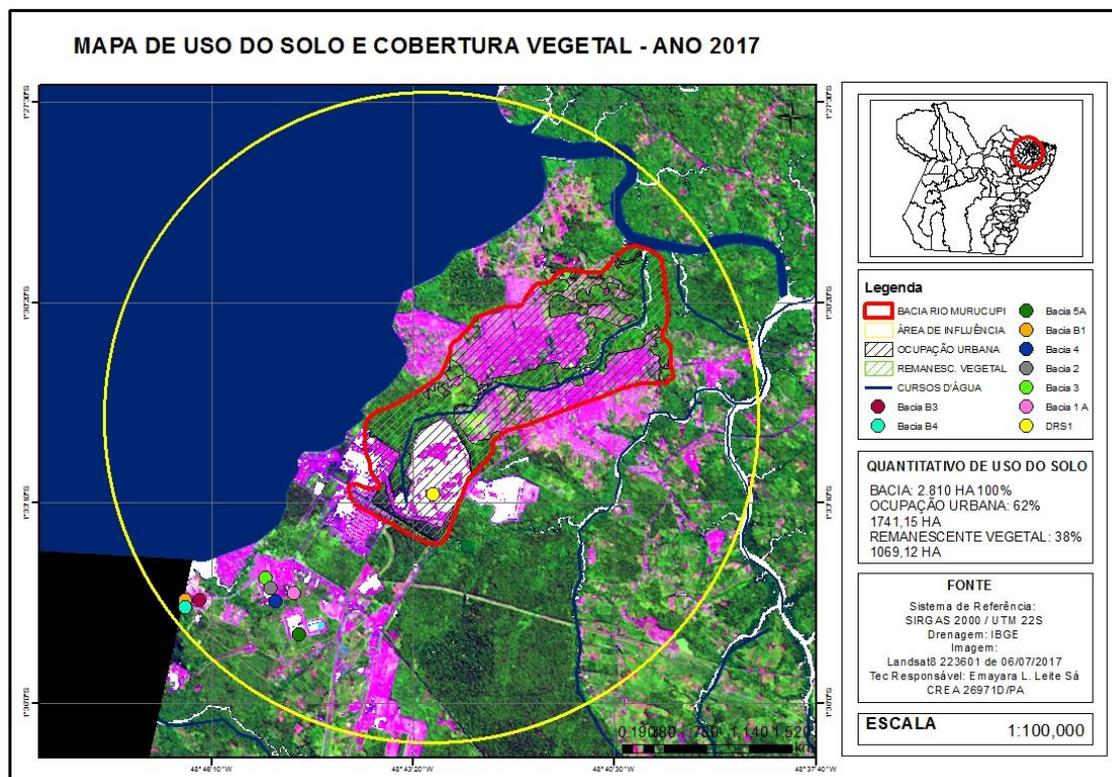


Fonte: Autor próprio (2018).

Neste mapa do ano de 2016 os valores se invertem em relação ao mapa de 1986, e os números de ocupação urbana ficam maiores que os referentes aos de remanescente vegetal. A ocupação urbana registrada neste ano chega a 1.666,6 ha (59,3%), e o remanescente vegetal em 1.143,4 ha (40,7%). Valores estes que representam a falta de políticas públicas na atuação mais eficaz para reverter o quadro da degradação ambiental existente.

E por fim o mapa do ano de 2017 (Figura 23), expressa valores mais recentes da degradação ambiental existente na área de estudo.

Figura 23 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2017.



Fonte: Autor próprio (2018).

O mapa de 2017 apresenta valores ainda mais assustadores em relação ao remanescente vegetal. Nele pode-se perceber valores de 1.741,15ha (62%) de ocupação urbana, enquanto o remanescente vegetal expressa valores de 1.069,12ha (38%). Resultados não tão animadores.

E apesar da obrigação do cumprimento do prazo da efetivação do georreferenciamento das áreas rurais que é até o dia 31 de dezembro de 2018 para todos os imóveis rurais do Brasil, o que se vê no sistema de cadastramento do Rural do Pará é que o município de Barcarena possui atualmente 41,02% de áreas cadastradas de um total de 32.570,26 há. Dados estes ainda pequenos, visto a realidade degradante do município (CAR PARÁ, 2018).

A Tabela 6 faz um comparativo da evolução da ocupação urbana e remanescente vegetal do ano de 1986 a 2017.

Tabela 6 - Evolução da ocupação urbana e remanescente vegetal do ano de 1986 a 2016.

ANO	OCUPAÇÃO URBANA (%)	AUMENTO DA OCUPAÇÃO URBANA (%)	REMANESCENTE VEGETAL (%)	DIMINUIÇÃO DO REMANESCENTE VEGETAL (%)
1986	16,38	-	83,62	-
1996	23,3	1986 a 1996= 6,92	78,7	1986 a 1996= 4,92
2006	36,2	1996 a 2006= 12,9	63,8	1996 a 2006= 14,9
2016	59,3	2006 a 2016= 23,1	40,7	2006 a 2016= 23,1
2017	62	2016 a 2017= 2,6	38	2016 a 2017= 2,6

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 6 expõe o processo de degradação da bacia hidrográfica do rio Murucupi do ano de 1986 a 2017. Nela pode-se observar um aumento de 6,92% em relação a ocupação urbana do ano de 1986 a 1996, de 12,9% do ano de 1996 a 2006, de 23,1% do ano de 2006 a 2016, praticamente o dobro de aumento, se comparar a porcentagem de crescimento dos anos de 1996 a 2006, e de 2,6% para os anos de 2016 a 2017. Já em relação ao remanescente vegetal esses valores se invertem, visto que são inversamente proporcionais aos valores de ocupação urbana. Para esta variável pode-se observar que do ano de 1986 a 1996 houve uma diminuição de 4,92%, já no ano de 1996 a 2006 esse valor foi de 14,9%, e no ano de 2006 a 2016 esse foi valor foi ainda maior, chegando a 23,1%. E por fim, para os anos de 2016 a 2017, seguindo o processo de degradação da bacia houve diminuição de 2,6% do remanescente vegetal e o crescimento dessa mesma porcentagem para a ocupação urbana.

Tais valores mostram que a degradação ambiental na área de estudo é muito maior que o remanescente vegetal, valores estes, tidos principalmente pela falta de monitoramento e fiscalização do uso e ocupação do solo. E se tais porcentagens comprovarem uma situação futura a área de estudo preocupante, notadamente pela exaustão do solo que não suportará tanta pressão, e que refletirá diretamente na população local.

Tal afirmativa é comprovada pelos impactos físicos, com a visível mudança da coloração das águas do rio Murucupi em toda sua extensão e peixes mortos, já observados em estudos na época dos desastres. Além de metais como o Alumínio, Ferro e Sódio, advindos provavelmente da contribuição antropogênica devido o transbordo dos resíduos de bauxita (FAIAL, 2009).

O rio Murucupi que percorre áreas de ocupação urbana (sejam as planejadas ou não), também recebe diretamente efluentes domésticos *in natura*, na forma líquida e sólida, em seu leito, pois essas áreas não apresentam Estação de Tratamento de Esgoto – ETE; o que compromete a qualidade das águas do referido curso d'água e impossibilita o seu uso pelas famílias das comunidades tradicionais, rurais e ribeirinhas que necessitam desse corpo d'água para desenvolverem suas atividades diárias, de subsistência e lazer (BORDALO; FERREIRA; SILVA, 2017).

Ferreira (2015) através de um cronograma de desastre ambiental da empresa Imerys RCC, envolvendo a ruptura da barragem B3 e o transbordamento de outra barragem pertencente a empresa em questão, mostra o quanto a área de estudo sofre pelo descaso da Imerys e dos órgãos fiscalizadores na região:

- Em março de 2008, moradores de Vila do Conde, através do Centro Comunitário de Vila do Conde, denunciam continuidade da contaminação dos igarapés pela Imerys;
- Em novembro de 2011, moradores de Vila do Conde denunciam nova contaminação dos igarapés pela Imerys;
- Em agosto de 2013, ocorre um novo vazamento de caulim na Vila do Conde. O vazamento ocorreu durante manutenção de uma das tubulações da empresa Imerys;
- Em maio de 2014, o Ministério Público do Estado do Pará (MPE) e o Ministério Público Federal (MPF) confirmam o vazamento de caulim no igarapé Dendê.

Constatou-se também que na vazante do rio Murucupi prolifera-se um odor forte e desagradável, principalmente no seu médio curso, fruto do quadro de degradação que está sujeito (SILVA; BORDALO, 2012).

O laudo do Instituto Evandro Chagas indica que o prejuízo ao meio-ambiente é bem maior do que a empresa admite. No entanto, a Imerys disse na época que não houve risco para a população com os vazamentos por se tratar de material “inerte e atóxico”. Mas os testes do Evandro Chagas comprovaram a alteração de

vários parâmetros químicos nas águas do igarapé Curuperé em relação aos dados coletados nos anos anteriores, indicando que o material causou sim contaminação. Isso ocorre porque, embora a empresa tenha divulgado que o caulim consiste em material "inerte e atóxico", ele é acrescido de diversas substâncias químicas em seu processo industrial de beneficiamento, o que foi propositalmente omitido (MPF, 2014b).

Quando ocorreram tais desastres provocados pela empresa Imerys RCC, o Ministério Público Federal (MPF) e o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA) acionou a Justiça pedindo providências urgentes para possibilitar que a população de Barcarena tivesse acesso à água potável, com base em pesquisas da Universidade Federal do Pará (UFPA) que comprovam a contaminação por metais pesados na água consumida por moradores do município (INESC, 2016).

Já com a Alunorte, houve vários vazamentos. E em 2002 houve poluição do ar por palmilha / fuligem (pó preto), onde atingiu a Vila do Conde. Posteriormente, houve o estouro de um mangote na ALUNORTE, o que causou uma mortandade de peixes muito grande no rio. Sendo a empresa considerada um risco constante de acidentes na área de estudo (SOUZA, 2012).

E devido aos impactos ocasionados pelas interferências antrópicas no Rio Murucupi, a população ficou impossibilitada de continuar a fazer uso da água do rio para atividades domésticas e balneabilidade. Esses fatos corroboram com o ocorrido no ano de 2009, no qual houve o derramamento de efluentes no rio Murucupi oriundos dos resíduos do processo de beneficiamento da bauxita (lama vermelha), o que promoveu alteração no corpo hídrico (PEREIRA JÚNIOR; JESUS, 2018).

Isso fez com que o rio Murucupi que outrora fora usado para várias atividades socioeconômicas como, a pesca artesanal, lazer e vias de circulação entre as comunidades que sobrevivem parcialmente dessas atividades em seu entorno, torna-se apenas um mero depositário dos dejetos produzidos pelos esgotos domésticos e industriais devido à forte expansão urbana aliada ao processo de industrialização de Barcarena. Sendo assim, fica evidente a fragilidade desse corpo d'água ao longo do seu percurso, em especial a montante onde as nascentes encontram-se próximas as bacias de rejeito, dentre elas as empresas Imerys RCC e a empresa Alunorte (SILVA; BORDALO, 2012).

O mesmo autor afirma que em decorrência da poluição que o rio Murucupi vem sendo exposto, permitiu que ocorressem mudanças na relação da população local com esse curso d'água.

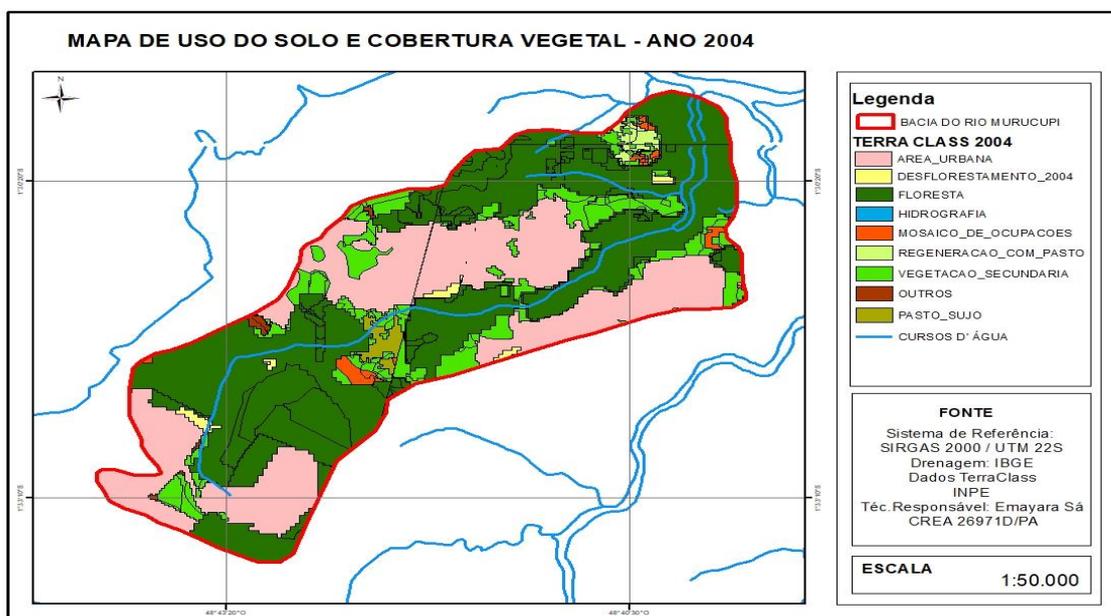
Essas marcas da ação do homem na bacia hidrográfica do rio Murucupi são identificadas também através do desmatamento da cobertura vegetal, do manejo realizado de forma totalmente inadequado dos solos e dos recursos hídricos, da prática de queimadas em diversas localidades e da expansão urbana realizada de forma desordenada. Na bacia, o que se vê com as análises de imagens de satélite, é a evidência da ação antrópica, resultado da degradação do meio ambiente e dos processos de transformação, quebrando um equilíbrio espontâneo da natureza e gerando consequências negativas ao meio como um todo.

6.2 PROJETO TERRACLASS

Os mapas de uso do solo e cobertura vegetal exemplificam claramente a degradação do meio ambiente ao longo dos anos. Neles são mostrados que tipos de atividades são exercidas sob a área de estudo, bem como o impacto negativo que elas causam durante cada ano estudado.

A Figura 24 exibe o mapa de uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2004, nele nota-se as diferentes variáveis de pressões que a área de estudo sofrera nesta época.

Figura 24- Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2004.



Fonte: Autor próprio (2017).

Na Tabela 7, são identificados valores referentes ao mapa de uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2004, nela observa-se que área urbana abrangia 875,87 ha, o desflorestamento 23,62 ha, floresta 1468,47 ha, hidrografia 0,02 ha, mosaico de ocupações 30,65 ha, regeneração de pasto 23,11 ha, vegetação secundária 350,46 há, outros 9,89 ha e pasto sujo 28,12 ha.

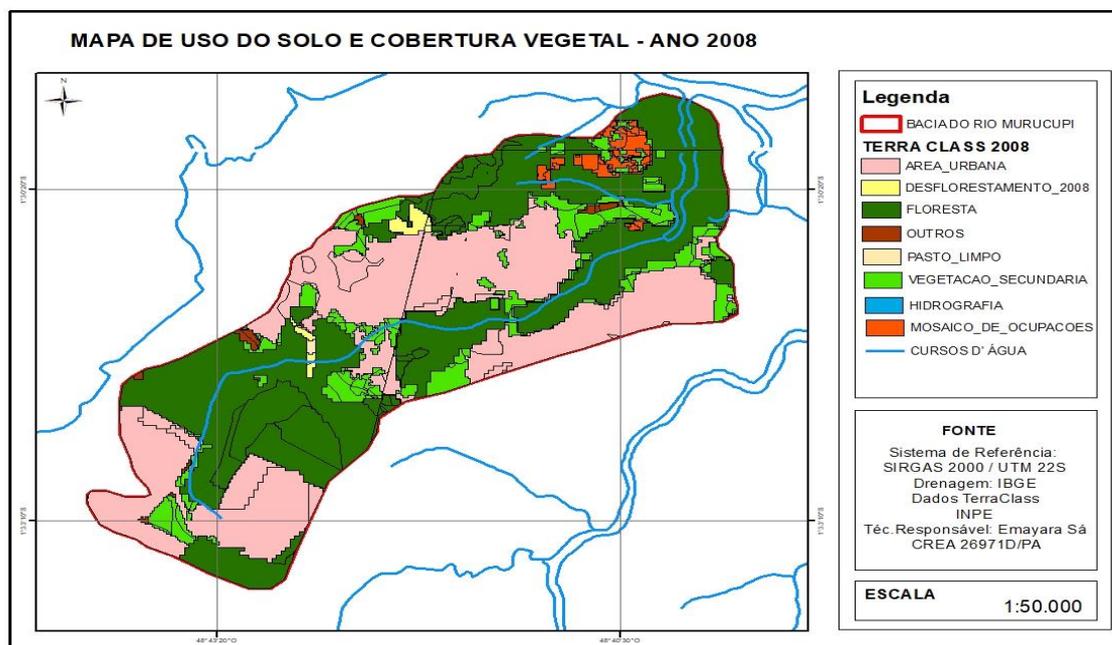
Tabela 7 – Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2004.

CATEGORIA	UNIDADE (HA)	(%)
Área urbana	875,87	31,16
Desflorestamento	23,62	0,84
Floresta	1.468,47	52,25
Hidrografia	0,02	0,00
Mosaico de ocupações	30,65	1,09
Regeneração com pasto	23,11	0,82
Vegetação secundaria	350,46	12,47
Outros	9,89	0,35
Pasto sujo	28,12	1
Total	2.810	100

Fonte: Autor próprio (2017).

Já a Figura 25 exibe o mapa para o ano de 2008, nele pode-se perceber que não houve a identificação de duas variáveis (pasto sujo e regeneração com pasto) e o acréscimo de uma (pasto limpo), se levar em consideração o mapa de 2004.

Figura 25 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2008.



Fonte: Autor próprio (2017).

Na Tabela 8 são apresentados os dados referentes ao uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2008. Neste ano a área urbana abrangia 1051,43 ha, desflorestamento 23,40 ha, floresta 1325,26 ha, hidrografia 0,02 ha, mosaico de ocupações 58,04 ha, vegetação secundária 332,17 ha, outros 17,39 ha e pasto sujo 2,51 ha.

Tabela 8 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2008.

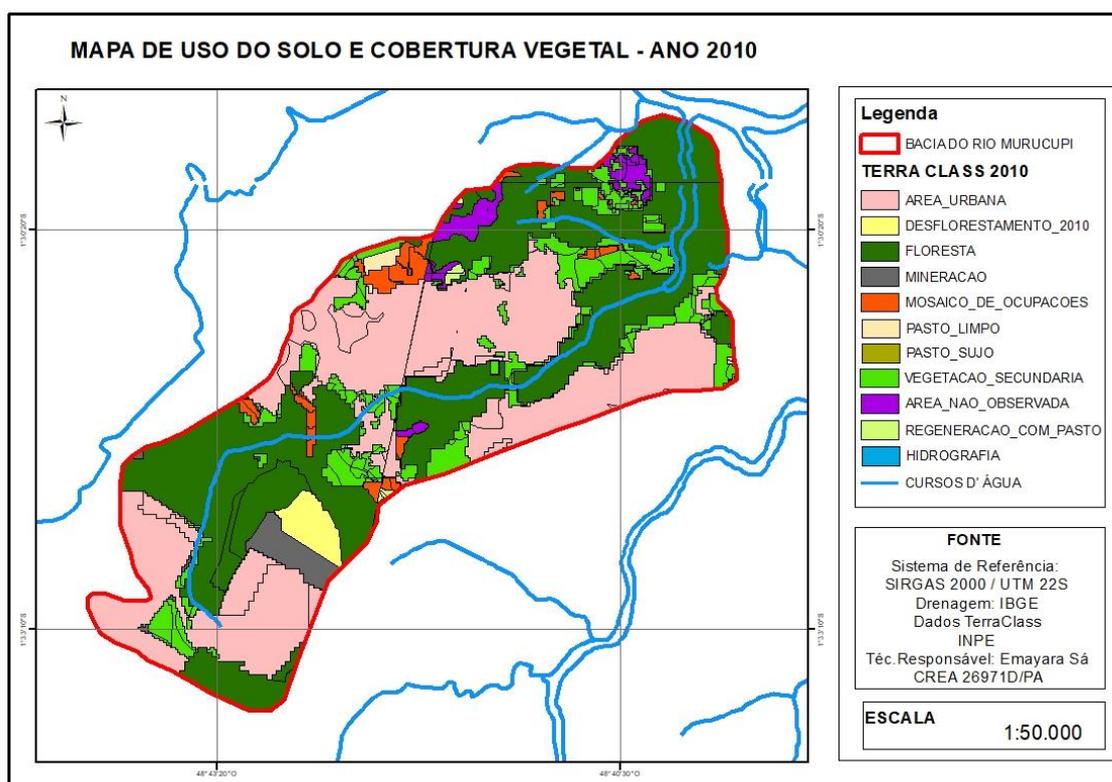
CATEGORIA	UNIDADE (HA)	(%)
Área urbana	1.051,43	37,41
Desflorestamento	23,40	0,83
Floresta	1.325,26	47,16
Hidrografia	0,02	0,00
Mosaico de ocupações	58,04	2,06
Vegetação secundária	332,17	11,82
Outros	17,39	0,61
Pasto limpo	2,51	0,08
Total	2.810	100

Fonte: Autor próprio (2017).

