



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

RAQUEL DA SILVA VIEIRA MAIA

**ESPACIALIZAÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE BELÉM - PARÁ**

ANANINDEUA, PA
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

RAQUEL DA SILVA VIEIRA MAIA

**ESPACIALIZAÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE BELÉM - PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará - Campus Ananindeua, como requisito à obtenção do título de tecnóloga em geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves de Melo

ANANINDEUA, PA

2022

A Deus, meu lugar seguro.

A minha maior inspiração, meu pai Moisés Alencar Vieira (in memoriam), pois sempre acreditou que seria possível os meus sonhos e que conseguiria ir além do que eu pudesse imaginar. Dedico a minha amada mãe Aldaleia Carneiro da Silva, companheira e amiga que posso contar em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, autor da vida, meu melhor amigo e meu lugar seguro, pela saúde e força para finalizar o curso e concluir a pesquisa.

Ao meu amigo e consolador Espírito Santo, que esteve comigo a todo instante e não me deixou desistir.

A minha família, o bem mais precioso que disponho, por todo apoio e incentivo na busca pelos meus ideais, em especial meu querido esposo, por todo amor, carinho, por sonhar os meus sonhos juntamente comigo e pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu orientador Dr. Paulo Alves de Melo, pela oportunidade e críticas construtivas essenciais para a conclusão do estudo e aprendizado.

A turma de geoprocessamento 2018, em especial a Ana Consuelo, Larissa Fanjas e Marlon Rafael, pelo companheirismo e conhecimento compartilhado durante toda a trajetória na faculdade.

Aos amigos que, mesmo distantes, intercederam por mim.

Ao corpo docente da Universidade Federal do Pará - Campus Ananindeua, em especial aos professores da Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG), que contribuíram de forma excepcional em minha formação.

Ao Laboratório de Análise Ambiental e Representação Cartográfica (LARC) da Universidade Federal do Pará, em especial ao Dr. Daniel Araújo Sombra Soares.

Muito obrigada.

“Sabemos que toda a natureza criada geme até agora, como em dores de parto”.

(Romanos 8:22)

RESUMO

A mineração é uma atividade que vem se intensificando ao longo dos anos. Dessa forma, para mensurar as atividades exploratórias decorrentes na Região Metropolitana de Belém - Pa, a pesquisa propôs através do geoprocessamento a espacialização dos processos minerários. Nesta, foram realizadas pesquisas na base de dados disponibilizados pelo Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM), para produção de um levantamento espaço temporal, visando caracterizar os municípios que apresentam maiores concentrações de áreas requeridas ao órgão competente. Para diagnóstico dos dados, foram confeccionados mapas para a representação das poligonais requeridas, além da utilização do método de densidade Kernel, operando o software QGIS com dados do período de 2001 a fevereiro de 2022, para determinação do comportamento nos avanços de interesses minerários, além da produção de representações gráficas. Com isso, foram espacializados 157 poligonais de processos minerários para diferentes substâncias minerais, predominantemente encontrados em fases de licenciamento, aplicados na construção civil, expressando maiores concentrações de áreas para extração de água mineral e com maior quantidade de processos nos municípios de Santa Izabel, Benevides e Castanhal, quanto ao quantitativo de áreas em hectares, o município de Santa Izabel supera os demais, pois algumas áreas foram requeridas através de cooperativas, através do requerimento de lavra garimpeira para áreas com quase 10.000 hectares. Para tanto, identificou-se que a área de estudo sofreu avanços significativos ao longo dos anos para tais atividades, comportando ao todo quase oitenta e dois mil hectares em áreas requeridas, tornando-a assim, objeto de exploração mineral.

Palavras-chaves: mineração, áreas requeridas, geoprocessamento, espaço temporal.

ABSTRACT

Mining is an activity that has intensified over the years. Thus, to measure the exploratory activities arising in the Metropolitan Region of Belém - Pa, the research proposed through geoprocessing the spatialization of mining processes. In this one, research was carried out in the database provided by the Geographic Information System for Mining (SIGMINE) of the National Mining Agency (ANM), to produce a space-time survey, aiming to characterize the municipalities that have the highest concentrations of areas required to the agency competent. For data diagnosis, maps were made to represent the required polygons, in addition to the use of the Kernel density method, operating the QGIS software with data from the period from 2001 to February 2022, to determine the behavior in the advances of mining interests, in addition to of the production of graphic representations. As a result, 157 polygonal mining processes were spatialized for different mineral substances, predominantly found in licensing phases, applied in civil construction, expressing greater concentrations of areas for mineral water extraction and with a greater number of processes in the municipalities of Santa Izabel, Benevides and Castanhal, regarding the quantity of areas in hectares, the municipality of Santa Izabel surpasses the others, as some areas were required through cooperatives, through the requirement of mining for areas with almost 10,000 hectares. Therefore, it was identified that the study area has undergone significant advances over the years for such activities, comprising in all almost eighty-two thousand hectares in required areas, thus making it an object of mineral exploitation.

Keywords: mining, required areas, geoprocessing, temporal space.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da região metropolitana de Belém - PA.....	15
Figura 2 - Mapa de processos minerários protocolizados na Amazônia.....	30
Figura 3 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2001 a 2007.....	34
Figura 4 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2008 a 2012.....	35
Figura 5 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2013 a 2017.....	36
Figura 6 - Mapa de concentração dos avanços minerários de 2018 a Fevereiro de 2022.....	36
Figura 7 - Mapa de distribuição dos processos minerários na RMB.....	37
Figura 8 - Poligonais requeridas para lavra de areia.....	39
Figura 9 - Poligonais requeridas para lavra de argila.....	40
Figura 10 - Poligonais requeridas para lavra de saibro.....	41
Figura 11 - Poligonais requeridas para lavra de quartzo.....	42
Figura 12 - Poligonais requeridas para lavra de cascalho.....	43
Figura 13 - Poligonais requeridas para lavra de água mineral.....	44
Figura 14 - Poligonais requeridas para lavra de minério de ferro.....	46
Figura 15 - Poligonais requeridas para lavra de minério de ouro.....	47
Figura 16 - Quantitativo de processos minerários nos municípios na RMB.....	48
Figura 17 - Quantitativo de processos minerários na RMB de acordo com a substância.....	49
Figura 18 - Quantitativo em hectares dos processos minerários nos municípios da RMB.....	50
Figura 19 - Quantitativo em hectares dos processos minerários por substância mineral na RMB.....	50
Figura 20 - Processos distribuídos por fase na Região Metropolitana de Belém.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratigrafia da região metropolitana de Belém.....	17
Tabela 2 - Áreas máximas, minerais, regime e prazos de requerimentos por hectare.....	21
Tabela 3 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2019.....	29
Tabela 4 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2020.....	29
Tabela 5 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2021.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS

ANM - Agência Nacional de Mineração

ART - Anotação de Responsabilidade Técnica

CDN - Conselho de Defesa Nacional

CONAMA - Conselho Nacional Do Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

DOU - Diário Oficial da União

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

FTG - Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento

MME - Ministério de Minas e Energia

PAE - Plano de Aproveitamento Econômico

PLG - Permissão de Lavra Garimpeira

RAL - Relatório Anual de Lavra

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

RMB - Região Metropolitana de Belém

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SIGMINE - Sistema de Informação Geográfica da Mineração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo Geral.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 Caracterização da área de estudo.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Geomorfologia.....	16
2.2 Geologia.....	16
2.3 Pedologia.....	17
2.4 Vegetação.....	18
2.5 Propriedade dos Recursos Minerais.....	18
2.6 Requerimento de Pesquisa Mineral.....	19
2.6.1 Autorização de Pesquisa Mineral.....	19
2.6.2 Áreas máximas para outorga.....	20
2.6.3 Especificações para requerer substâncias minerais.....	21
2.6.4 Área pretendida.....	22
2.6.5 Anotação de Responsabilidade Técnica - ART.....	22
2.6.6 Emolumentos.....	23
2.7 Regime de Licenciamento.....	23
2.8 Requerimento de Lavra.....	24
2.9 Requerimento de Lavra Garimpeira.....	24
2.10 Registro de Extração.....	25
2.11 Licenciamento Ambiental.....	26
2.11.1 Licenciamento Ambiental nos Regimes de Autorização e Concessão.....	27
2.11.2 Licenciamento Ambiental no Regime de Licenciamento.....	28
2.12 Geoprocessamento na mineração.....	30
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
3.1 Avanços dos interesses minerários.....	32
3.2 Especialização dos processos minerários por substância na RMB.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1 Análise espaço temporal dos processos minerários.....	33
4.2 Processos minerários na Região Metropolitana de Belém.....	37
4.2.1 Processos requeridos para exploração de areia.....	37