É notório que se comparar com o mapa anterior, houve um leve crescimento da variável área urbana (175,56ha-6,25%) e uma pequena diminuição do desflorestamento (0,22ha-0,01%). Em compensação a floresta (143,21ha-5,09%) e vegetação secundária (18,29ha-0,65%), tiveram uma diminuição bastante acentuada. Já mosaico de ocupações ocorreu um aumento expressivo (27,39ha-0,97%), e a variável outros e a hidrologia manteve constante. Neste mapa de 2008 foi possível a identificação da variável pasto limpo.

Na Figura 26, são demonstrados valores relacionados ao mapa de 2010 e as variáveis outrora presentes. Nele aparecem três variáveis (área não observada, pasto sujo e regeneração com pasto) que no mapa anterior não existia.

Figura 26 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2010.



Fonte: Autor próprio (2017).

Assim, na Tabela 9 são apresentados os dados referentes ao uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2010. Neste ano a área não observada abrangia 63,31 ha, área urbana 1.051,43 ha, desflorestamento 47,54 ha, floresta 1157,49 ha, hidrografia 0,02 ha, mosaico de ocupações 76,32 ha, vegetação secundária 346,92

ha, pasto limpo 9,755532 há, pasto sujo 0,002 ha, mineração 51,09 ha e regeneração com pasto 6,35 ha.

Tabela 9 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2010.

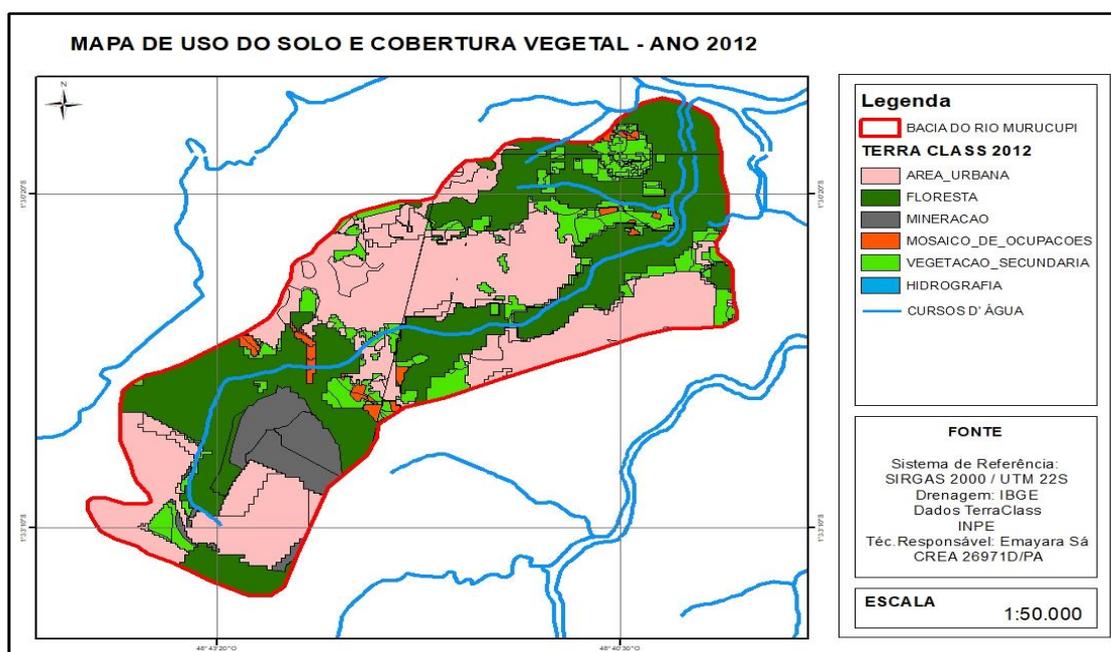
CATEGORIA	UNIDADE (HA)	(%)
Área não observada	63,31	2,25
Área urbana	1.051,43	37,41
Desflorestamento	47,54	1,61
Floresta	1.157,49	41,19
Hidrografia	0,02	0,00
Mosaico de ocupações	76,32	2,71
Vegetação secundária	346,92	12,34
Pasto limpo	9,75	0,34
Pasto sujo	0,002	0,00
Mineração	51,09	1,81
Regeneração com pasto	6,35	0,22
Total	2810	100

Fonte: Autor próprio (2017).

Ao fazer uma comparação com o mapa de 2008, os dados do mapa de 2010 mostra que as variáveis área urbana e hidrologia mantiveram-se constante. Entretanto, os valores relacionados ao desflorestamento (24,14ha-0,78%), mosaico de ocupações (18,28ha-0,65%) e pasto limpo (7,24ha-0,26%) merecem destaque pelo seu grande crescimento. E de maneira contrária, as variáveis floresta (106,06ha-3,78%) e vegetação secundária (14,75ha-0,52%) apresentaram valores inferiores. Foram identificados neste mapa as variáveis área não observada, pasto sujo e regeneração de pasto, que não apareceram no mapa de 2008.

Já a Figura 27 exhibe o mapa de 2012, nota-se que não houve a identificação de muitas variáveis (desflorestamento, vegetação secundária, outros e pasto limpo), porém para este ano surge uma variável (mineração) que nos mapas anteriores não foram possíveis de ser identificadas.

Figura 27 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2012.



Fonte: Autor próprio (2017).

Na Tabela 10 são expostos os dados referentes ao uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2012. Neste ano a área urbana abrangia 1.157,50 ha, floresta 1087,92 ha, hidrografia 0,02 ha, mosaico de ocupações 41,26 ha, vegetação secundária 346,92 ha e mineração 163,95 ha.

Tabela 10 - Dados do uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2012.

CATEGORIA	UNIDADE (HA)	(%)
Área urbana	1.157,50	41,19
Floresta	1.087,92	38,71
Hidrografia	0,025	0,00
Mosaico de ocupações	41,26	1,46
Vegetação secundária	359,59	12,79
Mineração	163,95	5,83
Total	2.810	100

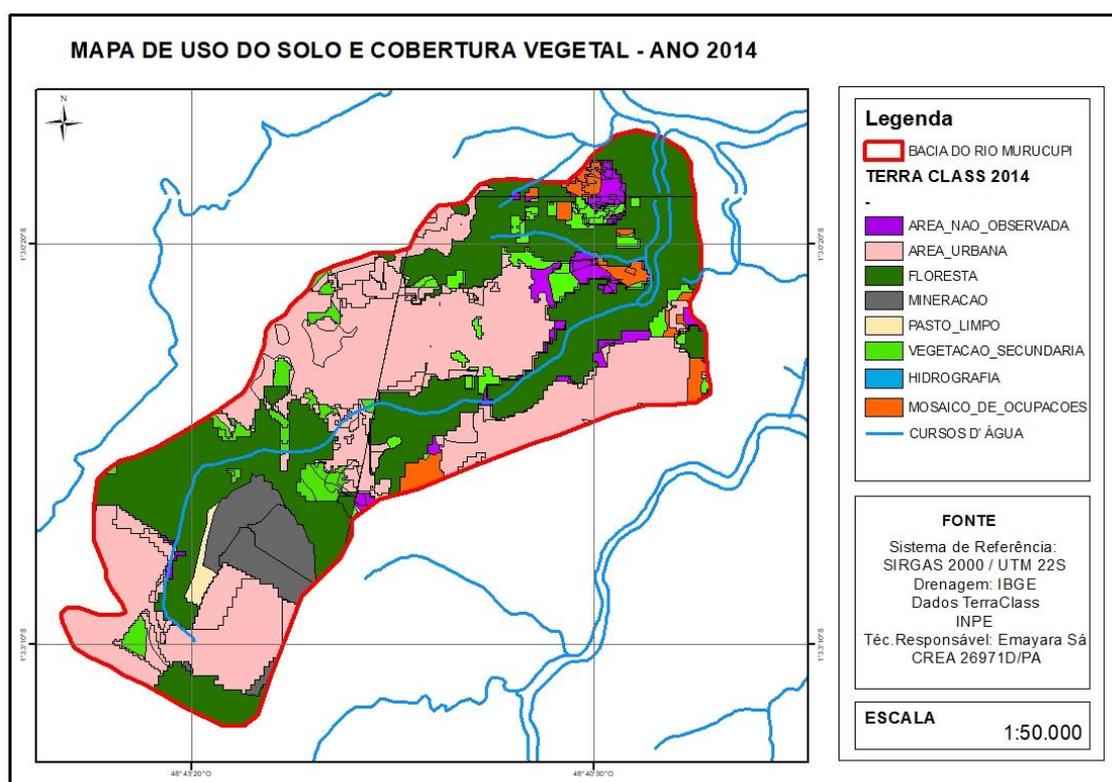
Fonte: Autor próprio (2017).

Neste mapa ocorreu um aumento do valor da variável área urbana (106,07-3,78%) e vegetação secundária (12,67ha-0,45%). E uma diminuição das variáveis floresta (69,57ha-2,48%), no caso do mosaico de ocupações ocorreu uma

diminuição (35,06ha-1,25%) devido à dificuldade de identificação por parte dos elaboradores do *shapfile* do projeto desta variável para este ano, ocorrendo esta discrepância de valores. A hidrologia manteve-se constante. E houve a identificação da variável mineração, que não foi possível ser apresentadas nos mapas anteriores, devido a sua não identificação pelo projeto TerraClass.

E por fim, a Figura 28 apresenta o mapa de uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2014. Assim como o mapa de 2010, este por sua vez não foi possível ser apresentado algumas variáveis (desflorestamento e outros) que foram demonstradas nos anos anteriores. Todavia, foi concebível mostrar a variável mineração.

Figura 28 - Mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2014.



Fonte: Autor próprio (2017).

Na Tabela 11 são apresentados os dados referentes ao uso do solo e cobertura vegetal para o ano de 2014. Neste ano a área não observada abrangia 85,06 ha, área urbana 1219,08 ha, floresta 1073,94 ha, hidrografia 0,02 ha, mosaico de ocupações 75,04 ha, vegetação secundária 182,42 ha, mineração 156,67 ha e pasto limpo 18,00 ha.

Tabela 11 – Dados do uso solo e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Murucupi no ano de 2014.

CATEGORIA	UNIDADE (HA)	(%)
Área não observada	85,06	3,02
Área urbana	1.219,08	43,38
Floresta	1.073,94	38,21
Hidrografia	0,02	0,00
Mosaico de ocupações	75,04	2,67
Vegetação secundária	182,42	6,49
Mineração	156,67	5,57
Pasto limpo	18,00	0,64
Total	2810	100

Fonte: Autor próprio (2017).

Ao comparar o mapa de 2014 com o mapa de 2012, é perceptível o crescimento da área urbana (61,58ha-2,19%) e a constância da variável hidrologia. Para este mapa ocorreu um crescimento da variável mosaico de ocupações (33,78ha-1,21%), quando comparado ao mapa do ano de 2010, visto que como mencionado anteriormente houve uma dificuldade de identificação para esta variável. Já as variáveis vegetação secundária (177.17ha-6,3%) e floresta (13,98ha-0.5%) ocorreu diminuição expressiva, e uma redução da variável mineração (7,28ha-0,26%). Nele também aparece a variável área não observada e pasto limpo, que se comparada ao mapa de 2010, aumentou praticamente o dobro do valor.

Na Tabela 12 é demonstrada uma visão geral do processo de uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Murucupi, expressando visualmente a evolução de cada variável durante os 10 anos (de 2004 a 2014), que os mapas anteriores representaram.

Tabela 12 – Uso do solo e cobertura vegetal dos anos de 2004 a 2014.

VARIÁVEIS	ANO				
	2004	2008	2010	2012	2014
Área urbana	875.877 ha	1.051.432 ha	1.051.432 há	1.157.500 ha	1.219.086 ha
Desflorestamento	23.623 ha	23.409 ha	47.549 ha	0	0
Floresta	1.468.478 ha	1.325.266 ha	1.157.490 ha	1.087.923 ha	1.073.943 ha
Hidrologia	0.0256 ha				
Mosaico de ocupações	30.656 ha	58.041 ha	76.322 ha	41.269 ha	75.046 ha
Regeneração de pasto	23.118 ha	0	6.359 ha	0	0
Vegetação secundária	350.466 ha	332.177 ha	346.926 ha	359.594 ha	182.425 ha

Cont.

VARIÁVEIS	2004	2008	2010	2012	2014
Outros	9.899 ha	17.398 ha	0	0	0
Pasto sujo	28.125 ha	0	0.002 ha	0	0
Pasto limpo	0	2.519 ha	9.755 há	0	18.003 ha
Área não observada	0	0	63.310 ha	0	85.063 ha
Mineração	0	0	0	163.956 ha	156.678 ha

Fonte: Autor próprio.

Na Tabela 12 são expostos os dados bastante acentuado do crescimento da variável área urbana de 12,21% (343,209 ha), já o desflorestamento ocorreu um aumento de 0,85% (23,926 ha), levando em consideração apenas os anos de 2004, 2008 e 2010, floresta houve uma diminuição de 14,03% (394,535 ha), a hidrologia manteve constante, mosaico de ocupações teve um aumento de 1,57% (44,39 ha), regeneração de pasto ocorreu uma diminuição de 0,2% (6.359 ha) apenas para os anos de 2004 e 2010, vegetação secundária sofreu uma diminuição de 5,97% (168,041 ha), para a variável outros houve um aumento de 0,002% (7,49 ha) isto para os anos de 2004 e 2008, pasto sujo houve uma diminuição de 0,00007% (0,002 ha), somente para os anos de 2004 e 2010, o pasto limpo ocorreu um aumento de 0,5% (15,485 ha), para os anos de 2008, 2010 e 2014, a variável área não observável ocorreu um aumento de 0,77% (21,753 ha), somente levando em consideração os anos de 2010 e 2014 e pôr fim a variável mineração teve uma diminuição de 0,25% (7,27 ha), levando em consideração apenas os anos de 2010 e 2014.

Todas essas pressões externas contribuíram para que o rio Murucupi tornasse alvo das principais descargas de efluentes advindos dos rejeitos produzidos a partir do beneficiamento da bauxita e caulim. A inserção das indústrias de alumina e caulim desencadeou impactos socioambientais no rio e no seu entorno, apesar do impacto positivo na economia local. Porém, quanto aos impactos ambientais, há a deterioração dos componentes físico-químicos e biológicos do meio como um todo. Tais fatos demonstram a vulnerabilidade dos recursos naturais e a fragilidade da gestão ambiental e hídrica dessas empresas. Bem como, a ausência de órgãos fiscalizadores estaduais e municipais responsáveis pelo cumprimento da legislação ambiental (adaptado de PEREIRA JÚNIOR; JESUS, 2018).

A população sofre com acidentes ambientais provocados pela atividade industrial e portuária, como o rompimento das bacias de efluentes, que contaminam

rios e igarapés, lançamento de partículas na atmosfera, provocando poluição atmosférica e, conseqüentemente, problemas para a saúde humana (SANTOS, 2015).

A ausência de saneamento básico na área de estudo compromete a qualidade das águas do Rio Murucupi. Esta situação se agravou ainda mais no período correspondente entre os anos de 2004 a 2014 com a liberação dos efluentes gerados pela atividade de transformação mineral, que por meio do transbordamento dos depósitos de rejeitos das empresas presentes na bacia, dentre elas a empresa Imerys responsável por 5 acidentes que tiveram influência direta na área de estudo, e devido aos períodos de elevados índices pluviométricos, acabou por comprometer mais ainda a qualidade das águas do Rio Murucupi (SILVA, 2012).

Visto isto, os moradores organizados em associações denunciaram a degradação do rio Murucupi pelas empresas de transformação mineral em Barcarena. Como fruto dessa denúncia os órgãos ambientais fiscalizadores foram acionados a cumprirem com suas atribuições e os meios de comunicação passaram a destacar o ocorrido. Porém até hoje esperam respostas para os infames acontecidos (SILVA; BORDALO, 2012).

Em decorrência do incidente de 2007, 52 famílias, entre moradores das comunidades Ilha São João, Curuperé e da Vila do Conde, foram remanejadas pela Defesa Civil para creches e colégios públicos, totalizando 196 pessoas atendidas pela Imerys Rio Capim Caulim com o fornecimento de alimentação, atendimento médico, materiais de alojamento, produtos de higiene e fornecimento de remédios (MPF, 2014b).

Outra consequência foi às desapropriações que ocorreram na região para implantação do projeto industrial, onde deixou muitas famílias sem terras e sem indenização, pois em sua maioria se tratavam de posseiros, que não possuíam o título da propriedade, tendo sido indenizados apenas pelas benfeitorias realizadas na propriedade, o que lhes assegurava um valor irrisório. Com pouco dinheiro da indenização, esses moradores ficavam impedidos até mesmo de migrar para outro local, a não ser para pagar aluguel ou se apropriar de outro terreno (MOREIRA, 2016).

Dessa forma, as comunidades tradicionais, rurais e ribeirinhas, que vivem em Barcarena há várias gerações ficam prejudicadas quanto ao uso do solo e do rio,

pois estabeleciam relação direta com a bacia hidrográfica do rio Murucupi no desenvolvimento rotineiro de suas atividades produtivas e sociais (SILVA, 2012).

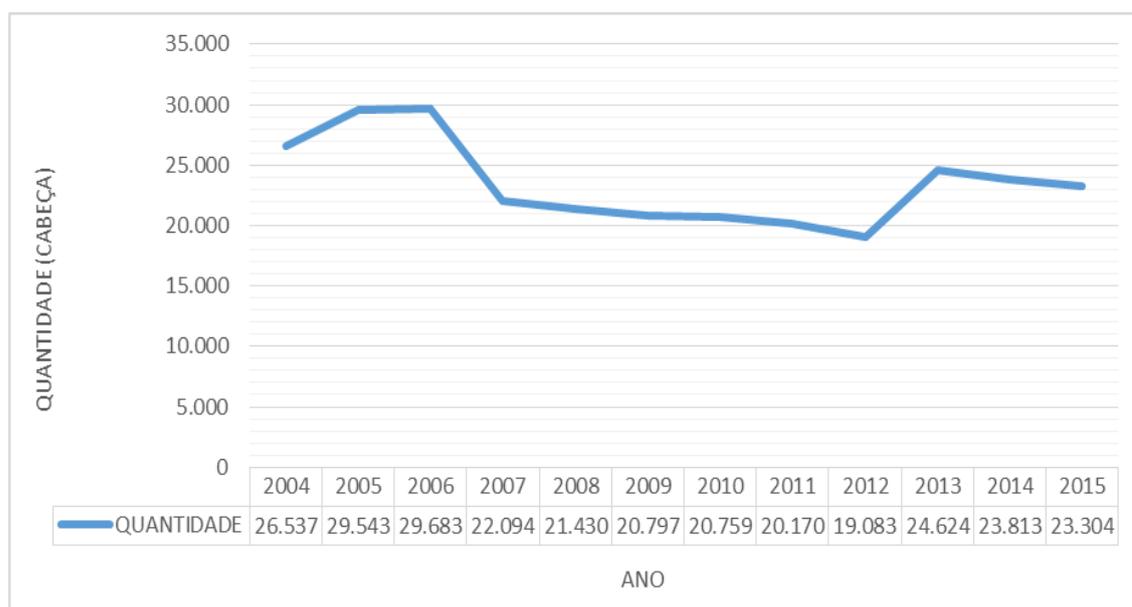
Todos esses acidentes atingiram a vida das famílias que moram na área. Elas ficaram sem água para beber, para uso doméstico e impedidos de pescar para se alimentar. Em protesto, realizaram manifestação nas vias de acesso ao parque industrial de Barcarena. Alguns moradores apresentaram coceiras e sintomas de intoxicação. Os poços utilizados pelas famílias na área também foram atingidos pela contaminação (SILVA *et al*, 2013).