4.2.2 Processos requeridos para exploração de argila.....	39
4.2.3 Processos requeridos para exploração saibro.....	40
4.2.4 Processos requeridos para exploração de quartzo.....	41
4.2.5 Processos requeridos para exploração de cascalho.....	42
4.2.6 Processos requeridos para exploração de água mineral.....	43
4.2.7 Processos requeridos para exploração de minério de ferro.....	44
4.2.8 Processos requeridos para exploração de minério de ouro.....	46
4.3 Representações gráficas dos dados analisados.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade exploratória existente desde a antiguidade, associada a uma necessidade humana, que ao longo da história tornou-se objetos de avanços tecnológicos, sociais e econômicos e isto intensifica a exploração dos recursos naturais. Freitas (2009), destaca que após a Primeira Revolução Industrial, o homem passa a explorar a natureza, além do que necessita e com isso houve um crescimento significativo nas atividades de extração mineral.

Para Sousa (1849), o desenvolvimento dessas atividades, permitiu encontrar os primeiros depósitos minerais de ouro no Brasil no século XVIII, particularmente nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás . Por conseguinte, na mineração atual, o Brasil é portador de importantes depósitos minerais, dentre eles, minerais metálicos e não metálicos e energéticos, isto favorece a crescente demanda pela exploração desses recursos minerais, como por exemplo na Amazônia.

Diante disso, analisamos estes processos na Amazônia, como ilustrado por Leff (2006) e Ferreira e Castro (2009, p. 04) destaca: “o materialismo histórico procura dar conta da estrutura social que converte a natureza em objetos de trabalho, valores de uso naturais capazes de serem incorporados ao processo de produção de riqueza e trabalho”.

Para além disso, a mineração de um modo geral, está sujeita a um conjunto de regulamentações, onde os três níveis de poderes estatais possuem atribuições relevantes a mineração e meio ambiente, responsáveis por formular e coordenar as políticas do setor mineral e aproveitamento dos recursos minerais.

Esta atividade também está sujeita a grandes, médios e pequenos empreendimentos, ou seja, desde grandes projetos de instalações, a projetos de exploração para substâncias classificadas como agregados, como exemplo, extração de substâncias para uso imediato na construção civil, como identificado na Região Metropolitana de Belém. Assim, para explorar os recursos minerais, nem sempre faz-se necessário a implantação de uma mina e usina para as operações de lavra e posterior beneficiamento. Para algumas substâncias, por exemplo, existem algumas especificações e regimes de licenciamento diferenciados, ou seja, a extração acontece muitas vezes mais próximo do que podemos imaginar e passam despercebidas pela população do seu entorno.

Em vista disso, o geoprocessamento contribui de forma significativa, na espacialização de processos regulamentados, fornecidos pelo Sistema de Informação Geográfica, auxiliando na identificação dos tipos de regimes, onde estão distribuídos e quais substâncias minerais são requeridas na área de estudo.

A pesquisa visa mostrar a importância de um empreendimento legalizado e além de tudo, ressaltar que, o geoprocessamento está presente na mineração, desde as suas fases iniciais, é também um importante indicador de relevâncias no empreendimento mineiro e pode auxiliar nas análises espaço temporais de concentrações de processos voltados aos avanços das atividades de extração mineral.

1.1 Objetivos gerais

Espacializar os processos minerários na região metropolitana de Belém.

1.2. Objetivos específicos

- Identificar nos processos minerários da Região Metropolitana de Belém os tipos de requerimentos e quantificá-los.
- Realizar uma análise espaço temporal dos interesses minerários.
- Descrever o status dos processos minerários distribuídos por substância.

1.3 Caracterização da área de estudo

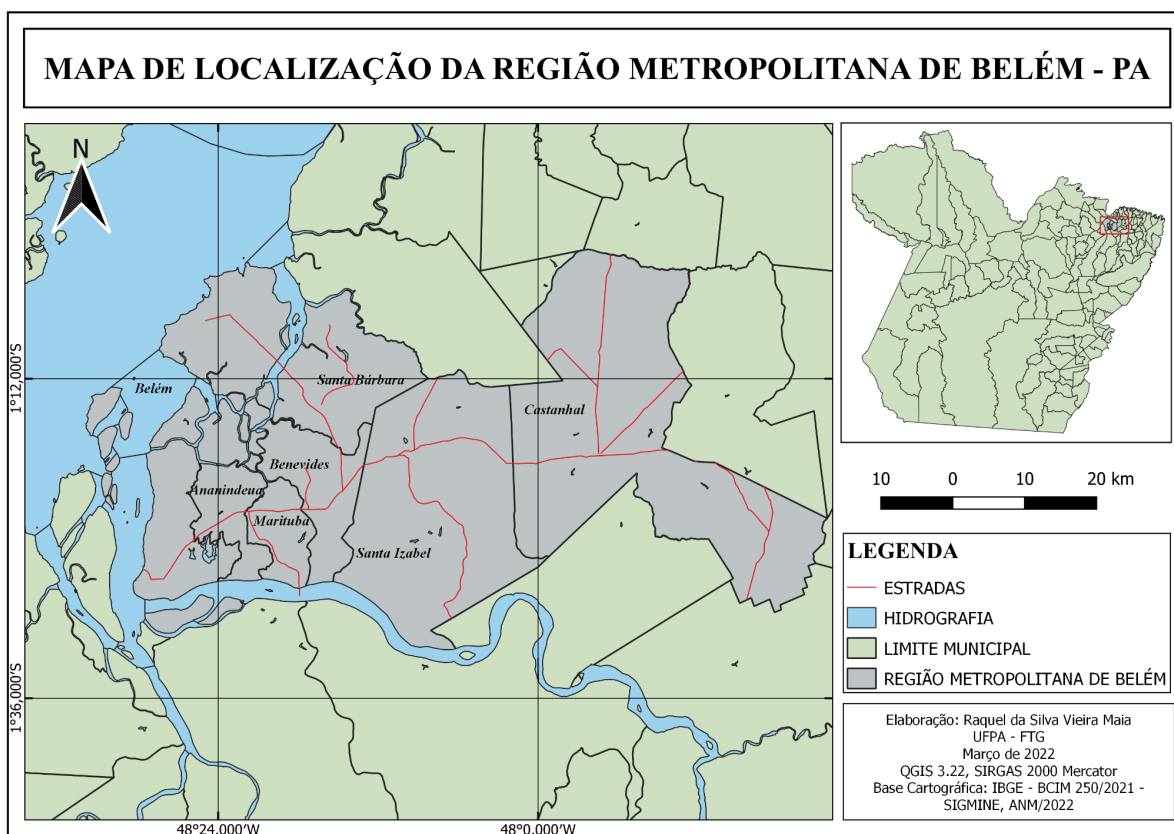
A região metropolitana de Belém foi instituída pela Lei Complementar Federal 14/1973, composta pelos municípios Belém e Ananindeua. Seguidamente, mediante a Lei Estadual nº. 27/1995 foram incorporados na RMB, os municípios, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará. Ainda, com a Lei Estadual nº. 72/2010, o município Santa Izabel do Pará passou a fazer parte da mesma, resultando na Lei Complementar 76/2011, houve a inserção do município de Castanhal na Região considerada metropolitana de Belém. Atualmente, região metropolitana de Belém, integra 7 municípios (Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará e Castanhal).

A área de estudo é marcada por um agrupamento de rochas brandas, ou seja, que possuem baixo grau de resistência à compressão. Essas, provenientes da Formação Pirabas, do Grupo Barreiras e Pós Barreiras. Apresentam um elevado grau de metamorfismo e coloração variadas atendendo às características dos minerais constituintes de sua formação, como por exemplo, minerais essenciais (os que definem a natureza da rocha) ou minerais

accessórios (os que se apresentam em menor quantidade para definirem uma variedade de rocha ou como impurezas presente na sua formação).

Para além, concentra importantes depósitos minerais que, ao longo do tempo e têm tornado-se alvo de extração mineral em todos os municípios das áreas em questão, pois apresenta processos protocolados desde a pesquisa (identificar, quantificar e caracterizar o mineral de interesse) até a lavra (remoção do mineral de interesse).