Tal fato fica corroborado por estudos realizados em duas comunidades ribeirinhas presentes na área de estudo (ilha de São João e Curupéré) fazem uso da água contaminada, principalmente para transporte e lazer, sendo que na comunidade Ilha São João o uso é mais doméstico, como lavar roupa e louças, e trabalho, no caso a pesca de peixes e de camarão (FERNANDES; ALAMINO; ARAÚJO, 2014).

O que se percebe é que atuação dos órgãos públicos na região ainda é fraca e que somente os Termos de Ajustamento de Conduta - TACs, não são suficientes para proteger a população e o meio ambiente e muito menos para evitar novos acidentes causados pelas empresas que beneficiam minérios em Barcarena (INESC, 2016).

6.3 GRÁFICOS DO IBGE

Já em relação a produção agropecuária obtidos através de dados do IBGE, percebe-se a presença de mais atividades com impacto em Barcarena Estes dados são relacionados a pecuária, produção agrícola e extração vegetal. Neles tem-se a criação de animais, produção agrícola temporária e permanente e extração vegetal dos anos de 2004 a 2015, no município. Na Figura 29 são apresentados dados sobre a criação de animais (bovinos, equinos, asininos, muares, bubalinos, ovinos, galinhas, galos, frangos, pintos, codornas, caprinos, vacas ordenhadas, leite de vaca, ovos de galinhas e de codorna, galináceos, pirapitinga, tambacú, tambatiinga, tambaqui e tilápia,) no período de 2004 a 2015, o total da produção e dado por unidade.

Figura 29 - Criação de animais entre 2004 a 2015 na área de estudo.

Fonte: (IBGE, 2018).

Na Figura 29 são expostos valores de uma pecuária anual existente no período de 11 anos, referentes aos anos de 2004 a 2015. O ano de 2004 expressa valores da pecuária de 26.537 unidades, 2005 29.543 unidades, 2006 29.683 unidades, 2007 22.094 unidades, 2008 21.430 unidades, 2009 20.759 unidades, 2010 20.759 unidades, 2011 20.170 unidades, 2012 19.083 unidades, 2013 24.624 unidades, 2014 23.813 unidades e 2015 23.304 unidades. Com destaque positivo para os anos de 2005 e 2006, e negativo para o ano de 2012.

O estado do Pará possui o principal rebanho da Região Norte do Brasil, com destaque para a bovideocultura (rebanho bovino e bubalino), contando também com a criação de aves, suínos, equinos, ovinos e caprinos, com participação de 54% do PIB do setor primário. Este desempenho positivo é decorrente, sobretudo, do processo de modernização tecnológica que vem sendo impresso, nos últimos anos, à pecuária paraense, consubstanciado na introdução de novos sistemas de produção (pastejo rotacionado, integração lavoura/pecuária/floresta), no melhoramento de pastagens, na melhoria genética e sanitária do rebanho, e na preocupação com o bem-estar animal (FAPESPA, 2015).

Entretanto, o balanço da pecuária no Pará fechou o ano de 2016 com saldo negativo. O setor registrou queda de 30% nas exportações de carne e 11% na exportação do boi vivo. O principal motivo da forte queda do setor é devido a interdição de parte do porto da Vila do Conde, em Barcarena, por conta do naufrágio

do navio Haidar, que afundou com cinco mil bois vivos em outubro de 2015 (G1, 2017).

O acontecido mostra a importância do município de Barcarena para o estado Pará, visto que o porto de vila do conde é um dos mais importantes pontos de escoação de produtos minerais, pecuários e agrícolas existente no Pará.

Fazendo um comparativo do mapa do TerraClass com a variável mosaico de ocupações que faz referência a pecuária, com os dados do IBGE no que tange a pecuária, verificasse uma proporcionalidade. Percebe-se que em 2004 o mapa TerraClass demonstra a utilização de 30.656 ha para criação de animais enquanto os dados do IBGE mostram a pecuária com valores de 26.537 unidades, 2008 o TerraClass expressa valores de 58.041 ha e o IBGE 21.430 unidades, já em 2010 o TerraClass mostra valores de 76.322 ha enquanto o IBGE 20.759 unidades, o ano de 2012 para o TerraClass demonstra valores de 41.269 ha e o IBGE 19.083 unidades e por fim o mapa do TerraClass para o ano 2014 expressa valores de 75.046 ha e o IBGE 23.813 unidades.

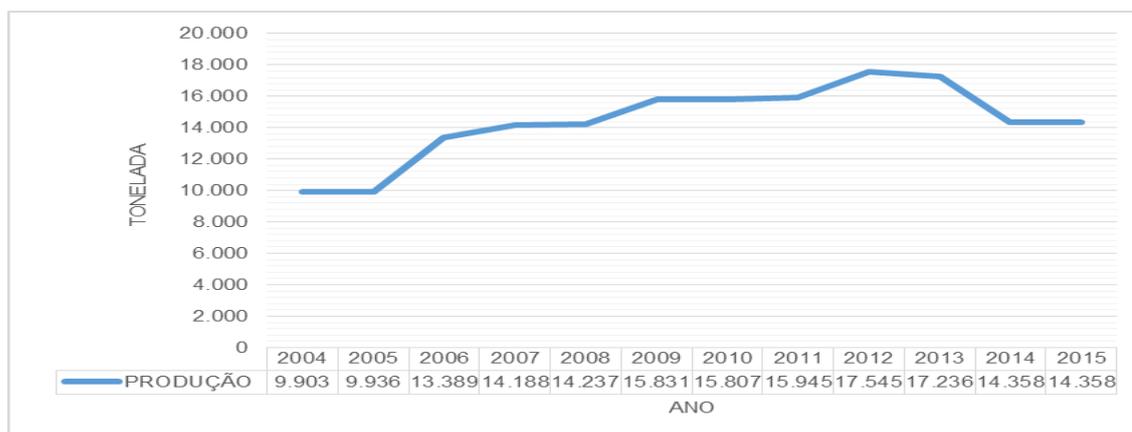
Tendo em vista que para não haver o esgotamento da capacidade de suporte do solo, é necessária a criação de um animal por hectare (EMBRAPA, 2018). Mas é importante frisar que a quantidade de animais por hectare também varia conforme a localização da área a ser implementada, fertilidade do solo, qualidade e tipo de pastagens, manejo da propriedade, etc. Do mesmo modo, a superlotação das pastagens interfere negativamente na fertilidade. É frequente encontrar propriedades com um número de animais maior do que sua capacidade suporte (USP, 2018).

Isto gera impactos negativos como a redução da biodiversidade de espécies; erosão, compactação, redução da fertilidade dos solos, com salinização e desertificação de áreas; contaminação dos solos, ar, água, fauna e flora por agrotóxicos e fertilizantes; poluição do ar por fumaça e material particulado, devido às queimadas; aumento da velocidade do vento, devido ao desmatamento etc (WÜST; TAGLIANI; CONCATO, 2015).

Foi possível também obter dados junto ao IBGE referentes a agricultura de Barcarena. Para este tipo de gráfico foi dividido em duas partes, a de lavoura temporária e permanente. O primeiro deles faz referência a lavoura temporária (abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, melancia e milho), sendo que neste caso foram divididos em mais dois gráficos devido as unidades de medida da

produção anual, do período de 2004 a 2015. O primeiro deles é a Figura 30, na qual é mostrado a produção de Barcarena sem a produção do abacaxi.

Figura 30-Produção anual da lavoura temporária entre 2004 a 2015 na cidade de Barcarena-Pa.

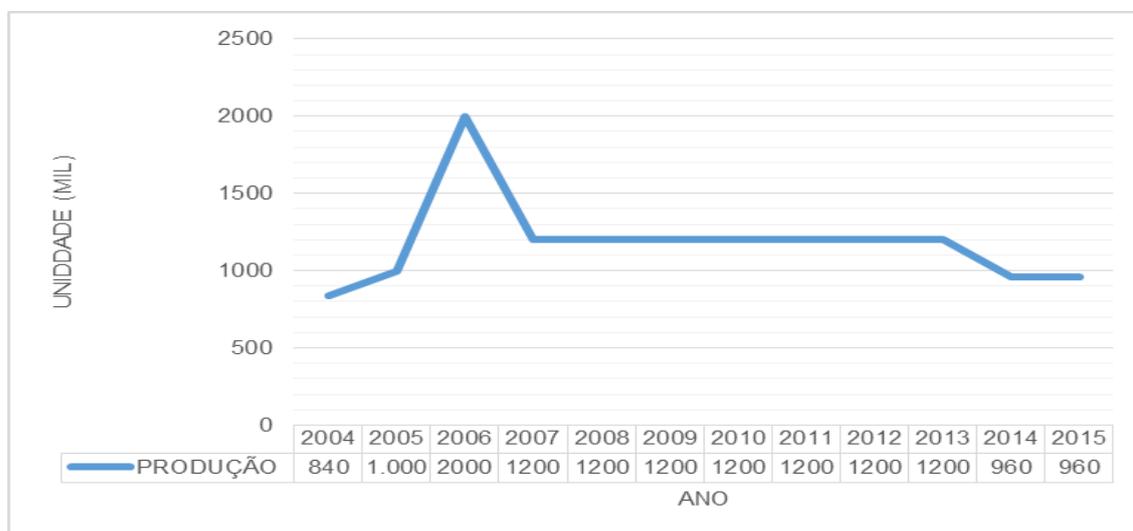


Fonte: (IBGE, 2018).

Nesta figura observa-se que a produção agrícola temporária de 2004 atingiu valores de 9.903 ton., 2005 9.936 ton., 2006 13.389 ton., 2007 14.188 ton., 2008 14.237 ton., 2009 15.831 ton., 2010 15.807 ton., 2011 15.807 ton., 2012 17.545 ton., 2013 17.236 ton., 2014 14.358 ton. e por fim 2015 14.358 ton. Com destaque positivo para o ano de 2013 e negativo para os anos de 2004 e 2005.

A Figura 31, faz referência a produção da lavoura temporária somente para o abacaxi dos anos de 2004 a 2015. Esta separação deu-se por conta das unidades de medidas, sendo este Gráfico contabilizado por unidade.

Figura 31-Produção anual da lavoura temporária (abacaxi) entre 2004 a 2015 na cidade de Barcarena-Pa.

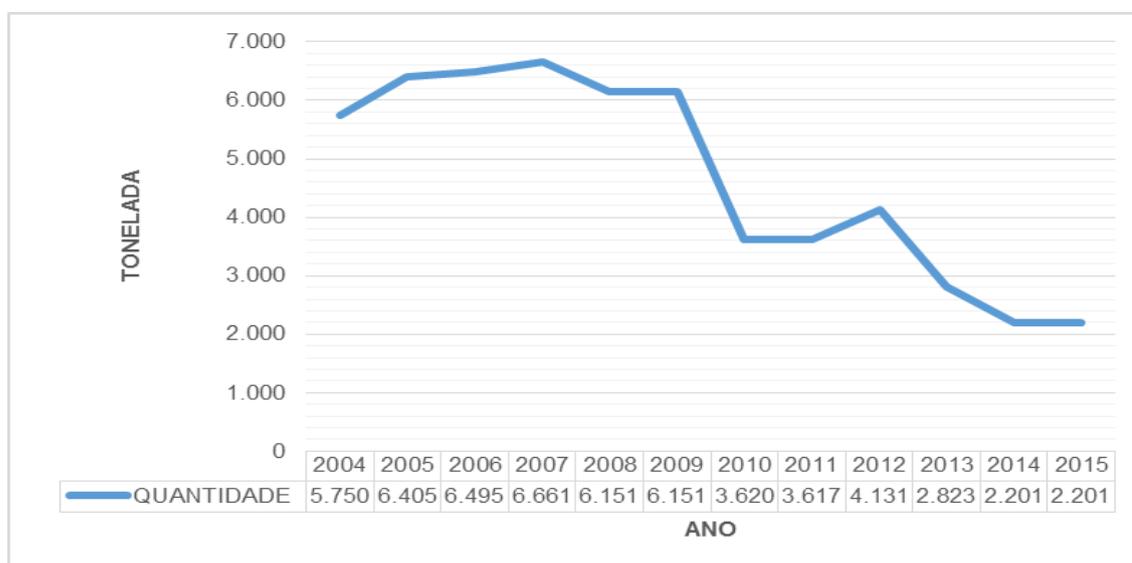


Fonte: (IBGE, 2018).

Na Figura 31, expõem valores da produção do abacaxi anual da lavoura permanente entre os anos de 2004 a 2015. Nele observa-se que para o ano de 2004 a produção foi de 840 unidades, 2005 1.000 unidades, 2006 2.000 unidades, 2007 1.200 unidades, 2008 1.200 unidades, 2009 1.200 unidades, 2010 1.200 unidades, 2011 1.200 unidades, 2012 1.200 unidades, 2013 1.200 unidades, 2014 960 unidades e 2015 960 unidades. Com destaque positivo para o ano de 2006 e negativo para o ano de 2004.

Já os Gráficos 32 e 33, fazem referência a lavoura permanente (banana, cacau, coco-da-baía, laranja, limão, mamão, maracujá e pimenta-do-reino) e assim como os gráficos da lavoura temporária, também foram divididos em duas partes, devido as diferentes unidades de medidas adotadas para a contabilização das suas produções. O primeiro deles é a Figura 32, que expressa valores da produção permanente em toneladas de Barcarena no período de 2004 a 2015.

Figura 32-Produção anual da lavoura permanente entre 2004 a 2015 na área de estudo.

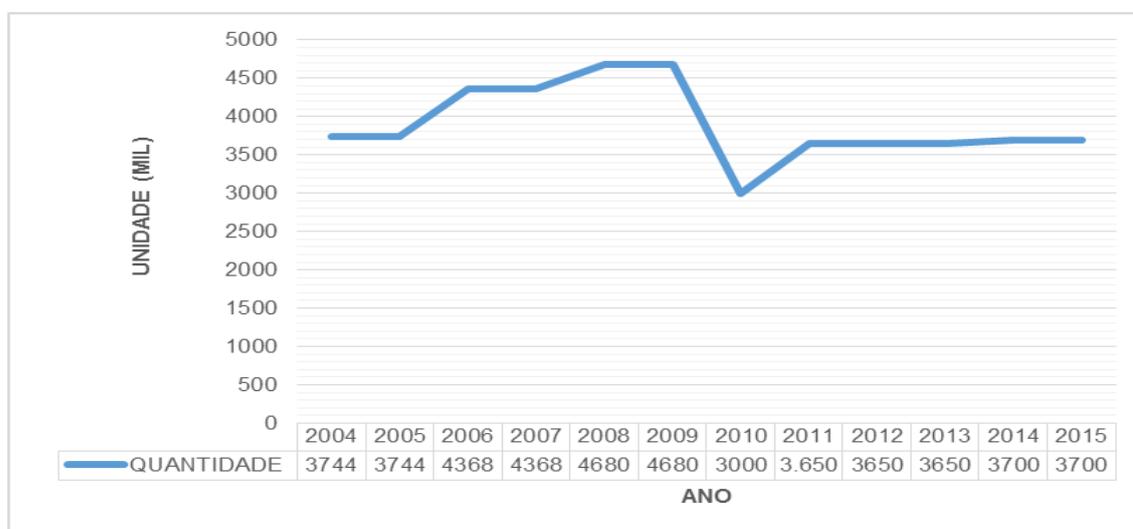


Fonte: (IBGE, 2018).

Nesta Figura observa-se que a produção de 2004 atingiu valores de 5.750 ton., 2005 6.405 ton., 2006 6.495 ton., 2007 6.661 ton., 2008 6.151 ton., 2009 6.151 ton., 2010 3.620 ton., 2011 3.617 ton., 2012 4.131 ton., 2013 2.823 ton., 2014 2.201 ton. e por fim 2015 2.201 ton. Com destaque positivo para os anos de 2005, 2006 e 2007 e negativo para os anos de 2014 e 2015.

A Figura 34, é um complemento do Gráfico10, pois faz referência a lavoura permanente de 2004 a 2015, mas dessa vez somente quantificando por unidade a produção de coco-da-baía.

Figura 33-Produção anual da lavoura permanente (coco-da-baía) entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa.



Fonte: (IBGE, 2018).

A Figura 33, expressa a produção anual da lavoura permanente referente ao coco-da-baía para os anos de 2004 a 2015. Pode-se observar que para o ano de 2004 houve a produção anual de 3.744 unidades, 2005 3.774 unidades, 2006 4.368 unidades, 2007 4.368 unidades, 2008 4.680 unidades, 2009 4.680 unidades, 2010 3.000 unidades, 2011 3.650 unidades, 2012 3.650 unidades, 2013 3.650 unidades, 2014 3.700 unidades e por fim 2015 3.700 unidades. Com destaque positivo para os anos de 2006, 2007, 2008 e 2009 e negativo para o ano de 2010, já os outros anos mantiveram-se na média.

Quando comparado os valores da produção agrícola temporária e permanente com os mapas do TerraClass da variável mosaico de ocupações percebe-se que os valores encontrados também contribuíram para o aparecimento de tais dados em todos os anos, desde 2004 até 2014, visto o quantitativo da produção. Neste caso não se pode confrontar valores, pois não se sabe o quantitativo das áreas utilizadas para produção agrícola, ao contrário da pecuária que através do valor da criação de um animal de grande porte (1ha por animal), pode-se estimar a quantidade de área utilizada para tal variável, pecuária.

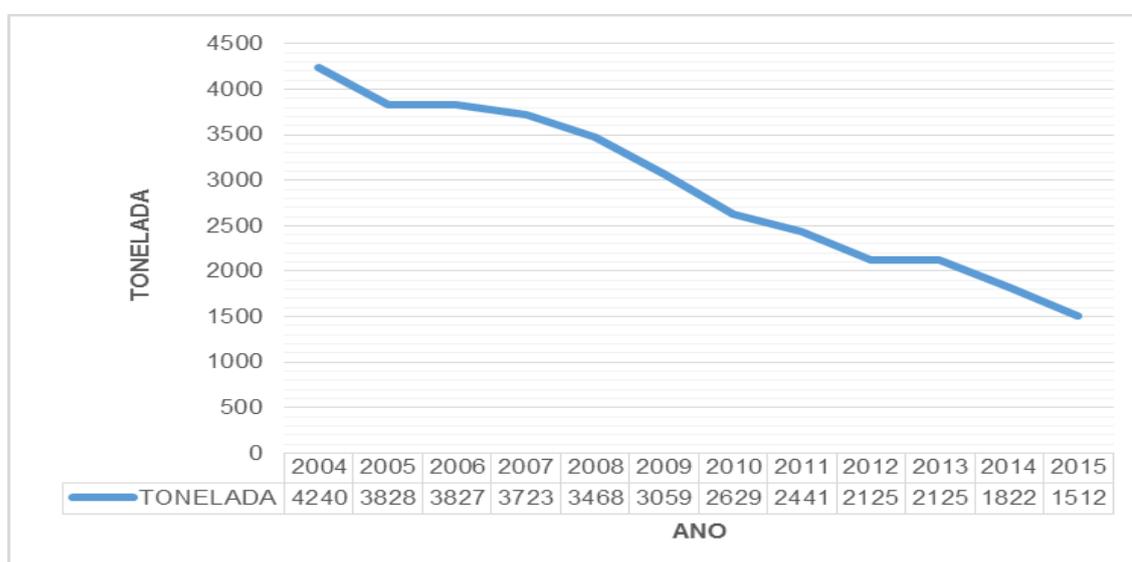
Outro fator que ratifica a presença da variável mosaico de ocupações nos mapas do TerraClass é que estado do Pará, junto ao Mato Grosso, são os maiores exportadores da Amazônia, principalmente devido a produtos primários (aí incluída a produção da agricultura) (FREITAS; RODRIGUES; SILVA, 2015).