Figura 1- Mapa de localização da região metropolitana de Belém - PA



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geomorfologia

As unidades litoestratigráficas aflorantes na região de Belém, é constituída por sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos, pertencentes às épocas mioceno-pleistocênicas, seguidas de fatores tectono-estruturais, ou seja, falhas normais e transcorrentes (IGREJA et al., 1990, ROSSETTI, 2001). As predominantes unidades morfo-estruturais decorrentes dos processos geomorfológicos que modelam Belém, são formadas pelo Planalto Rebaixado da Amazônia e a Planície Amazônica, com relevo de superfícies planas, onduladas e dissecadas de maneira incipiente, desenvolvidas em rochas do Grupo Barreiras e Pós Barreiras. Esses sistemas interagem como interflúvios, distinguindo-se como divisor das drenagens da bacia do Rio Guamá, bem como das bacias dos Furos das Marinhas e do Maguari. Caracterizados por áreas planas advindas de depósitos aluviais Quaternários, inundáveis e alagáveis regularmente pelas marés e chuvas.

2.2 Geologia

O agrupamento de rochas que compõem o quadro litoestratigráfico da RMB (tabela 1), integra a Bacia Sedimentar do Amazonas, também conhecida como Bacia Sedimentar do Marajó (LUDWIG, 1964). Possui rochas com variados graus de metamorfismo, como gnaisses, arenitos, argilitos, quartzitos, xistos e filitos. A cobertura sedimentar é sobretudo constituída pela Formação Pirabas, do Grupo Barreiras, Pós Barreiras e sedimentos do Quaternário.

Segundo Geipot (1978), os sedimentos do Quaternário, são constituídos de areias, argilas e siltes, transportados e depositados na planície aluvial dos rios da região. São sedimentos com idade Holocênica com espessura de aproximadamente 30 m expostos por sondagens geotécnicas. Ainda, Silva e Lowenstein (1968), apresentam os depósitos de areno-argilosos com coloração amarela, de idade mais antiga Pleistocênica, referidos como Pós-Barreiras. Levando em consideração a sequência sedimentar do Terciário, o Grupo Barreira é de origem continental e a Formação Pirabas de origem Marinha. Ademais, o Grupo Barreira é composto de, cascalhos, areias, arenitos, argilas, siltes, siltitos, conglomerados, concreções ferruginosas e arenitos ferruginosos. Possuem coloração variegada, como amarela, vermelha, marrom, com argilas multicoloridas, variando de mais claras, pela presenças de minerais como a caulinita, ou coloração amarelo-avermelhado, pela presença de

óxidos ou hidróxidos de ferro (minerais como a hematita e goethita), ou por vezes cinza, pela presença de matéria orgânica. Quanto à Formação Pirabas, é constituída de calcários, areias, argilas, margas, arenitos, siltitos, argilitos, depositados em ambiente marinho durante o Mioceno e que são profundamente fossilíferos.

Tabela 1 - Estratigrafia da região metropolitana de Belém.

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE	DESCRIÇÃO
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Sedimentos Modernos	Areias de granulometria fina a média, argilas escuras, com restos de vegetais, distribuídas nos rios e igarapés.
Cenozóico	Quaternário	Pleistoceno	Pós-Barreiras	Sedimentos inconsolidados areno-argilosos, finos a médios com concreções ferruginosas.
Cenozóico	Terciário	Mioceno Plioceno	Grupo Barreiras	Arenitos ferruginosos, areias finas a médias, siltes e argilas.
Cenozóico	Terciário	Oligo Mioceno	Formação Pirabas	Calcários fossilíferos e margas intercalados com folhelhos ritmicos e arenitos calcíferos

Fonte: Elaborado pela autora, modificado de Borges (1998) apud Souza Júnior et al. (1992).