E a atividade pecuária, já vista anteriormente, possui um rebanho calculado em mais de 14 milhões de cabeças bovinos, também é coautora do aparecimento da variável mosaico de ocupações, estando mais presente no sudeste paraense, enquanto a agricultura é mais intensa no Nordeste, região em que se encontra Barcarena. Outro dado importante é que o Pará é o maior produtor de pimenta-do-reino do Brasil e está entre os primeiros na produção de coco-da-baía e banana (GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, 2017).

Porém, a degradação ambiental advinda da atividade agropecuária é grande, pois há poluição e contaminação desencadeada por defensivos agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e erosões. Além desse tipo de poluição, existem ainda aqueles que ocorrem por motivos acidentais, que prejudicam o solo, e também afeta a água. (WÜST; TAGLIANI; CONCATO, 2015).

Foi obtido também valores da extração vegetal (açai, palmito, carvão vegetal, lenha, madeira em tora, plantas aromáticas, medicinais, tóxicas, corantes, fibras, oleaginosas, produtos alimentícios e buriti), do município de Barcarena no período de 2004 a 2015. Assim, como ocorreu nos gráficos de lavoura temporária e permanente, para os gráficos de extração vegetal foram separados em dois gráficos distintos, devido as unidades de medida. Na Figura 34, é exibida a extração vegetal em toneladas para a cidade de Barcarena, com a exceção dos valores de lenha e madeira.

Figura 34- Extração vegetal em toneladas entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa.

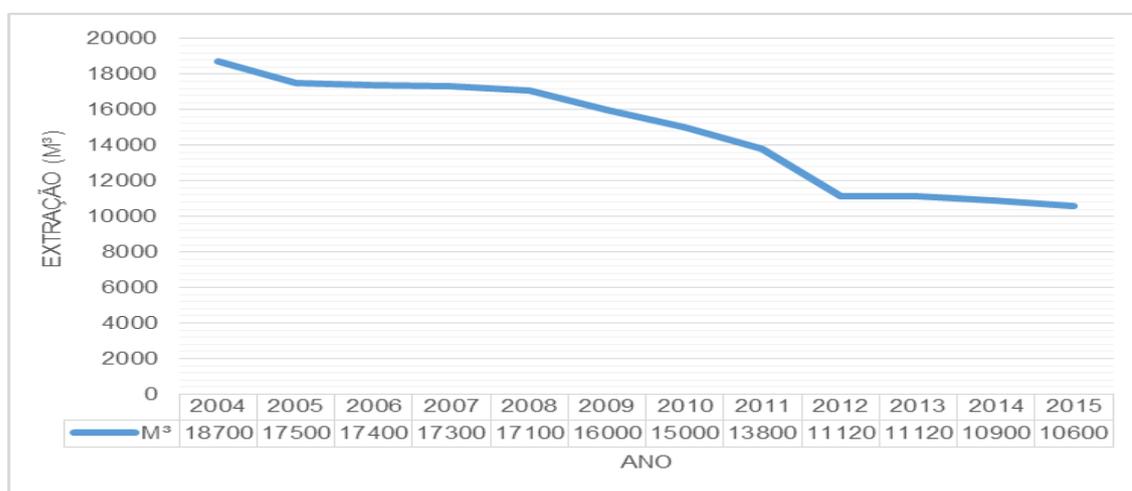


Fonte: (IBGE, 2018).

Nesta Figura 34, observa-se que a produção de 2004 atingiu valores de 4.240 ton., 2005 3.828 ton., 2006 3.827 ton., 2007 3723 ton., 2008 3.468 ton., 2009 3.059 ton., 2010 2.629 ton., 2011 2.441 ton., 2012 2.125 ton., 2013 2.125 ton., 2014 1.822 ton. e por fim 2015 1.512 ton. Com destaque positivo para o ano de 2004 e negativo de 2015.

Já na Figura 35, é apresentada a extração vegetal (lenha e madeira) em metros cúbicos para o município de Barcarena no estado Pará para os anos de 2004 a 2015.

Figura 35-Extração vegetal em metros cúbicos (m³) para lenha e madeira entre 2004 a 2015 em Barcarena-Pa.



Fonte: (IBGE, 2018).

Nesta Figura 35, observa-se que a produção de 2004 atingiu valores de 18.700 m³, 2005 17.500 m³, 2006 17.400 m³, 2007 17.300 m³, 2008 17.100 m³, 2009 16.000 m³, 2010 15.000 m³, 2011 13.800 m³, 2012 11.120 m³, 2013 11.120 m³, 2014 10.900 m³ e por fim 2015 10.600 m³. Com destaque positivo para o ano de 2004 e negativo para os 2014 e 2015.

Quando se analisa os valores de extração vegetal, relacionados a lenha e madeira, verifica-se uma diminuição dos dados ao passar dos anos, havendo uma redução de 43,3%, isso se deve talvez as políticas ambientais que começaram a ficar mais severas, e sobretudo com promulgação do código florestal no ano de 2012, que estabeleceu uma série de requisitos pelas quais os comerciantes de madeira deveriam cumprir.

E ao comparar com os mapas do TerraClass, nota-se que a medida que a variável floresta diminui o desflorestamento aumenta, todavia como não foi possível obter dados para os anos de 2012 e 2014 para o desflorestamento, impossibilita uma análise mais profunda a respeito dos dados do IBGE junto aos mapas do TerraClass. Mas pode-se notar que a variável floresta com o passar dos anos vem diminuindo, assim como os dados de extração vegetal (lenha e madeira), do IBGE. E apesar dessas valores não estarem em acordo, visto que com o aumento de um dado o outro deveria automaticamente diminuir, e importante lembrar que os mapas do TerraClass faz referência apenas a área de estudo e os dados do IBGE de Barcarena como um todo e a explicação mais lógica para esse fato é a extração vegetal ilegal tão comum em nossa região e que não irão compor os dados oficiais legais, expressando mais uma vez a falta de fiscalização local como meio de evitar esse processo de degradação ambiental.

Isso porque a opção extrativa deve ser considerada com cautela, principalmente para produtos que apresentam um grande estoque natural, como é o caso do fruto e do palmito de açaí, da madeira, da castanha-do-pará e até mesmo da seringueira, devendo adotar medidas que permitem uma extração mais balanceada. A manutenção do extrativismo não deve ser feita em detrimento das alternativas tecnológicas decorrentes da domesticação (HOMMA, 2012).

Fundamentado na prerrogativa de que a composição da economia paraense é voltada principalmente às atividades extrativistas e à indústria de minério de ferro, tendo como consequência positiva o aquecimento da economia mesmo em tempos de recessão da economia nacional (BEZERRA, 2016), o que leva a um consumo elevado dos produtos naturais e consequência alarmantes ao meio ambiente.

Estudos realizados na área da bacia observaram o desenvolvimento de atividades produtivas, como o manejo do açaí (principalmente na área de várzea do rio) e criação de animais (galinha, porcos e outros), objetivando a geração de renda e o sustento da família, ainda que na área esteja sendo incorporada pela expansão urbana (SILVA; BORDALO, 2012).

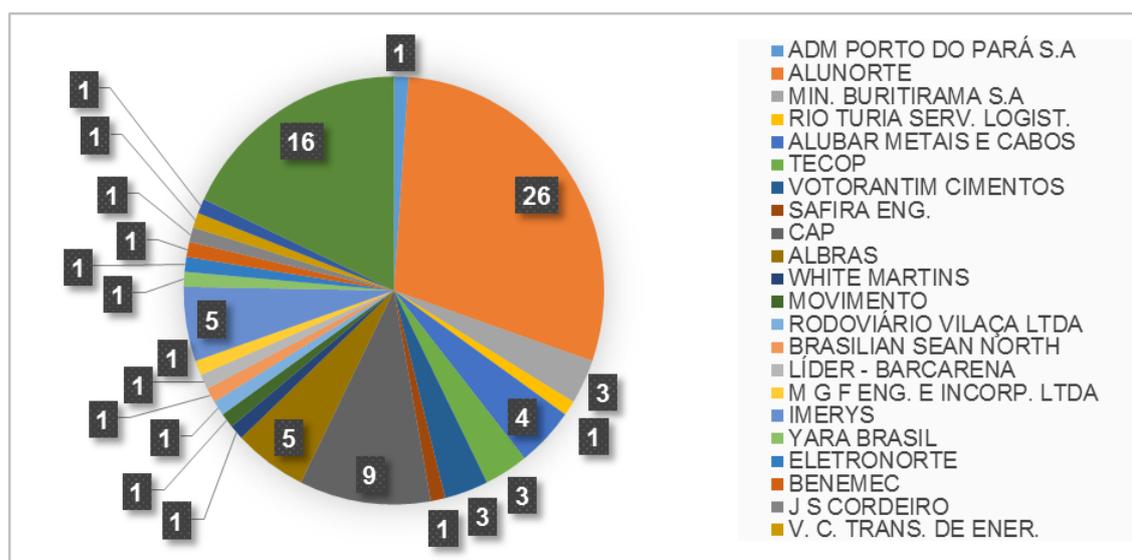
No entanto, com os acidentes ambientes provocados pelas empresas minerais em Barcarena há algumas décadas, famílias tiveram suas atividades de subsistência prejudicadas, pois os peixes praticamente desapareceram por causa da contaminação das águas, além da contaminação do solo, alterando o sabor de alguns produtos cultiváveis, como a mandioca, impactante fortemente a soberania

alimentar das comunidades, além das alterações na dinâmica social das famílias (LAEPI, 2018).

6.4 IDENTIFICAÇÃO DOS USOS DA ÁGUA POR EMPRESAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI

Outro exemplo desse elevado consumo dos bens naturais e a utilização da água na área de estudo, observada pelas liberações de outorgas (licenças ambientais para uso da água) as empresas instaladas na região, como é mostra a Figura 36.

Figura 36-Quantidade total de outorgas licenciadas por empresa entre 2008 e 2015 na bacia hidrográfica do rio Murucupi.



Fonte: (SEIRH, 2017).

Na Figura 36, são exibidas as quantidades de outorgas liberadas para cada empresa ocupante e utilizadora da área de estudo. Estes dados são referentes do período de 2008 a 2015. Nesta figura nota-se que durante esse tempo houve na cidade de Barcarena a liberação de 89 outorgas para as mais diversas empresas, sendo a maior detentora de outorgas a ALUNORTE, a empresa Imerys Rio Capim Caulim detém apenas 5 outorgas.

A Imerys RCC utiliza estas outorgas para fazer uso da água em várias etapas produtivas, desde o transporte do caulim pelo mineroduto, passando pelo processo

de beneficiamento até o tratamento de rejeitos. Para tanto, a empresa em questão usa os rios, igarapés e poços para captação de água a ser utilizada pela fábrica. Não o bastante, ainda lança os efluentes da fábrica no rio Dendê e no igarapé Curuperé, não constando a outorga de lançamento nos dados da SEMAS (FERREIRA 2015).

Com isso município de Barcarena viveu (e vive) um processo de adaptação local/regional ao momento industrial, em decorrência da implantação do complexo fábrica-vila-porto referente à racionalidade instrumental das empresas de transformação mineral, explicando, dessa forma, as razões da emergência do município como Distrito Industrial de Barcarena, contribuindo para os impactos físico-ambientais, o que alterou, significativamente, a dinâmica socioespacial (CARMO; CASTRO; PATRÍCIO, 2015).

Em decorrência dos conflitos pelo uso da água, e com a tendência de novas fábricas serem instaladas no município, o cenário torna-se preocupante, pois a estrutura administrativa do município de Barcarena sofreu poucos avanços, principalmente, no que diz respeito à gestão ambiental, gestão dos recursos hídricos e a gestão das tensões pelo uso da água, e com isso, tende a não suportar a demanda de questões e disputas que poderão ser gerados pelo uso da água nesses novos empreendimentos. Nesse sentido, destaca-se o possível aumento de conflitos pelo uso da água nas áreas de influência direta desses projetos (FERREIRA, 2015).

Um desses conflitos pode ser destacado pela Tabela 13, que expõem os conflitos pela água no município de Barcarena-Pa.

Tabela 13 - Conflitos pela água em Barcarena.

MUNICÍPIO	NOME DO CONFLITO	DATA	FAMILIAS	TIPO CONFLITO	SITUAÇÃO
Barcarena	Vila do Conde/Furo do Arrozal/Multinacional Bunge	01/01/2016	200	Uso e preservação	Destruição e ou Poluição
Barcarena	Igarapé Curuperé e Dendê/Imerys Rio Capim Caulim	29/10/2016	60	Uso e preservação	Destruição e ou Poluição

Fonte: (CANUTO; LUZ; ANDRADE, 2016).

Na Tabela 13, expressa os principais conflitos em Barcarena, nela pode-se notar a presença da empresa Rio Capim Caulim, autora de inúmeros desastres na

área de estudo, como expressado na Tabela 3 pág. 47, que elenca os inúmeros acidentes diretamente ligados a empresa Imerys. Pois como expõem Canuto; Luz e Andrade, (2016), os conflitos sobre a água em Barcarena vem se perdurando desde 2007 até os dias atuais.

Estudos realizados por Ferreira (2015) na comunidade Ilha São João e Curuperé, constataram que houve mudanças relacionadas à água provocadas pelos acidentes da empresa Imerys RCC, dentre elas, destacam-se o mau cheiro, gosto estranho, mortandade de animais e doenças, além do fato de todos os moradores afirmarem que houve alteração na cor da água.

Outro acidente que ocorreu, foi o transbordamento de rejeitos da barragem da refinaria de alumina *Hydro Alunorte*, constatado entre os dias 16 e 17 de fevereiro de 2018, e confirmado pelo Instituto Evandro Chagas (IEC), Órgão vinculado à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS), após denúncias de famílias de diversas comunidades do município de Barcarena. Foram encontrados elementos químicos como chumbo, sódio, nitrato e alumínio em níveis acima do permitido nas amostras de água do igarapé denominado Bom Futuro e Comunidades ribeirinhas e quilombolas foram inundadas e os rios, igarapés e poços artesianos, contaminados (LAEPI, 2018).

Em tese, com a implantação destes projetos, Barcarena deveria se tornar um polo de crescimento na região em função, principalmente, da construção de equipamentos infraestruturais (portuários, energéticos, urbanos e serviços) que se consolidaria com a implantação do complexo industrial. Porém, o que se observa são projetos que acabam por gerar processos imprevisíveis, produtores de (des)estruturação e (re)estruturação do território, processos que podem ser compreendidos como uma transformação substancial nas relações socioespaciais, sendo ao mesmo tempo a origem das transformações, gerando conflitos por uma base material, um território que viabiliza a existência e a reprodução social na região (SILVA, 2017).

O mesmo autor afirma que o crescimento econômico do estado do Pará, com a dinâmica econômica trazida pelas atividades direta e indiretamente ligadas a mineração fez do município de Barcarena, um dos mais importantes do setor mineral e ao mesmo tempo fez crescer a receita municipal.

Em 2014, Barcarena tinha um PIB per capita de R\$ 34.455,26. Na comparação com os demais municípios do estado, sua posição era de 4 de 144. Já

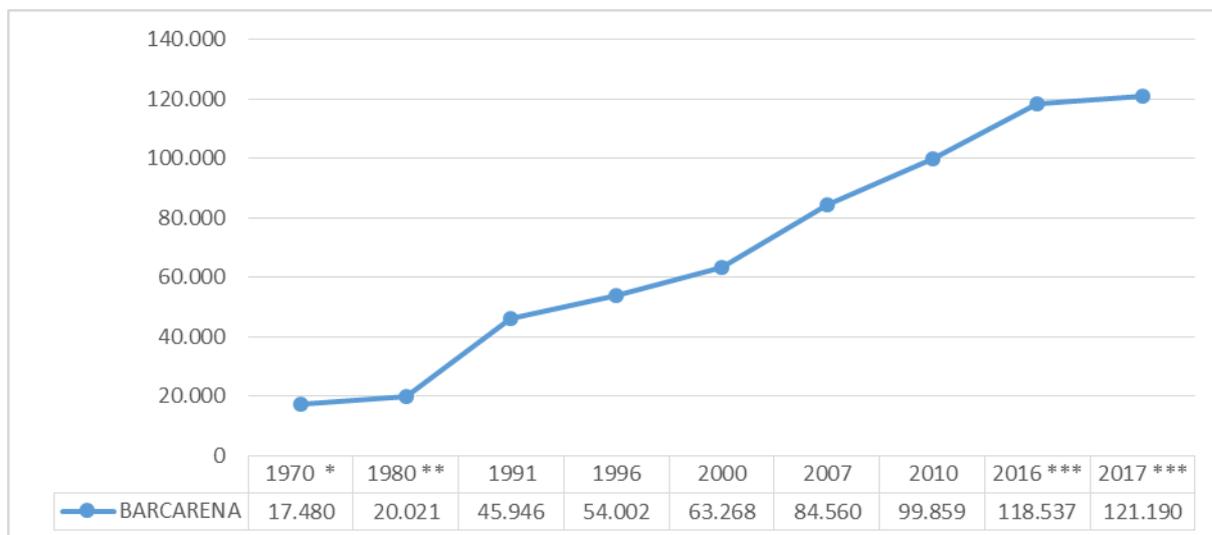
na comparação com cidades do Brasil todo, sua colocação era de 572 de 5.570. Em 2015, tinha 71% do seu orçamento proveniente de fontes externas. Em comparação às outras cidades do estado, estava na posição 75 de 144 e, quando comparado a cidades do Brasil todo, ficava em 4.462 de 5.570 (IBGE, 2017).

6.5 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE BARCARENA.

O desenvolvimento econômico de Barcarena ao longo dos anos, possibilitou que o distrito Industrial do município, contribuísse para os impactos físico-ambientais local, o que alterou significativamente a dinâmica socioespacial. E gerou consequências a população como: inchaço populacional, provocado pela procura de emprego, deslocamento de parte da população para outras áreas periféricas do município, alterações em seu quadro físico-natural e, ainda, a poluição propagada por via atmosférica e hidrográfica (CARMO; CASTRO; PATRÍCIO, 2015).

No entanto, o governo federal na tentativa de evitar tais consequências criou a lei nº 6.665, de 3 de julho de 1979 que dispõe sobre a criação da Companhia de Desenvolvimento de Barcarena – CODEBAR (fazendo parte da estrutura do Ministério do Meio Ambiente), tendo por objetivo a execução e a administração de obras e serviços de urbanização em área destinada ao assentamento humano de apoio à instalação e ao funcionamento do complexo industrial metalúrgico no Município de Barcarena, ou seja, a companhia foi criada para organizar o processo de urbanização da cidade. Porém, o que se pode ver foi um acúmulo histórico de graves violações de direitos na memória das comunidades da região (MPF, 2008).

A Figura 37 mostra a evolução populacional de Barcarena, desde 1970 até 2017, em relação ao estado do Pará.

Figura 37-Evolução populacional de Barcarena no período de 1970 até 2017.

Fonte: (IBGE, 2018).

Nesta Figura 37 nota-se que a evolução da populacional de Barcarena foi bastante expressiva em 47 anos. Em 1970 a população de Barcarena era de 17.480 munícipes; em 1980 Barcarena tinha 20.021 munícipes; já em 1991, existia em Barcarena 45.9946 munícipes; no ano de 1996 Barcarena continha 54.002 pessoas; nos anos 2000 Barcarena detinha uma população de 63.268 pessoas; em 2007 existiam em Barcarena 84.560 habitantes; no ano de 2010 Barcarena apresentava uma população de 99.850 habitantes; em 2016 Barcarena estima-se que existiam 118.537 habitantes e por fim em 2017 estima-se que Barcarena continha 121.190 munícipes.