2.3 Pedologia

É marcada por ocorrências de latossolos amarelos, concrecionário laterítico, podzol hidromórfico, gley pouco húmico e areias quartzosas (VIEIRA e SANTOS, 1987). O

latossolo amarelo, compreende um solo envelhecido e profundo, com variações de ácido a fortemente ácido, apresenta drenagem de boa qualidade originado a partir dos sedimentos do Grupo Barreiras. As concreções lateríticas, acham-se intemperizadas com mistura de partículas mineralógicas finas e concreções de arenitos ferruginosos em sua estrutura. Concerne a um solo oriundo de sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreira e atuantes em relevo suave, ondulado e fortemente ondulado (FARIAS et al., 1992). Os solos podzólicos hidromórficos, caracterizam-se por apresentar textura arenosa, comumente profundos, de horizontes bem diferenciados e baixa fertilidade natural. Os solos gley pouco húmicos, originam-se de sedimentos do Quaternário (elevado teor de siltes), altos teores de matéria orgânica, vigorosamente ácidos e mal selecionados. Quanto às areias quartzosas, forma-se de sedimentos arenosos do Quaternário, fortemente permeáveis e drenados, com a presença de argilominerais abaixo de 15 %.

2.4 Vegetação

Sua formação original é concebida por Floresta Tropical Úmida Perenifolia, com elevada diversidade em sua formação florestal. Todavia, com o advento da ação antrópica, essa vegetação primitiva foi alterada em sua estrutura, assim, grande parte desse desflorestamento é proveniente do processo de urbanização (CORTEZ et al., 2000). Assim, a presente cobertura vegetal pode ser retratada como Terra Firme, ramificada em Floresta Densa de Terra Firme, Floresta Aberta de Terra Firme e Capoeira de Terra Firme. Tanto quanto, as áreas de Várzea classificadas como Floresta de Várzea, Floresta de Igapó Original e Capoeira de Várzea (MOREIRA, 1966).

2.5 Propriedade dos Recursos Minerais

A constituição Federal de 1988 declara em seu art 176, § 1º, § 2º e § 3º:

Art. 176 As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra. (BRASIL, 1988).

[...] 1º - A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o "caput" deste artigo somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, no interesse nacional, por brasileiros ou empresa constituída sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País, na forma da lei, que estabelecerá as condições específicas quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas.

[...] 2º - É assegurada participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma, e no valor que dispuser a lei.

[...] 3º - A autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado, e as autorizações e concessões previstas neste artigo não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem prévia anuência do poder concedente.

Diante desse contexto, os recursos minerais pertencem à união, por isso faz-se necessário todas as modalidades legais ou regimes de aproveitamento e todos os procedimentos indispensáveis. Diante dessa necessidade surge o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Órgão competente encarregado de normatizar e fiscalizar esses procedimentos.

2.6 Requerimento de Pesquisa Mineral

De acordo com o Código de Mineração, o parágrafo 1 do artigo 14 do Decreto Lei nº 227 de 28 de Fevereiro de 1967, declara:

Art. 14 Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico.

§ 1º A pesquisa mineral compreende, entre outros, os seguintes trabalhos de campo e de laboratório: levantamentos geológicos pormenorizados da áreas a pesquisar, em escala conveniente, estudos dos afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos; aberturas de escavações visitáveis e execução de sondagens no corpo mineral; amostragens sistemáticas, análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens; e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis, para a obtenção de concentrados de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial.

O Requerimento, é um regime de aproveitamento mineral em áreas livres na base de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), estes, são requeridos junto a Agência Nacional de Mineração (ANM), que é a autarquia Federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia, responsável pela gestão das atividades de mineração e dos recursos minerais brasileiros. Os requerimentos alteram-se, de acordo com a fase em que o empreendimento mineiro se encontra.

2.6.1 Autorização de Pesquisa Mineral

Neste regime de aproveitamento mineral, são realizados os trabalhos para a definição da jazida, assim como, sua avaliação e determinação da sua viabilidade e aproveitamento econômico. Seguindo o código de mineração, em seu artigo 14, a pesquisa mineral compreende também, trabalhos de campo e laboratório, como os levantamentos geológicos detalhados nas áreas em que se deseja explorar, estudos nos afloramentos, levantamentos

geofísicos e geoquímicos, abertura de escavações, sondagens no corpo mineral, amostragens, análises físicas para detecção da resistência do corpo mineral, análises químicas para identificação das substâncias contidas na amostra e ensaios de beneficiamento dos minérios ou minerais. Para a realização desta, é necessário a aprovação da ANM mediante ato administrativo de Autorização de Pesquisa. O título autorizativo deste ato, é Alvará de Pesquisa, este, é outorgado pelo Superintendente de Pesquisa e Recursos Minerais publicado no Diário Oficial da União (DOU). Para efetivação da pesquisa, o prazo é de 01 ou 03 anos, de acordo com as características de localização da área e natureza dos minerais.