Destaque para a evolução populacional de Barcarena dos anos de 1980 a 1991 em que a população mais que dobrou de tamanho e o período de 2000 a 2007 em que houve um crescimento bastante acentuado, já os outros anos mantiveram-se com crescimento relativamente estável.

Esse crescimento urbano na década de 1980, deu-se justamente quando se providencia o processo de instalação dos empreendimentos industriais Albrás e Alunorte no município de Barcarena. Estes contribuíram de certa maneira para a migração de trabalhadores que se direcionaram para esse município em busca de emprego e, conseqüentemente, ao serem absorvidos ou não pelo mercado de trabalho interferiram na dinâmica populacional do município (SILVA, 2012).

Isso acaba originando uma espécie de armadilha, provocando pressões demográficas e o aprofundamento das disparidades espaciais (SCHERER; PORSSE, 2017).

O projeto Albrás chega e desapropria famílias nativas de Barcarena, desrespeitando suas identidades culturais, desfazendo suas produções, impondo sua lógica de mercado, causando desestruturação no cotidiano de famílias. A implantação dos complexos das empresas Albrás, Alunorte e do Porto de Vila de Conde no município de Barcarena acenou para o surgimento de novos empreendimentos de transformação mineral na década de 1990, contribuindo para a ampliação e diversificação de atividades ligadas ao comércio, serviços, transporte e indústria (SILVA, 2012).

Fato este observado anteriormente com a empresa Imerys RCC, que esta avançando sobre as terras das comunidades ribeirinhas entorno da empresa, impedindo-os de exercer suas atividades cotidianas.

É importante lembrar que na época e até mesmo em alguns casos nos dias de hoje, as empresas é que realizavam seu controle e monitoramento ambiental, visto que alguns órgãos ambientais não possuíam/possuem a infraestrutura física e de recursos humanos apropriados e qualificados para realização de tais trabalhos (BAHIA *et al*, 2012).

Já em relação ao crescimento urbano expressivo do período de 2000 a 2007, mostrado na figura 37 pág. 127, justifica-se pela grande oferta de estabelecimentos com vínculos empregatícios no período de 2000 a 2012, que apresentaram um crescimento, principalmente nos estabelecimentos de comércio e de serviços, impulsionados pelo setor mineral, somado as três atividades: a Indústria de transformação, comércio e serviços. Os três setores da economia do município de Barcarena, o predomínio expressivo do setor da indústria tem sido fundamental nas receitas municipais (SILVA, 2017).

Portanto, Barcarena expressa a ideia de que as formas de uso e ocupação da terra resguardam relação direta com as políticas de organização do espaço regional por meio das ações dos tomadores de decisão política, de empresários de diversos setores, das organizações não governamentais e da sociedade. Esse uso e ocupação da terra, produz efeitos ambientais, de degradação aos recursos naturais, sobretudo os renováveis, produzindo impactos socioambientais e provocando a

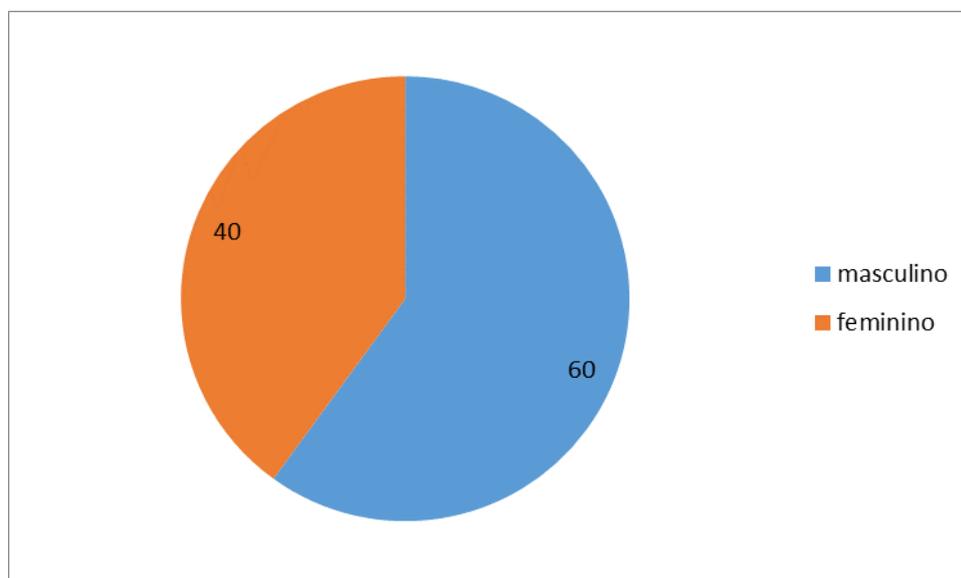
diminuição da qualidade ambiental, que revela relação direta com o estado de conservação da vegetação e a sociedade (LIMA, 2014).

6.6 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA SOCIOAMBIENTAL DOS BARRAMENTOS NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURUCUPI NO MUNICÍPIO DE BARCARENA

A pesquisa socioambiental foi aplicada no município de Barcarena-PA, entre os dias 12 a 30 de novembro de 2018, e teve como objetivo traçar um cenário da influência direta e indireta das barragens minerais na vida da população barcarenense, bem como os mesmos conceituam a presença dessas empresas no município e como os órgãos ambientais atuam para reverter os possíveis problemas advindos dos acidentes/incidentes ocasionado por tais empreendimentos.

Na pesquisa constatou-se que houve uma maior resposta de pessoas do sexo masculino do que feminino, conforme figura 38:

Figura 38- Porcentagem de gênero da pesquisa.

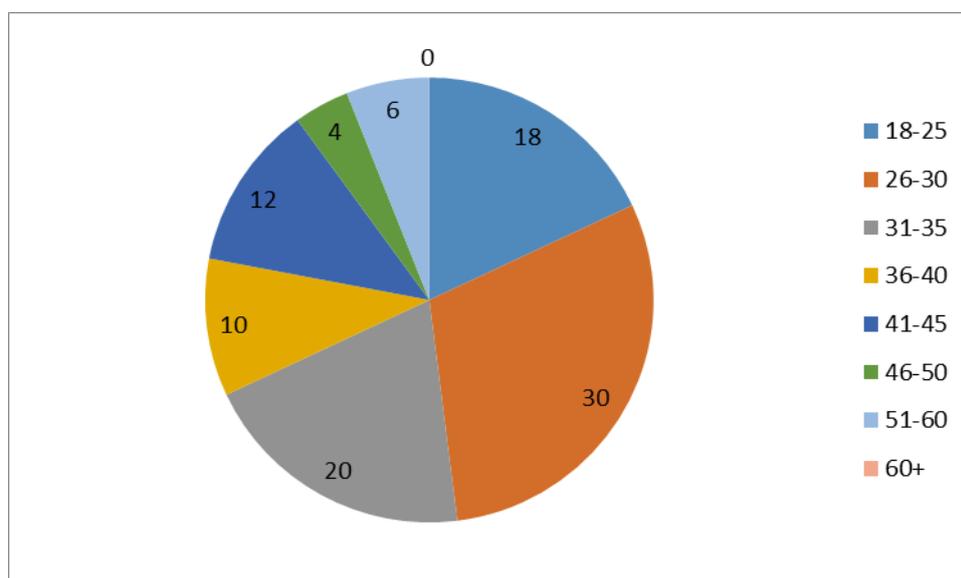


Fonte: Autor próprio.

Tal cenário se justifica pela maior presença de habitantes do sexo masculino (50.346), do que feminino (49.513), de acordo com os dados do IBGE (2018).

Todos os entrevistados ficaram na faixa etária entre 18 a 60 anos conforme a figura 39:

Figura 39- Porcentagem da faixa etária dos entrevistados.



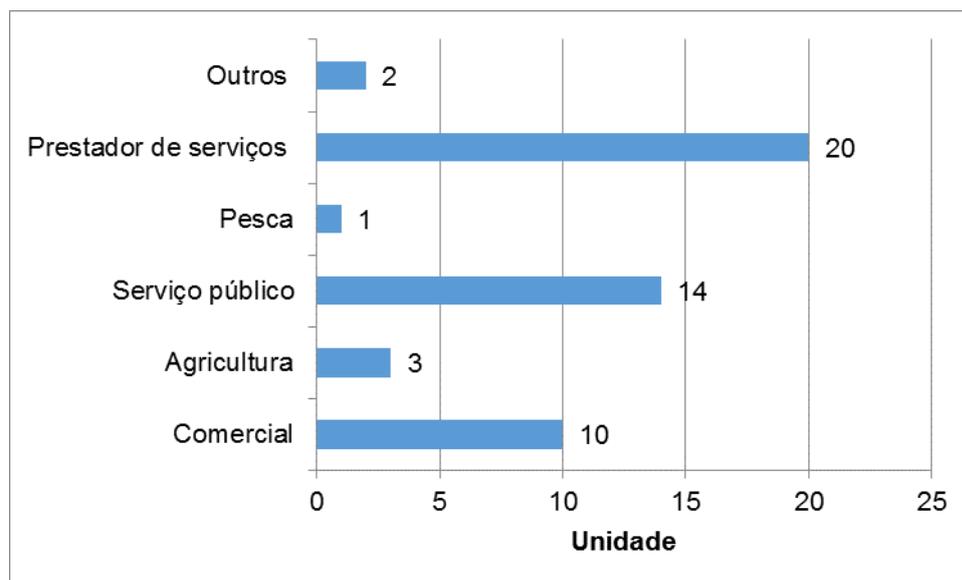
Fonte: Autor próprio.

O público participativo que respondeu a pesquisa ficou na seguinte faixa etária em ordem crescente: 26 a 30 anos (30%), seguido da faixa 31-35 (20%), 18-25, (18%), 41-45 (12%), 36-40 (10%), 51-60 (6%) e 45-50 (4%), não obteve-se participação dos maiores de 60 anos.

A maioria mora há mais de 20 anos no município e possuem uma história com local. Período que abrange todos os acidentes registrados no município, conforme a tabela 2, pág.45.

A pesquisa abrangeu os mais diferentes bairros de Barcarena, mostrando uma espacialização da aplicabilidade do estudo: bairros Vila dos Cabanos, Laranjal, Vila São Lourenço, São Francisco e Novo Horizonte.

Foi questionado quais atividades econômicas os participantes exerciam, para se ter uma melhor visão de como a empresas no pós-acidente afetariam a vida população. Os resultados estão descritos na figura 40:

Figura 40- Atividades econômicas dos entrevistados (unidade).

Fonte: Autor próprio.

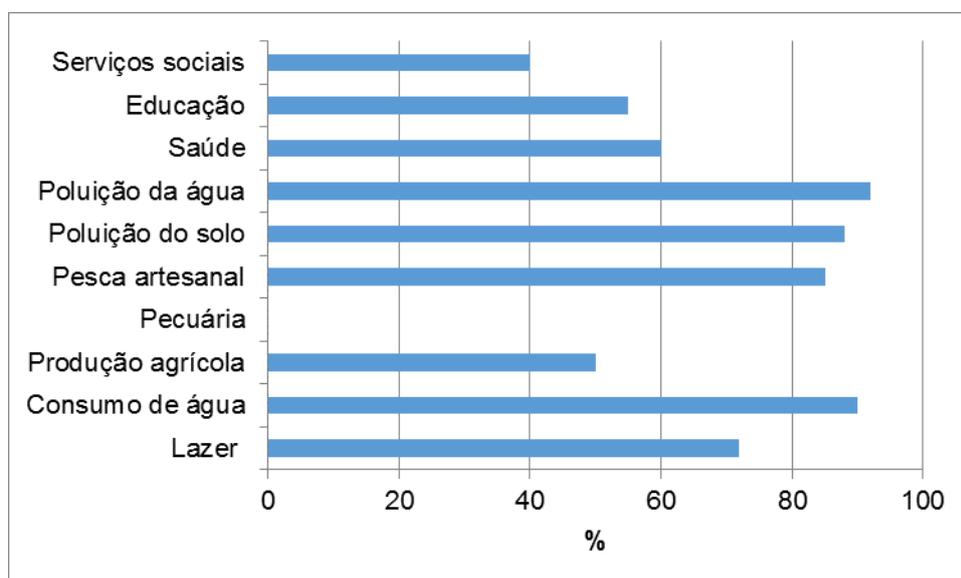
Pelas respostas percebe-se uma quantidade maior de pessoas que trabalham como prestadores de serviços (20), seguidos de funcionários públicos (14), comércio (10), agricultura (3), outros (2) e pesca (1).

Quando questionados se as empresas presentes em Barcarena os afetaram de alguma maneira, a maioria dos entrevistados afirmou que sim. E se justificaram expondo que prejudicou seu cotidiano, principalmente quando relacionados a área da saúde, educação, comércio e serviços. Registrando baixos índices de vendas e rotatividade comercial, ratificado pela figura 40.

Já os que tiveram sua resposta negativa, se justificam pelo fato de estarem morando a pouco tempo em Barcarena.

Apesar das respostas negativas, uma grande parcela dos participantes já presenciou algum tipo de desastre ambiental provocado por alguma empresa em Barcarena, e expuseram que isso os afetou negativamente, conforme figura 41:

Figura 41- Porcentagem das atividades afetadas pelos acidentes/incidentes ambientais das indústrias mineradoras em Barcarena.



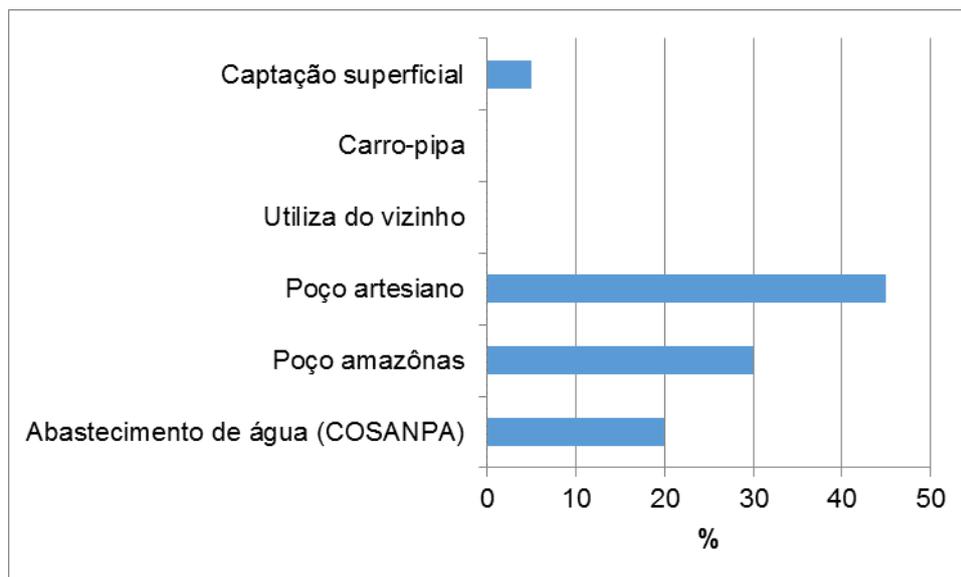
Fonte: Autor próprio.

As atividades mais afetadas pelos desastres ambientais provocados pelas indústrias mineradoras no município de Barcarena foram: consumo de água (90%), poluição da água (92%), poluição do solo (88%), pesca artesanal (85%), lazer (72%), saúde (60%), educação (55%), produção agrícola (50%), serviços sociais (40%), a opção pecuária não obteve resposta. Tais porcentagens se justificam, pois, cada participante tinha o direito de escolher mais de uma alternativa.

Ao serem questionados se os desastres ambientais contaminaram os recursos hídricos locais todos afirmaram que houve contaminação. Isto afetou diretamente a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, prejudicando o consumo próprio e o lazer local.

Partindo deste princípio, foi perguntado de onde obtinham o abastecimento de água, estabelecendo o seguinte cenário (Figura 42):

Figura 42- Porcentagem do da utilização do abastecimento de água.

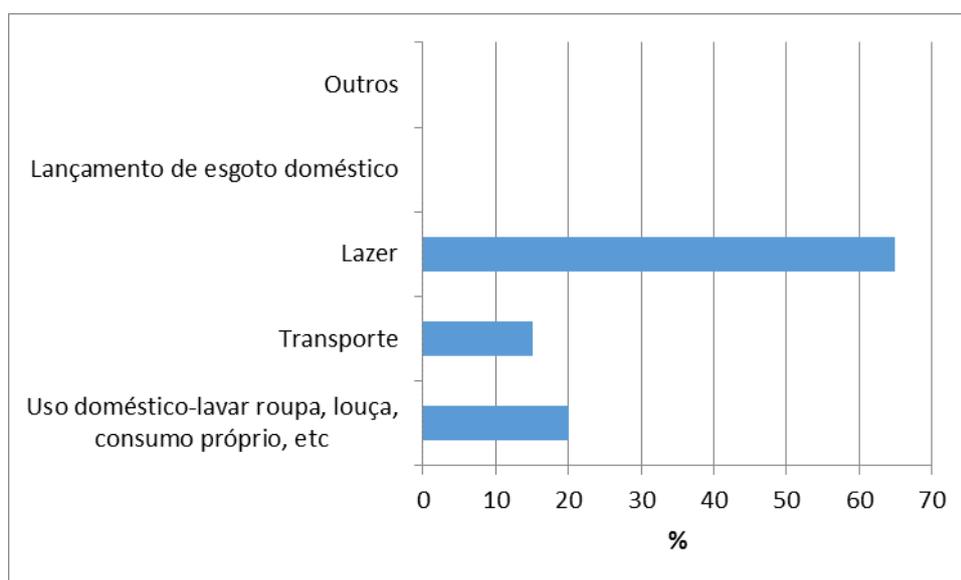


Fonte: Autor próprio.

A maioria dos entrevistados respondeu que o consumo de água provém de poços artesianos (45%), seguido de poços amazonas (30%), abastecimento público (20%), captação superficial (5%), as opções carro-pipa e utiliza do vizinho não foram respondidas.

Quando questionados sobre a utilização de algum rio, igarapé, lago, lagoa, etc, obteve-se as seguintes respostas para os que disseram sim (Figura 43):

Figura 43- Porcentagem dos usos múltiplos da água.



Fonte: Autor próprio.

Percebe-se que a grande maioria dos usuários dos recursos hídricos utiliza a água para o lazer (65%), seguido de usos domésticos (20%), transporte (15%), as opções outros e lançamento de esgoto doméstico não obtiveram nenhuma resposta.

Os que responderam positivamente que os acidentes ambientais advindos das empresas mineradoras na área de estudo, contaminaram o solo, justificaram suas respostas afirmando que houve influência direta e indireta nos da redução faunística local e mudança na flora nativa.

Segundo estudos realizados pelo Instituto Evandro Chagas (IEC) verificou-se uma preocupação quanto à sustentabilidade ambiental e social de Barcarena. Foram identificados índices de poluição que ultrapassam padrões estabelecidos pelo CONAMA, comprometendo o equilíbrio ecológico e a utilização de recursos naturais pelos próprios seres vivos, incluindo-se (SOUZA, 2012), neste caso, os seres humanos, confirmando as respostas dos entrevistados.

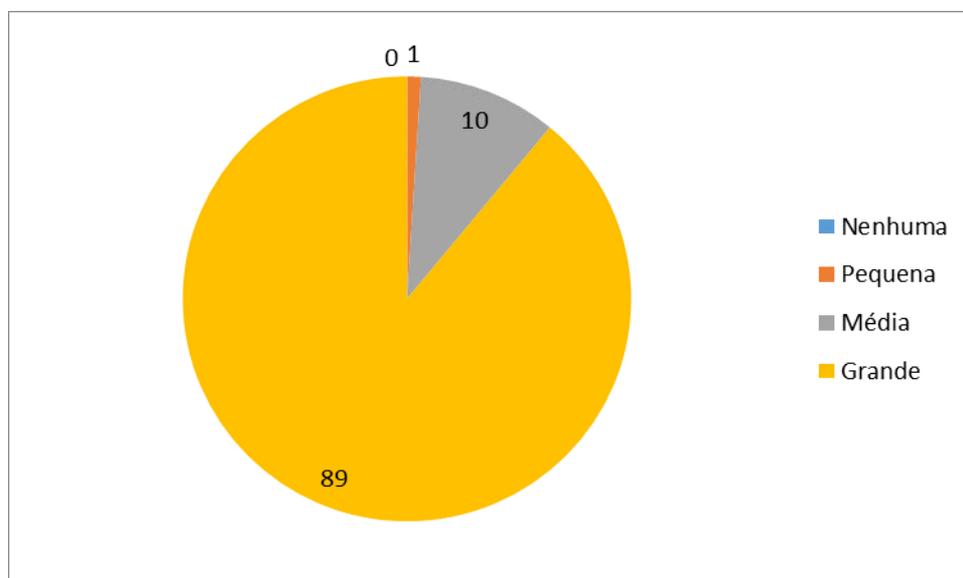
Foi questionado também se houve alguma ação paliativa por parte dos órgãos ambientais e administrativos, bem como das empresas envolvidas nestes desastres ambientais, e a grande maioria respondeu que sim alegando que houve atuação das indústrias no fornecimento de água para comunidades mais afetadas, além da determinação judicial, por parte do poder judiciário, para interdição parcial das empresas envolvidas. E também a limpeza das áreas afetada e reflorestamento das áreas vegetativas atingidas.

Esses incidentes indicam o quanto é grave o conflito, à medida que os mesmo chamaram atenção da imprensa, de políticos, de órgãos públicos e do Ministério Público, que, em decorrência desses incidentes firmou, pra cada um, um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com as empresa envolvidas (BORDALO; FERREIRA; SILVA, 2017), na tentativa de reverter os impactos causados, estabelecendo medidas paliativas e de recuperação.

Dentre os objetivos do TAC enfatizam-se: (i) o monitoramento de poluições pelo IEC; (ii) o estímulo à mobilização social pelo IEB; (iii) a aquisição de equipamentos para o Corpo de Bombeiros; (iv) o fornecimento de água tratada pela prefeitura; (v) o aperfeiçoamento da estrutura do Centro de Saúde da Vila do Conde; (vi) a elaboração de projetos de educação ambiental pela ABEA (SOUZA, 2012).

Tendo em vista, essa área afetada perguntou-se qual o grau de dependência do solo e dos recursos hídricos locais, o cenário foi o seguinte (Figura 44):

Figura 44- Porcentagem do grau de dependência dos recursos hídricos e solo.

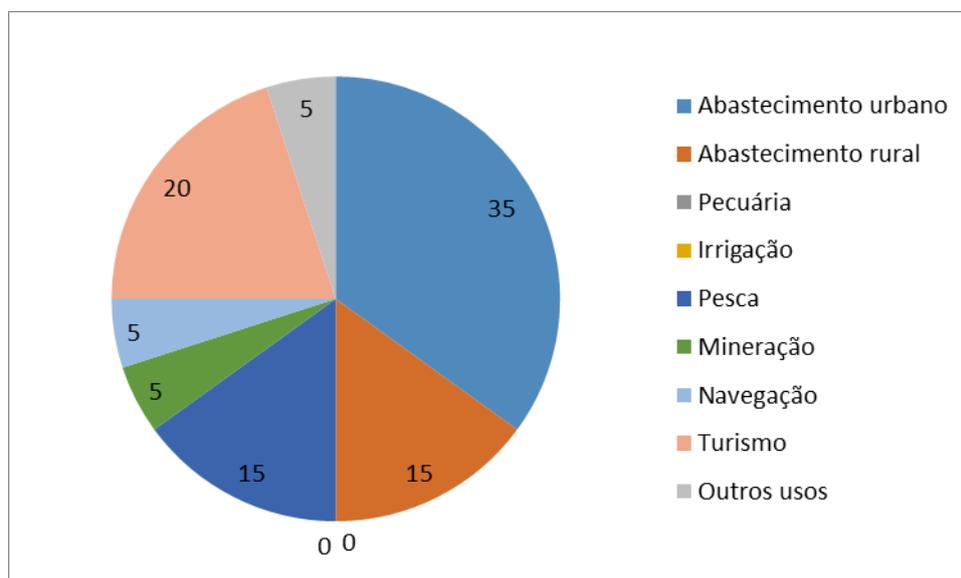


Fonte: Autor próprio.

Mediante as respostas é perceptível a dependência da população dos recursos hídricos e solo, visto que 89% responderam que possui um grande grau de dependência, seguidos 10% que tem um grau médio, apenas 1% possui pequeno e não teve nenhuma resposta para a opção nenhuma.

Esse grau de dependência gerou/gera conflitos na área de estudo, sendo observáveis os principais tipos na Figura 45:

Figura 45- Porcentagem dos tipos de conflitos existentes na área de estudo.

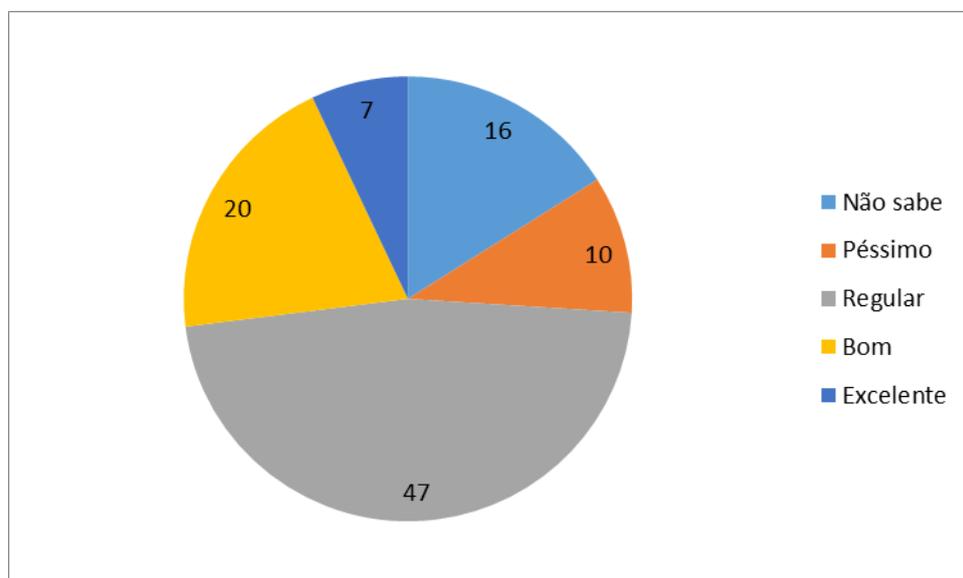


Fonte: Autor próprio.

A Figura xx mostra que uma porcentagem maior de conflitos relacionado ao abastecimento urbano (35%), turismo (20%), abastecimento rural (15%), pesca (15%), mineração (5%), navegação (5%), outros usos (5%), pecuária e irrigação não obtiveram resposta.

Ao questionar como os entrevistados classificam a atuação das empresas de mineração na atenuação dos problemas de desastres ambientais obteve-se as seguintes respostas (Figura 46):

Figura 46- Porcentagem da classificação dos entrevistados em relação às ações mitigadoras por parte das empresas aos problemas de derramamento de rejeitos.

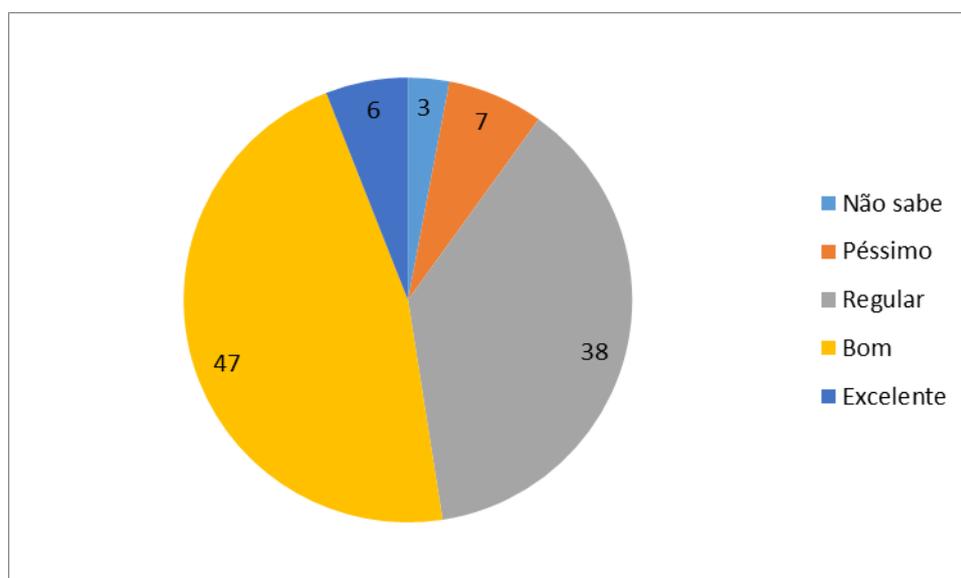


Fonte: Autor próprio.

De acordo com a figura 46, os entrevistados classificam a atuação das empresas de rejeitos perante aos derrameamentos de rejeitos como regular (47%), seguido de bom (20%), não souberam responder (16%), péssimo (10%) e excelente (7%).

Já em relação à atuação dos órgãos ambientais na atenuação dos problemas de derramamento de rejeitos, obteve-se as seguintes respostas (Figura 47):

Figura 47- Porcentagem da atuação dos órgãos ambientais na atuação de dos derramamentos de rejeitos.



Fonte: Autor próprio.

A figura 47 expressa que os entrevistados classificam a atuação dos órgãos ambientais perante o derramamento de rejeitos como bom (47%), seguido de regular (38%), péssimo (7%), excelente (6%) e não sabem (3%).

E por fim, quando questionados sobre a visão deles de quando os impactos negativos provocados pelos desastres ambientais aos recursos hídricos começaram a causar danos ao meio, os mesmos responderam que notaram há período que varia de 5 a 10 anos. Época em que ocorreu uma grande parte dos acidentes ambientais na área de estudo.

6 CONCLUSÃO

A cidade de Barcarena possui um grande potencial econômico e social, no entanto a falta de políticas pública e a atuação mais decisiva dos órgãos ambientais e administrativos, sejam eles locais ou não, fazem com que população e o meio ambiente sofram consequências muita das vezes irreparáveis.

Durante muitos anos a bacia do rio Murucupi, inserida na cidade de Barcarena, vem sendo palco de grandes desastres ambientais, na qual refletem diretamente nas condições da população local e circunvizinha. A falta de água potável, o impedimento de exercer sua auto-subsistência, a contaminação do solo, mortandade de animais e o banimento cultural, são apenas um dos impactos negativos que a comunidade local sofreu e ainda sofre pelo descaso político local.

Haja vista, a empresa Imerys RCC que durante um período de 10 anos (2004 a 2014), causou sérios danos a bacia hidrográfica do rio Murucupi com o rompimento de sua bacia B3 em 2007, da qual impediu a população residente de exercer suas atividades cotidianas, influenciando diretamente na economia e bem-estar social. Além de causar sérios danos ao meio ambiente, poluindo e contaminado os recursos hídricos, fonte de sobrevivência para comunidades ribeirinhas. Fato este recorrente em 2014 como o transbordamento da bacia 5, que também ocasionou sérios danos a meio ambiente e a população local.

Ainda provocando um medo constante a população que vive a mercê da sorte, pois sua bacia B2 é considerada uma das mais inseguras do país, correndo o risco constante de transbordamento e rompimento.

Outra empresa que merece destaque e a Alunorte que deste de 2007, vem contribuindo para os impactos negativos na Bacia hidrográfica do Rio Murucupi, prejudicando o meio ambiente e trazendo transtornos econômicos e sociais a população local.

Tais empresas instalam-se no local e fazem da área de estudo um “estado paralelo”, ditando suas leis e exercendo poder sobre uma área que deveria ser conservada, sem atender ao que a legislação obriga. Entretanto, a falta de fiscais atuantes, abre uma “brecha” para que tais empresas se favoreçam e façam apenas aquilo que é viável a elas.

O benefício econômico trazido por tais instituições privadas torna-se um fator negativo em relação à aplicação das leis ambientais aos “olhos” do desenvolvimento

econômico, visto que se trata de uma “pedra” no sapato das grandes empresas. Um pensamento errôneo e retrógrado, pois o não cuidado com o meio ambiente implica diretamente no resultado final do produto de tais empresas.

Fato este corroborado pela contaminação de caulim e bauxita na área de estudo, que impediu o desenvolvimento de atividades econômicas por parte da população. Inviabilizando atividades com a plantação agrícola e pesca artesanal, devido à contaminação da produção e dos recursos hídricos.

Comprovados pelos resultados obtidos na aplicação dos formulários online na área de estudo, em que se pode constatar a insatisfação da população perante os desastres ambientais advindos das empresas minerais em Barcarena, que os prejudicou economicamente e socialmente.

O pleno exercício de políticas verdes por estas empresas, seria uma solução, pois além de trazer um marketing sócio ambiental, conservaria aquilo pelo qual é a fonte de matéria-prima e base para a manutenção da empresa no local de atuação: o meio ambiente.

O êxodo urbano é outro ponto importante a ser considerado, pois o surgimento de empresas gera especulações sociais, na tentativa de encontrar um bom emprego e dar um futuro melhor a si e a seus familiares. E com a não aplicação da lei de uso e ocupação do solo, o que se vê são apenas conglomerados urbanos sem qualquer infraestrutura e condições desumanas de habitação e pobreza. Pois a “boa vontade” de trabalhar muita das vezes não condiz com a qualificação de trabalho exigida por essas empresas.

Habitações estas alocadas em áreas de perigo, devido ao avanço das indústrias, como é o caso da comunidade em torno do igarapé Curuperé que ficam próximos a barragem da empresa Imerys RCC. Que além de não terem acesso a condições básicas de moradia, estão vivendo em perigo constante por estar próximo as barragens inseguras (B2 e B3) da empresa citada.

Fato presenciado na área de estudo com compra da empresa Pará Pigmentos em 2010 pela empresa Imerys RCC, tornando-a líder do mercado brasileiro de produção de caulim, posto que já ocupa no mundo, com isso sua estrutura física aumentou de tal maneira que avançou sobre outras comunidades como a Comunidade Ponta Montanha, Vila Nova Canaã do Curuperé, Nova Vida (Massarapó) e outras mais, obrigando tais conglomerados urbanos a se deslocarem para outras áreas.

Os mapas expostos no presente trabalho demonstram claramente os impactos negativos causados pela implantação de tais empresas na região. As cartas imagens da USGS, período de 1986 a 2017, que mostra o uso do solo e cobertura vegetal no espaço de tempo de 31 anos, expressa um avanço urbano de 45,58% (1.280,95ha), e a diminuição de 45,58% (1.280,95ha) do remanescente vegetal na área de estudo, demonstrando que os valores de ocupação urbana foram inversamente proporcionais aos resultados obtidos com o remanescente vegetal para a bacia hidrográfica do rio Murucupi. E que o avanço de um, implica diretamente na diminuição dos valores do outro.

Já os mapas do TerraClass, demonstram as variáveis de pressão que o uso do solo e cobertura vegetal sofreram ao longo de 10 anos, período de 2004 a 2014, em que se encontram valores referentes área urbana, mosaico de ocupações, desflorestamento, pasto sujo, pasto limpo, regeneração com pasto, vegetação secundária, mineração, floresta, hidrografia, área não observada e outros. Neles podem-se observar um avanço grande da ocupação urbana e aumento do desflorestamento, variáveis que implicam diretamente umas nas outras, visto que estão interligadas, sendo que os resultados obtidos demonstram uma preocupação com o quadro físico da bacia do rio Murucupi, sendo uma aumento de 12,21% (343,209 ha), de avanço urbano e uma diminuição de florestas de 14,03% (394,535 ha), deixando claro um ritmo de degradação ambiental na área de estudo, e que se não for feita alguma atuação de impedimento deste avanço, a bacia sofrerá ainda mais com as consequências ambientais negativas que este impacto pode causar.

Os gráficos do IBGE, relacionados a pecuária, extração e produção vegetal, e da SEIRH, das empresas atuantes na área de estudo, apenas ratificam a degradação que as pressões mostradas nos mapas do TerraClass expressaram. Além é claro de apresentar o grande potencial econômico que a cidade de Barcarena possui e quão importante ela é para o estado do Pará.

E paralelo a estes, tem-se também o gráfico da evolução populacional que mostra o avanço urbano ao longo de 47 anos, durante o processo estruturação industrial de Barcarena, da qual obteve um crescimento populacional enorme, chegando a dobrar de população do censo de 1980 a 1991, além de ter um aumento acentuado da população nos anos de 2000 a 2007, provocados pela grande oferta de emprego.

Portanto, mediante a tais resultados percebe-se que Barcarena precisa urgentemente de órgãos públicos atuantes, na tentativa de reverter esse quadro de degradação socioambiental que a tanto tempo vem sofrendo, mas que insistem em não enxergar. Estudos, pesquisas e análises ambientais já comprovaram e até os presentes dias expressam tais pressões que a bacia hidrográfica do rio Murucupi vem absorvendo, porém há falta de sensibilização de um olhar mais crítico para a área de estudo. Enquanto isso, quem sofre é a sociedade local que fica impossibilitada de exercer suas atividades cotidianas e o meio ambiente que se resilia diariamente como forma de sobrevivência desse caos instalado.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). 2018. Disponível em:<
<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/apresentacao/entidades-fiscalizadoras>
 >. Acesso em: 28 fev.2018.

ALBUQUERQUE, Eduardo Roman. Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do município de Salinas, Minas Gerais. 84 f. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia, 2009.

ALMEIDA, Cláudio Aparecido de; COUTINHO, Alexandre Camargo; ESQUERDO, Júlio César Dalla Mora; ADAMI, Marcos; VENTURIER, Adriano; DINIZ, Cesar Guerreiro; DESSAY, Nadine; DURIEUX, Laurent; GOMES, Alessandra Rodrigues. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. ACT AMAZONICA. v.46, n. 8, p 291-302. 2016.

AMBIENTE BRASIL. **Empresa recebe multa por acidente ambiental no Pará.** 2007. Disponível em:
 <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2007/06/15/31789-empresa-recebe-multa-por-acidente-ambiental-no-para.html>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

AMADOR, Elielton. Há segurança nas barragens do Pará?: Tragédia de Mariana (MG) desperta insegurança das pessoas que habitam o segundo maior estado minerador do Brasil. Com a palavra as autoridades. In: Revista Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Pará (CREA). Belém. n.18. 2015. Disponível em:<
http://www.creapa.com.br/CreaPaNorte/InformeCrea/revista_crea18.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2017.

ANDRADE, Maria Verônica de; AZEVEDO, Pedro Vieira de. Análise da sustentabilidade da mineração do Caulim no município de Junco do Seridó – PB. Revista Brasileira de Geografia Física. v. 08, n.05, p.1393-1409. 2015.

ÁVILA, Joaquim Pimenta de; SAWAYA, Marta. As barragens de rejeitos no Brasil: sua evolução nos últimos anos. In: MELLO, Flavio Miguez de. A história das barragens no Brasil, séculos XIX, XX e XI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2012, p 368-395. Disponível em:
 <http://www.cbdb.org.br/documentos/A_Historia_das_Barragens_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 23 fev.2018.

BABISK, Michelle Pereira. Incorporação de lama vermelha em cerâmica vermelha. Doutorado (Doutor em Engenharia e Ciência de Materiais), Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 2015.

BAHIA, Vânia Eunice; MORALES, Gundisalvo Piratoba; FENZL, Norbert ; LEAL, Luíz Rogério Bastos ; LUÍZ, José Gouvêa. Impactos ambientais no sistema hídrico superficial da Baía do Marajó - localizada na área de abrangência do pólo industrial de Barcarena (PA). In: XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Mato Grosso do Sul: Bonito. 2012. Disponível em:

<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/27733/17981>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

BASTOS, Ana Paula Vidal; ALMEIDA, Oriana; CASTRO, Edna Ramos de; MARIN, Rosa Acevedo; PIMENTEL, Márcia da Silva; RIVERO, Sérgio; SILVA, Ione Câmara da; TORRES, Isaac. Economia e sociedade na região do Tocantins, Pará. Belém: Universidade Federal do Para. 2010.

BARCARENA. Lei Complementar nº 23 de Setembro de 2006. Aprova o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Barcarena. Disponível em: <http://www.barcarena.pa.gov.br/portal/site?tipo=servico_empresa&id=27&nome=PLANO%20DIRETOR%20DE%20DESENVOLVIMENTO%20URBANO>. Acesso em: 15 jan. 2017.

BARCARENA. Lei nº 2138, de 09 de dezembro de 2013. D.O.M. – ANO XIII nº 12 – de 2014 a 2017. Dispõe sobre o plano plurianual (PPA) do município Barcarena para o período de 2014 a 2017. Disponível em: <[http://www.barcarena.pa.gov.br/portal/legislacao?tipo=home&titulo=PLANO%20PLURIANUAL%20\(PPA\)%20PER%20C3%8DODO%20DE%202014%20A%202017](http://www.barcarena.pa.gov.br/portal/legislacao?tipo=home&titulo=PLANO%20PLURIANUAL%20(PPA)%20PER%20C3%8DODO%20DE%202014%20A%202017)>. Acesso em: 04 abr. 2017.

BARROS, Ana Clara; SILVEIRA, Gabriel Rondina Pupo da; GONÇALVES, Aline Kuramoto; GARCIA, Yara Manfrin. SIG como ferramenta de mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego Monte Belo - Botucatu/SP. 2014. Botucatu. v. 10, n. 2. pp. 548-557.
BARROS, Marcio Junior Benassuly. Mineração, finanças públicas e desenvolvimento local no município de Barcarena-PA. Mestrado (Mestre em Geografia), Universidade do Estado do Pará – UFPA, 2009.

BENCHEKCHOU, Zineb. Espécie: Hevea brasiliensis. As condições edafoclimáticas do Cerrado são favoráveis à cultura da seringueira, que pode ser explorada em áreas já devastadas, servindo como fonte de renda para agricultores familiares, que podem extrair a borracha natural. Além disso, a seringueira pode ser consorciada com culturas agrícolas em sistemas agroflorestais. Embrapa Cerrados. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/746002/seringueira>>. Acesso em: 11 mai. 2017.

Benefícios das plantas: Andiroba. 2017. Disponível em: <<http://www.flordelisfarmacia.com/j251/index.php/component/content/article/65-amazonia>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

BESSA, Maria João; JULIÃO, Rui Pedro. A informação Geográfica e os Sistemas de Informação Geográfica na Gestão do Património Imóvel Municipal: vantagens e desafios de uma implementação. In: Valores da Geografia. Atas do X Congresso da Geografia Portuguesa. 2016. Lisboa: Associação Portuguesa de Geógrafos. 2016. p.14-19.

BEZERRA, Paula. Isto é dinheiro: Pará na contramão da crise. 2016. Disponível em: < <https://www.istoedinheiro.com.br/noticias/economia/20160310/para-contramao-crise/349402>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

BOLLIGER, Flavio Pinto. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro. V.40. pp. 1-102. 2013. Disponível em:< https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2013_v40_br.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2018.

BORDALO, Carlos Alexandre Leão; SILVA, Flávia Adriane Oliveira da; SANTOS, Viviane Corrêa. Por uma gestão dos recursos hídricos no estado do Pará: estudo de caso da bacia hidrográfica do rio murucupi no município de Barcarena. Revista GEONORTE, Edição Especial, v.3, n.4, p. 1216-1228, 2012

BORDALO, Carlos; FERREIRA, Diego; SILVA, Flavia. Conflitos socioambientais pelo uso da água em Comunidades ribeirinhas no nordeste paraense: o caso das bacias hidrográficas dos rios Murucupi e Dendê no município de Barcarena-PA. In: Primeiro congresso de Geografia física. 12,. 2017. Campinas: Instituto de Geociências-Unicampi.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente 001 de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.htmlhtml> >. Acesso em: 30 jan. 2017.

BRASIL. Lei nº 6.665, de 3 de julho de 1979 que Dispõe sobre a criação da Companhia de Desenvolvimento de Barcarena - CODEBAR. 1989. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6665.htm> Acesso em: 08 ago. 2018.

BRASIL. Termo de Ajustamento de Conduta. Ministério Público. Promotoria de Justiça de Barcarena. Procedimento 001/2007-MP-1ºPJB. 2007. Disponível em: <<https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/TAC%20IMERYYS%202007%20-%20BARCARENA.pdf>> Acesso em: 16 fev. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <>. Acesso em: 01 mar.2018.

BRASIL. Termo de Ajustamento de Conduta. Ministério Público Federal. Promotoria de Justiça de Barcarena. Procedimento 001/2014-MP-1ºPJB. 2014. Disponível em: <<https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/TAC%20IMERYYS%202014%20-%20BARCARENA.pdf>> Acesso em: 16 fev. 2018.

BORGES, Américo José Preto; HAUSER-DAVIS, Rachel Ann; OLIVEIRA, Terezinha Ferreira de. Cleaner red mud residue production at an alumina plant by applying experimental design techniques in the filtration stage. Elsevier, 2011. International Journal of Clean. p. 1763–1769.

CADASTRO AMBIENTAL RURAL-PARÁ (CAR). 2018. Disponível em: <<http://car.semas.pa.gov.br/#/>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

CANUTO, Antônio; LUZ, Cássia Regina da Silva; ANDRADE, Thiago Valentim Pinto. Conflitos no Campo – Brasil 2016. Goiânia: CPT Nacional. 2016. Disponível em: <<http://pnsr.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2017/07/Conflitos-no-Campo-2016-WEB.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. HOLOS, v. 08. 2016.

CARMO, Eunápio Dutra do; CASTRO, Edna Maria Ramos de; PATRÍCIO, Júlio Cezar dos santos. **Mineração, Industrialização e Conflitos em Barcarena**. 2015. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiQq5_n4tncAhUEmlkKHVdWA1UQFjAFegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.ufpa.br%2Findex.php%2Fncn%2Farticle%2FdownloadSuppFile%2F2503%2F1041&usg=AOvVaw0j9gNe18lmdUMFDYkDsQ_c>. Acesso em: 06 ago. 2018.

CARMO, Monique Bruna Silva; COSTA, Sandra Maria Fonseca da . The paradoxes between different urban spaces in the municipality of Barcarena, Pará state, Brazil. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba , v. 8, n. 3, p. 291-305, dez. 2016.

CASTRO, Silvia Machado de; EGLER, Silvia Gonçalves; CASTILHOS, Zuleica Carmen; TEIXEIRA, Nilo da Silva. Uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de gestão ambiental para o delineamento da ecorregião Xingu-Tapajós. 2007. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/aquarios/documentos/2007/cetem/texto_comp_jic_cetem_2007.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

CAPIBERIBE, Senador João. Repiquete no meio do mundo: Andiroba. 2015. Disponível em: <<http://www.alcilenecavalcante.com.br/alcilene/andiroba>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CASTRO, Fabio de Gennaro. Construção e segurança em barragens brasileiras. Caderno opinião: Fundação Getúlio Vargas (FGV). 2017. Disponível em:<<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19267/Coluna%20Opiniao%20MAIO%20-%20Fabio%20Castro.pdf>>. Acesso em: 27 fev.2018.

CAZULA, Leandro Pansonato; AVELINO, Patrícia Helena Mirandola. Metodologias para mapeamento de uso e ocupação da terra de bacia hidrográfica: um exemplo aplicado na bacia do Ribeirão Lajeado/SP. Mato Grosso do Sul: 2010. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-191.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). Sucessivos vazamentos de caulim em Barcarena (PA) têm contaminado o solo e o lençol freático. 2016. Barcarena. Disponível em: <<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=210>>. Acesso em: 01 Fev. 2017.

COELHO Victor H. R.; MONTENEGRO M. G. L.; ALMEIDA, Cristiano das N.; LIMA Eduardo R. V. de; RIBEIRO NETO, Alfredo; MOURA, Glawbber S. S. de. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. v.18, n.1, p.64-72, 2014.

Companhia Vale do Rio Doce. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: UTE** Barcarena. Barcarena, 2007. 85 p. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/10/rima_barcarena_corrigido.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CUNHA, Elias Rodrigues da; BACANI, Vitor Matheus. Geoprocessamento e SIG aplicado na identificação dos conflitos de uso da terra e legislação ambiental na bacia hidrográfica do córrego Indaiá, Aquidauana-MS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 17., 2015, João Pessoa: Anais...Pernambuco: João Pessoa, 2015. São Paulo:

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.
Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). 2017. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

DOL. Vazamento de caulim contamina rio em Barcarena. 2014. Disponível em: <<http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-284811-vazamento-de-caulim-contamina-rio-em-barcarena.html>>. Acesso em: 08 set. 2018.

EARTH EXPLORER. Estados Unidos. 2017. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/distribution>>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2018. Disponível em: <<https://cloud.cnpqg.embrapa.br/sac/2012/09/14/qtos-animais-posso-colocar-em-1-hectare-de-pasto-para-animais-de-corte/>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

FALEIROS, Fabiana; KÄPPLER, Christoph; PONTES, Fernando Augusto Ramos; SILVA, Simone Souza da Costa; GOES, Fernanda dos Santos Nogueira de; CUCICK, Cibele Dias. Use of virtual questionnaire and dissemination as a data collection strategy in scientific studies. Texto contexto - enferm., Florianópolis , v. 25, n. 4, 2016.

FARIA, Rita; PEDROSA, António. Aplicação SIG na elaboração de cartografia temática de base na bacia hidrográfica do rio Uíma – Santa Maria da feira. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11.,2005, São Paulo: Anais...São Paulo: 2005. p.1-13.

FARIAS, José Osael Gonçalves de. Relatório Técnico 39: Perfil do Caulim. Belo Horizonte: J. Mendo Consultoria. 2009. Produto 28. Relatório Técnico 39. Contrato nº 48000.003155/2007-17. Patrocinado pelo Ministério de Minas e Energia – MME: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM.

FERNANDES, Francisco Rego Chaves; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez; ARAUJO, Eliane. Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos. 4ª ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014

FERREIRA, Diego Luiz do Nascimento. Conflito pelo uso da água na Amazônia brasileira: uma análise envolvendo a atividade mineiro-metalúrgica e as comunidades ilha São João e Curuperé no município de Barcarena-Pa. 135 f. Dissertação (Mestre em Geografia) Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (Fapespa). Elaboração, edição e distribuição: Fapespa. 2015. Disponível em: <http://www.fapespa.pa.gov.br/sites/default/files/Boletim_Agropecuario_do_Estado_do_Para_2015.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2018.

FONSECA, Luís Carlos Santos. Contributo dos SIG para a definição de áreas geográficas para a distribuição de enfermeiros de família Estudo de caso na USF Nova Via do ACES Espinho/Gaia. 135 f. (Mestre em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território), Universidade do Porto, Porto, 2012.

FONSECA, Igor Ferraz da. A construção de grandes barragens no Brasil, na China e na Índia: similitudes e peculiaridades dos processos de licenciamento ambiental em países emergentes. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Rio de Janeiro: 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2037/1/TD_1868.pdf>. Acesso em: 22 fev.2018.

FRANCISCON, Luziane. Sistema de Informações Geográficas aplicado à gestão territorial da fazenda experimental da Embrapa florestas em Colombo/PR. 39 f. Monografia (Especialista em Geoprocessamento), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

FREITAS, Henrique; OLIVEIRA, Mirian; SACCOL, Amarolinda Zanela; MOSCAROLA, Jean. O método de pesquisa survey. Revista de Administração, São Paulo. v. 35, n. 3, p. 105-112. 1999.

FREITAS, Josimar da Silva; RODRIGUES, Marcos; SILVA, David Costa Correia; SIMONIA, Ligia Teresinha. Análise da diversidade socioeconômica no município de Inhangapi. In: VII seminário Internacional de desenvolvimento regional. Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, RS. 2015. Disponível em: <

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/viewFile/13405/2571>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

GERAQUE, Eduardo. Brasil em pelo menos 16 barragens de mineração insegura, diz DNPM. Folha de São Paulo: Um jornal a serviço do Brasil. 2015. Disponível em:< <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/11/1707908-brasil-tem-ao-menos-16-barragens-de-mineracao-inseguras-diz-dnpm.shtml>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

GUEDES, Gilse; SCHNEIDER, Cláudio. As buscas das melhores opções tecnológicas para evitar acidentes. Barragem de rejeitos: Brasil mineral. 2017. Disponível em:< <http://www.cetem.gov.br/images/periodicos/2017/brasil-mineral-372.pdf>>. Acesso em: 28 fev.2018.

GÓMEZ, Sandra Tatiana Reyes. Avaliação da distribuição espacial de poluentes de origem industrial na bacia hidrográfica Taquari-Antas. 164 f. Dissertação (Mestre em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

GONÇALVES, Cristóvão Alves de Souza. Riscos e oportunidades ambientais, sociais e de governança no setor de mineração Brasileiro. Monografia (Bacharel em Economia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

G1. Pará interdita mineradora por desastre ambiental. 2007. Disponível em: < <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,AA1564644-5598,00-PARA+INTERDITA+MINERADORA+POR+DESASTRE+AMBIENTAL.html>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

G1 PS. Justiça determina que imerys forneça água e alimento para famílias do pa. 2014. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2014/05/justica-determina-que-imerys-fornece-agua-e-alimento-para-familias-do-pa.html>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

G1. MP e MPF pedem fornecimento de água limpa a moradores de Barcarena/Pa. 2016. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/portal/index.php/politica/mp-e-mpf-pedem-fornecimento-de-agua-limpa-a-moradores-de-barcarenapa/>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

G1. Pecuária fechou 2016 com balanço negativo no Pará. 2017. Disponível em: < http://www.pa.gov.br/o_para/economia.asp>. Acesso em: 17 ago. 2018.

Governo do Estado do Pará. Economia. 2017. Disponível em: < http://www.pa.gov.br/O_Para/economia.asp>. Acesso em: 11 ago. 2018.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia?. *Estud. av.*, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012.

HUMES, Ciro. A evolução da legislação aplicada as barragens. In: MELLO, Flavio Miguez de. A história das barragens no Brasil, séculos XIX, XX e XI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2012, p 368-395. Disponível em:

<http://www.cbdb.org.br/documentos/A_Historia_das_Barragens_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 24 fev.2018.

HYDRO. Hydro Alunorte. 2018. Disponível em: < <https://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/operacoes-no-brasil/barcarena/hydro-alunorte/>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php. Acesso em: 11 abr. 2018.

IMERYS Caulim. Imerys no Pará. 2017. Barcarena. Disponível em: < http://www.imerysnopara.com.br/pagina/?id=1&id_categoria=21>. Acesso em: 26 Abr. 2017.

Império das essências. 2016. Disponível em: <<http://www.imperiodasessencias.com.br/Oleo-de-andiroba-100ml-p605666>>.

Acesso em: 01 nov. 2017.

Integrated Regional Water Management Program. Want to learn more about gis?. 2016. Disponível em: < <http://inyo-monowater.org/resources/giswhat/> >. Acesso em: 12 mar. 2018.

INESC. Mineração e (in) justiça tributária no Brasil. Nota Técnica 184. 2015. Disponível em:

< [INESC. Novo vazamento de caulim no Pará revela, outra vez, a irresponsabilidade do setor mineral na Amazônia. 2016. Disponível em: < <http://www.inesc.org.br/noticias/noticias-do-inesc/2016/novembro/novo-vazamento-de-caulim-no-para-revela-mais-uma-vez-a-irresponsabilidade-do-setor-mineral-na-amazonia>>. Acesso em: 12 mar. 2018.](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjDxonp2NzeAhWBDJAKHWfnAXA4ChAWMAR6BAgCEAI&url=http%3A%2F%2Fwww.inesc.org.br%2Fbiblioteca%2Fpublicacoes%2Fnotas-tecnicas%2Fnts-2015%2Fnota-tecnica-184-mineracao-e-in-justica-tributaria-no-brasil%2Fat_download%2Ffile&usg=AOvVaw3jKwTCAnqFCBUljprgVt8_/>. Acesso em: 17 nov. 2018.</p>
</div>
<div data-bbox=)

JOHN, Liana. Conexão Planeta: inspiração para ação. Disponível em:<<https://conexaoplaneta.com.br/blog/buriti-antes-e-apos-o-sol/>>. Acesso em: 28 mar.2017.

LIMA, Denis Barbosa de. Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao estudo de degradação ambiental da Serra da Meruoca - Ceará. 157f. Mestrado (Mestre em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

LIMA, Juliana. Seminário discute impactos de mega-projetos na agricultura familiar. Instituto. Internacional de Educação no Brasil (IEB). 2016. Disponível em:< <http://www.iieb.org.br/index.php/noticias/seminario-discute-impactos-de-mega-projetos-na-agricultura-familiar/>>. Acesso em:21 fev.2018.

LIMA, Aline Maria Meiguins de et al. Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Belém: SEMA, 2012. Disponível em: < <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/SISTEMA-DE-GERENCIAMENTO-DE-RECURSOS-H%C3%8DDRICOS-PA.pdf>>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

LEAL, Josabeth Viana; TODT, Viviane; THUM, Adriane Brill. The use of GIS for Monitoring Degraded Areas- – Case Study: PPA Arroio Gil, Triunfo / RS. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro. n. 65/5. p. 967-983. 2013.

LUCAS FILHO. A barca notícias. Um espaço para democratizar decisões. Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB). Barcarena: 3ª ed. 2011a. Disponível em:< <http://www.iieb.org.br/index.php/publicacoes/boletins/boletim-barca-3/>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

LUCAS FILHO. A barca notícias. Controle do orçamento público. Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB). Barcarena: 2ª ed. 2011b. Disponível em:< <http://www.iieb.org.br/index.php/publicacoes/boletins/barca-noticias-2/>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

LUCAS FILHO. A barca notícias. Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB). p. 3-7. 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwifip-WmojQAhXHk5AKHd7zAHlQFgg6MAY&url=http%3A%2F%2Fwww.iieb.org.br%2Findex.php%2Fdownload_file%2F901%2F1214%2F&usg=AFQjCNFySLjZC9TM1tplPhwl9nb5pvEpZg>. Acesso em: 07 jan. 2017.

MARTINS, Pedro Arias; SILVA, Luiz Felipe Coutinho Ferreira da. Métodos para modelagem do fator temporal de dados espaço-temporais em Historical Geographical Information Systems. Instituto Militar de Engenharia (IME). 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. Rio de Janeiro: Paraty, 2011.

MARTINS, Claudia Garrido; FERREIRA, Miguel Luiz Ribeiro. O survey como tipo de pesquisa aplicado na descrição do conhecimento do processo de gerenciamento de riscos em projetos no segmento da construção. In: Congresso nacional de excelência em gestão, 7., 2011, Rio de Janeiro: CNEG, 2011. p. 1-20.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MEDEIROS, Adaelson Campelo. Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de Abaetetuba e Barcarena (PA). 150f. Mestrado (Mestre em Engenharia Civil), Universidade Federal do Pará, 2012.

MEDEIROS, Carlos Henrique de A. C. Curso de Segurança de Barragem: barragens: aspectos Legais, técnicos e socioambientais. 2013. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/110/2/Unidade_1-modulo1.pdf>. Acesso em: 28 fev.2018.

MEDEIROS, Adaelson Campelo; LIMA, Marcelo de Oliveira; GUIMARÃES Raphael Mendonça. Assessment of the quality of water for consumption by river-bank communities in areas exposed to urban and industrial pollutants in the municipalities of Abaetetuba and Barcarena in the state of Pará, Brazil. *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 695-708, 2016.

MELO, Nelceli Silva. Trabalhadores acidentados e adoecidos no complexo do alumínio em Barcarena-Pa: um estudo sobre a negação dos direitos sociais. Mestrado (Mestre em Serviço Social), Universidade do Estado do Pará – UFPA, 2015.

MELO, Patrícia. O rompimento de barragens no Brasil e no mundo: desastres mistos ou tecnológicos?. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/uploads/artigo_HRA.pdf>. Acesso em: 22 fev.2018.

MENDONÇA, Ricardo Abad Meireles de. Uso das Geotecnologias para Gestão ambiental: experiências na amazônia meridional. Cuiabá: ICV- instituto centro de Vida, 2011. Disponível em: <<https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-para-gest%C3%A3o-ambiental.pdf>>. Acesso em: 13 mar.2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Justiça obriga: CODEPAR terá que suspender a venda de terras em Barcarena. 2008. Disponível em: <<http://www.prpa.mpf.mp.br/news/2008/noticias/justica-obriga-codebar-tera-que-suspender-a-venda-de-terras-em-barcarena>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. MP/PA e MPF/PA pedem interdição de bacia de contenção da Imerys em Barcarena. 2014a. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/mpe-e-mpf-pedem-interdicao-de-bacia-de-contencao-da-imerys-em-barcarena>>. Acesso em: 08 set. 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Procuradoria da República no Pará. 2014b. Disponível em: <<http://www.prpa.mpf.mp.br/>>. Acesso em: 08 set. 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Meio Ambiente: Ministério Público pede fornecimento urgente de água potável à população de Barcarena (PA). Assessoria de comunicação. 2016a. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/ministerio-publico-pede-fornecimento-urgente-de-agua-potavel-a-populacao-de-barcarena>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

Ministério Público Federal. **Procuradoria da República no Pará: MP recomenda suspensão das atividades de mineradora no Pará.** 2016b. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/mp-recomenda-suspensao-das-atividades-de-mineradora-no-para>>. Acesso em: 05 mai. 2017.

Ministério Público Federal. **Ref. Inquérito Civil Público nº 1.23.000.000661/2015-70**. 2016c. Disponível em: < [//www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/mp-recomenda-suspensao-das-atividades-de-mineradora-no-para](http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/mp-recomenda-suspensao-das-atividades-de-mineradora-no-para). Acesso em: 29 jul. 2018.

MONTEIRO, Maurílio de Abreu. Mineração e desenvolvimento: a valorização do caulim na Amazônia brasileira. *Papers do NAEA* nº 288. Belém: 2011. p.1-48.

MORAES, Maura Rejane Lameira de; FERREIRA NETO, Paulo Sérgio; SILVA, José Guilherme C. da. *Sistematização da Experiência em Fortalecimento Institucional e Criação de Espaço Público: Barcarena, Pará*. Belém: Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2013. Disponível em: < https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi8gP3foNnTAhXKIpAKHa1MBgwQFghDMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.iieb.org.br%2Findex.php%2Fdownload_file%2F1610%2F268%2F&usq=AFQjCNHHHrcGliOPDorBtm0zj0l2Z6LX6g>. Acesso em: 10 fev. 2018.

NAHUM, João Santos. *O uso do território em Barcarena: modernização e ações políticas conservadoras*. 126 f. Tese (Doutor em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

NEVES, Anapaula Vilas Boas. *Estudo geofísico para a caracterização geológica e hidrogeológica da subsuperfície rasa em área de deposição de rejeitos sólidos no município de Barcarena-Pa*. 59f. Mestrado (mestre em ciências na área de geofísica), Universidade Federal do Pará, 2002.

OLIVEIRA, Marcelo Zagonel de; VERONEZ Mauricio Roberto; THUM, Adriane Brill; REINHARDT, Alessandro Ott; BARETTA, Luciane; VALLES; Telmo Henrique Alves; ZARDO, Douglas; SILVEIRA, Leonardo Konrath da. *Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG)*. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007. Florianópolis. Anais... Florianópolis: Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, 2007. p. 4119-4128.

OLIVEIRA, Gilcimar Pires Cabral; CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de; CORDEIRO, José Roberto Centeno; SOUZA, Ana Katiúscia Pastana de. *Sistemas de informações geográficas como ferramenta de apoio ao gerenciamento de recursos hídricos – uma aplicação à bacia do rio Santo Antônio*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15.,2011, Curitiba: Anais.... Paraná: Curitiba, 2011.

OLIVEIRA, Diomar Cavalcante; LAFON, Jean Michel; LIMA, Marcelo de Oliveira. *Distribution of trace metals and Pb isotopes in bottom sediments of the Murucupi River, North Brazil*. Elsevier, 2016. *International Journal of Sediment Research*, p. 226–236.

ORM. **Imerys confirma acidente**. 2014. Disponível em: < <http://www.ormnews.com.br/noticia/imerys-confirma-acidente>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

ORTEGA, Diego Javier Perez. Identificação e avaliação da pressão antrópica no reservatório engenheiro Paulo de Paiva Castro: repercussão sobre as águas superficiais da bacia do rio Juqueri no município de Mairiporã – SP. 246 f. (Doutor em Ciências Ambientais), Universidade Estadual Paulista, Sorocaba-SP, 2017.

PAULA JÚNIOR, Franklin de; MODAELLI, Suraya. Política de águas e Educação Ambiental: processos dialógicos e formativos em planejamento e gestão de recursos hídricos. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília: MMA, 2011. 120 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao04102011025132.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2017.

PARÁ. Resolução n.º 12 de regulamentação do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. 2010. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Resolucao_CERH_n_12.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2017.

PARÁ. Centro de Perícias Científicas “Renato Chaves”. Instituto de criminalística. Laudo Pericial. 2014. Belém: CPC – Renato Chaves. Registrado em 20 de maio de 2014.

PARÁ. Centro de Perícias Científicas “Renato Chaves”. Instituto de criminalística. Laudo Pericial. 2003. Belém: CPC – Renato Chaves. Registrado em 23 de fevereiro de 2018.

PAZ, Alexsandra Câmara; FRÉDOU, Flavia Lucena; FRÉDOU, Thierry. Characterization of the fishing activity in Vila do Conde (Barcarena, State of Pará), Amazon estuary. Belém: 2011. v. 6, n. 2, p. 307-318.

PENA, Heriberto Wagner Amanajás; SANTOS, Alberto Marinho dos; OLIVEIRA, Hilton Pereira. Análise da dinâmica da estrutura produtiva do município de Barcarena, Pa-Brasil. Observatorio de la Economía Latinoamericana. 2014. Disponível em: <<http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/br/14/economia-barcarena.html>>. Acesso em: 25 out. 2018.

PEREIRA, João Alexandre Mendes. SIG Temporal da Alta de Coimbra. 82 f. (Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica), Universidade de Coimbra, Portugal, 2014.

PINHEIRO, Izaque. Registro de cachos de açaí, a partir de uma área do Campo Experimental de Mazagão. Embrapa Amapá. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3631002/cachos-de-acai>>. Acesso em: 10. Mai. 2017.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. Mineração no Brasil: As tragédias potenciais e anunciadas das barragens de rejeitos. In: PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do. Mineração: As tragédias das barragens de rejeitos no Brasil. Revista Banas Qualidade. ISSN - 1676-7845. Edição 290. 2016.

RAMOS, Patrícia Cavalcanti. Pesquisa em educação: o método survey. 2011. 48f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia), Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RAUEN, Vanessa Amadi Barros. Uso de SIG na delimitação de áreas de preservação permanente e no mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Piraí - SP. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

ROCHA, Ana Carolina Toledo; BARBOSA, Sérgio Augusto Alves Rodrigues; SILVA, Jairo Rodrigues. Uso de SIG para confecção de um mapa de uso e ocupação do solo do município de Bambuí-MG. In: II Seminário dos Estudantes de Pós-graduação. 2014. MG: Instituto Federal Minas Gerais (IFMG). 2014. p. 1-5.

SÁ, Talita Freitas Filgueira de; COSTA FILHO, Jose Ferreira da; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; BRAGA JÚNIOR, Joel Martins. Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 3., 2010, Recife. Recife: 2010. p. 001 – 004.

SÁ, Emayara Lima Leite. Engenheira Ambiental. Marabá: 2017. 1 ilustração. Coleção particular.

SABBO, Gabriela Rodrigues; ASSIS, Milena Maria Graciano de; BERTERQUINI, Aline Botini Tavares. Mining reject retention dams. Revista Engenharia em Ação UniToledo, São Paulo: Araçatuba, v. 02, n. 01, p. 3-15. 2017.

SANTOS et al, Paulo Lacerda dos. Caracterização e classificação dos solos do município de Barcarena, Estado do Pará. Embrapa: Amazônia Oriental, Belém, n. 154, p. 32 34, 2003a. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408081/caracterizacao-e-classificacao-dos-solos-do-municipio-de-barcarena-estado-do-para> >. Acesso em: 19 abr. 2017.

SANTOS et al, Paulo Lacerda dos. Zoneamento agroecológico do município de Barcarena, Estado do Pará-Belém. Embrapa: Amazônia Oriental, Belém, n. 156, p.35. 2003b. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/408075/zoneamento-agroecologico-do-municipio-de-barcarena-estado-do-para> >. Acesso em: 19 abr. 2017.

SANTOS, Selma Solange Monteiro. Capacidade institucional, gestão ambiental descentralizada e sustentabilidade: o caso de Barcarena (PA). 2015. 198 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais E Desenvolvimento Local na Amazônia) Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

SCHERER, Clauber Eduardo Marchezan; PORSSE, Alexandre Alves. Eficiência Produtiva Regional da Agricultura Brasileira: uma análise de fronteira estocástica. Piracicaba-SP. 2017. v. 55, n. 02, pp. 389-410.

SCHMITT, Aldrei; MOREIRA, Carlos Roberto. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. Revista cultivando o saber. Edição Especial, p. 125 – 137. 2015.

Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Belém. 2017. Disponível em:< <https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/>> Acesso em: 26 abr. 2017.

Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças do Estado do Pará – SEPOF. Produto Interno Bruto – Pará (2006). Belém: IDESP. 2008. Disponível em: < <http://www.fapespa.pa.gov.br/upload/Arquivo/anexo/632.pdf?id=1499528547>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

SETENTA, Wallace; LOBÃO, Dan Érico. Comissão Executiva do Plano de Recuperação da Lavoura Cacaueira (CEPLAC). Conservação Produtiva: cacau por mais 250 anos. Bahia: Itabuna. 2012. 190p. Disponível em: < http://www.ceplac.gov.br/download/Conservacao_Produtiva_e-book.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2017.

SILVA, Flávia Adriane Oliveira da. Por uma gestão das águas na bacia hidrográfica do rio Murucupi-Barcarena-Pa. Belém, 2012. Mestrado (Mestre em Geografia), Universidade Federal do Pará, 2012.

SILVA, Flávia Adriane Oliveira da; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. Uma Análise Sócioambiental do Rio Murucupi em Barcarena-Pa. 2012. Disponível em:< <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT9-154-861-20100903212419.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2017.

SILVA, Grace Kelly do Rosário da. Transformações socioambientais na comunidade de Dom Manuel – Barcarena/PA. Mestrado (Mestre em Educação), Universidade do Estado do Pará – UFPA, 2013.

SILVA, Lucas Souza; FRANÇA, Cynara Alets Sthuasth Souza de Melo. SIG como ferramenta de mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na APA Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2013. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Universidade Federal do Acre – UFAC.2013, p. 4723-4730.

SILVA, Jaqueline de Carvalho; MONTEIRO, Gabriela Oliveira; PAMBOUKIAN, Sergio Vicente Denser. Sistema de Informações Geográficas (SIG). Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2013. Disponível em: < http://labgeo.mackenzie.br/fileadmin/LABGEO/Trabalhos/Alice/03._Sistema_de_Informacoes_Geograficas.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

SILVA, Roselir Ribeiro da. Bacia do Rio Pomba (MG): uso e ocupação do solo e impactos ambientais nos recursos hídricos. Goiás, 2014. Originalmente apresentado como tese de doutorado, Universidade Federal do Goiás, 2014.

SILVA, Ana Nobre; LIRA, Cristina; TABORDA, Rui; DIAS, Elisabete; CATALÃO, João; AMORIM, Alexandra. Sistemas de Informação Geográfica: Análise Espacial. 2016. Ed:DGRM. Lisboa, Portugal. Disponível em:<

https://www.researchgate.net/publication/312383824_Sistemas_de_Informacao_Geografica_Analise_Espacial?enrichId=rgreq-a923cd8977fcd4bf64d8c1f6161a0ad7-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxMjM4MzgyNDtBUzo0NTE1Nzg1NzA3NTJAMTQ4NDU3NDMyNjcyMA%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf. Acesso em: 15 mar. 2018.

SILVA, Christian Nunes da; REIS, João Francisco Garcia; SILVA, João Marcio Palheta da; PORTO, Jadson Luis Rebelo; LIMA, Ricardo Ângelo Pereira de. Use of the territory and socio-spatial implications of mining in Barcarena (Para/Brazil): Population, tax collection and public security. *Revista Espacios*. Vol. 38, Nº 06, p.24, 2017.

Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH). 2017. Disponível em: <<http://seirh.semas.pa.gov.br/>>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA). São Paulo. 2017. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>>. Acesso em: 28 set. 2017.

Sistema Nacional de Informação de Segurança de Barragem (SNISB). 2018. Disponível em: <>. Acesso em: 01 mar.2018.

SOMAIN, René; DROULERS, Martine. L'hévéa pousse maintenant à São Paulo Rubber tree grows now in São Paulo. *Revista Franco-brasileira de Geografia*, São Paulo. 2016.

SOUZA, Adriana Brito de. Os desafios de uma sociedade que se globaliza: um estudo em Barcarena, Estado do Pará. Santa Cruz do Sul, 2012. Mestrado (mestre em Desenvolvimento Regional), Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, 2012.

SOUZA, Maira Jacqueline de; SANTOS FILHO, Nilo Gonçalves dos. Omissão de socorro: barragens de rejeito. 2015. Disponível em: <<http://www.faculdadeatenas.edu.br/arquivos/NucleoIniciacaoCiencia/REVISTAJURI2015/5%20BARRAGENS%20DE%20REJEITO.PDF>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SUERTEGARAY, Dirce. Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia. A destruição da vida humana e de ecossistemas na Bacia do Rio Doce: o caso das barragens da mineradora Samarco (Vale/BHP Billiton). 2015. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/attachments/article/185/Carta%20ANPEGE.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2017.

TAKEDA, Tatiana de Oliveira. **Uso e ocupação do solo urbano**. Goiás, 2013. Disponível em: <https://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363>. Acesso em: 27 jan. 2017.

TARSO, Savio de. Diálogo abre caminho para reduzir danos socioambientais em Barcarena. Instituto Internacional de Educação no Brasil (IEB). 2013. Disponível em: <<http://www.iieb.org.br/index.php/notcias/dialogo-abre-caminho-para-reduzir-danos-socioambientais-em-b/>>. Acesso em: 21 fev.2018.

TEIXEIRA. Homero André dos Santos. Evolução do licenciamento ambiental de barragens no Brasil. In: MELLO, Flavio Miguez de. A história das barragens no

Brasil, séculos XIX, XX e XI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2012, p 368-395. Disponível em: <http://www.cbdb.org.br/documentos/A_Historia_das_Barragens_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 24 fev.2018.

TEIXEIRA, Dayse Fernanda Ferreira; SIQUEIRA, Brenda Santos; CATTANIO, Jose Henrique. Importância da aninga (*montrichardia linifera*) na retenção de sedimentos na Baía do Guajará, PA. REA – Revista de estudos ambientais (Online). v.16, n. 2, p. 6-19. 2014.

UOL. **Empresa recebe multa por acidente ambiental no Pará.** 2007. Disponível em: <<https://noticias.bol.uol.com.br/brasil/2007/06/14/empresa-recebe-multa-por-acidente-ambiental-no-para.jhtm>>. Acesso em: 15 fev.2018.

United States Geological Survey (USGS). Estados Unidos. 2017. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>>. Acesso em: 27 Abr. 2017.

United States Geological Survey (USGS). Science for a changing world. Earth Explorer: Help Documentation. 2013. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/documents/helptutorial.pdf> >. Acesso em: 25 mar. 2017.

Um pé de quê?. 2010. Disponível em: <<http://www.umpedeque.com.br/arvore.php?id=622>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

Universidade de São Paulo. Reprodução de búfalos. 2018. Disponível em: <<http://bufalos.fmvz.usp.br/sitebra18.html>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

VALENTE, Bruno Araújo Soares; ABREU, Laércio Guilhermino de. Inquérito Civil Público n. 1.23.000.001675-2011-87 004/2016/MP/2PJB 001/2016/MP/2PJB. Recomendação nº 200 /201 6/GAB04. Ministério Público do Estado do Pará. Disponível em: < <http://gceap.prsc.mpf.mp.br/conteudo/artigos-e-referencias-bibliograficas> >. Acesso em: 15 fev. 2018.

VELOSO, H.P.; GÕES FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica ecológica da vegetação neotropical. Salvador: Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL, 1982. 85p.

WANDERLEY, Luiz Jardim Moraes. Recursos minerais na Amazônia brasileira: impactos e perspectivas. In: Malerba, Juliana (Org.). Novo marco legal da mineração no Brasil: Para quê? Para onde?. Rio de Janeiro, 2012. P. 91-162. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/Milanez-2012-O-novo-marco-legal-da-minera%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 30 jan 2018.

ZANELATO, Marco Antonio. Termo de ajustamento de conduta - TAC: aspectos gerais e polêmicos. 2009. 36 slides.

WÜST, Caroline; TAGLIANI; Naiara; CONCATO, Ani Carla. A pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Rio Grande do Sul: Porto Alegre. 2015. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/V-025.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

ANEXO – QUESTIONÁRIO SÓCIOAMBIENTAL

1- Gênero:

Masculino () Feminino ().

2 - Faixa etária:

18-25 ().

26-30 ().

31-35 ().

36-40 ().

41-45 ().

46-50 ().

51-60).

60+().

3 - Há quanto tempo você reside na bacia do Murucupi?

4 - Qual atividade você desempenha para sua subsistência?

() Comercial

() Agricultura

() Serviço público

() Pesca

() Prestador de serviço

() Outro _____

5 - As indústrias presentes em Barcarena afetam/afetaram negativamente seu cotidiano?

sim não .

De que maneira? _____

6 - Já presenciou algum tipo de desastre ambiental em Barcarena causado por das barragens de mineração?

sim não

7 - Isso afetou negativamente você?

sim não .

De que maneira? - Marque as opções que achar necessária.

Lazer.

Atividades comerciais e serviços diversos .

Consumo de água.

Produção agrícola.

Pecuária.

Pesca artesanal.

Poluição do solo.

Poluição da água.

Saúde.

Educação.

Serviços sociais.

Nenhuma das opções anteriores.

8 - Os acidentes ambientais ocorridos poluíram/contaminaram os recursos hídricos?

sim não .

Isso afetou negativamente você?

De que maneira? _____.

9 - Quanto ao abastecimento de água, qual tipo utiliza?

Abastecimento público-COSANPA.

Poço amazonas.

Poço artesiano.

Utiliza do vizinho.

Carro-pipa.

Captação superficial direta.

10 - Você utiliza água de algum rio, igarapé, lago, lagoa, etc?

sim não .

De que maneira? Marque as alternativas necessárias.

Uso doméstico – lavar roupa, louça, consumo próprio etc.

Trabalho – pesca artesanal, irrigação etc.

Transporte.

Lazer.

Lançamento de esgoto doméstico.

Outros. Quais? _____

Nenhuma das opções anteriores.

11 - Os acidentes ambientais provocados pelas empresas de mineração poluíram/contaminaram o solo?

sim não .

Isso afetou negativamente você?

De que maneira? _____.

12 - Houve medidas paliativas para reverter esse quadro de poluição/contaminação da área afetada?

sim não .

Que tipo? _____

13 - Qual seu grau de dependência dos recursos hídricos e solo?

Nenhuma.

Pequena.

Média.

Grande.

14 - Tem conhecimento de conflitos pelo uso da água, existentes ou potenciais, na sua área de residência?

Abastecimento urbano.

Abastecimento rural.

Pecuária.

Irrigação.

Pesca.

Mineração.

navegação.

Turismo.

Outros usos.

15 - Como você classifica a atuação das empresas de mineração para atenuar os problemas de derramamento de rejeitos?

Não sabe

Péssimo

Regular

Bom

Excelente

16 - Como você classifica a atuação dos organismos ambientais para atenuar os problemas de derramamento de rejeitos?

Não sabe

Péssimo

Regular

Bom

Excelente

17 - Há quanto tempo você percebeu que os problemas com os derramamentos de efluentes industriais começou a impactar os corpos d'águas?

_____ anos ou período _____ à _____