A dimensão das áreas máximas concedidas, variam de 50 a 2.000 hectares, essa variação consiste no tipo de substância mineral e sua aplicação. No entanto, a Amazônia legal possui áreas de difícil acesso, por conseguinte sua área máxima é de 10.000 hectares. Para substâncias definidas como monopólio (petróleo, gás e elementos radioativos), não são requeridas na ANM. Assim, neste regime, o requerente não necessita ser o proprietário do solo, porém, deve possuir autorização para adentrar na propriedade e seguir o plano de pesquisa estabelecido no requerimento. Para áreas situadas na “faixa de fronteira” (150 km longe da mesma), pessoas físicas e jurídicas precisam da aprovação do Conselho de Defesa Nacional (CDN). A cessão ou transferência de direitos, parcial ou total, é admitida, apenas, após a outorga de Alvará de Pesquisa.

2.6.2 Áreas máximas para outorga

A ANM, em 16/11/2020, publicou a resolução nº 49, que altera os artigos 42 e 43 da Portaria nº 155/2016, das áreas máximas para outorga, a partir da necessidade de adaptação à Lei nº 13.975, de 7 de Janeiro de 2020, pois despertou um conflito legal nas áreas máximas para requerimento e outorga para rochas ornamentais, possibilitando assim, a aplicação de um Regime de Licenciamento, cujas áreas máximas são de 50 hectares por substância ornamental e de revestimento. Desta forma, a resolução esclarece que, áreas máximas de 50 hectares aplicam-se apenas ao regime de licenciamento. Para além, , a Lei nº 13.975, de 7 de janeiro de 2020 declara:

Altera a Lei 6.567, de 24 de setembro de 1978, para incluir a exploração de rochas ornamentais e de revestimento e de calcário e de magnésio no regime de licenciamento ou autorização e concessão.

Posto isto, as rochas ornamentais destinadas preferencialmente na construção civil, podem ser lavradas pelo regime de licenciamento a uma área máxima de 50 hectares ou pelo

regime de concessão e autorização em áreas de até 1000 hectares. Os hectares devem ser requeridos por vez e apresentam um número máximo e os prazos variam de 01 a 03 anos, além de outros com prazos indeterminados (Tabela 2).

Tabela 2 - Áreas máximas, minerais, regime e prazos de requerimentos por hectare.

HECTARE	SUBSTÂNCIA MINERAL	REGIME	PRAZO
5	Minerais de uso imediato na construção civil.	Concessão e autorização	01 a 03 anos
50	Água mineral.	Concessão e autorização	Alvará de 02 anos
50	Minerais de uso imediato na construção civil, argila vermelha para indústria, cerâmica, calcário para corretivo de solos.	Licenciamento	Resulta da prefeitura e proprietário da área
50	Gemas preciosas, ouro, diamante, cassiterita e outros minerais descritos pela ANM.	Lavra garimpeira	05 anos
50	Minerais de uso imediato na construção civil, argila vermelha, cerâmica, calcário para corretivo de solos, areia para indústria de transformação, feldspato, gemas (exceto diamantes), rochas ornamentais (construção civil), pedras decorativas e micas.	Licenciamento	Resulta da prefeitura
1.000	Rochas ornamentais (construção civil), rochas para revestimento e demais minerais.	Concessão e autorização	02 a 03 anos
2.000	Metálicos, fertilizantes, carvão, diamante, rochas betuminosas e pirobetuminosas, turfa, sal-gema.	Concessão e autorização	02 a 03 anos
10.000	Metálicos, fertilizantes, carvão, diamante, rochas betuminosas e pirobetuminosas, turfa, sal-gema, caulim (Amazônia Legal).	Concessão e autorização	Alvará de 02 a 03 anos

Fonte: Agência Nacional de Mineração. Elaborado pela autora, 2022.

2.6.3 Especificações para requerer substâncias minerais

A efetivação da pesquisa mineral e lavra só ocorrerá por meio de brasileiros, pessoa natural, firma individual, ou empresas legalmente habilitadas. Os mesmos devem estar devidamente cadastrados no CTDM - Cadastro de Titulares de Direitos Minerários.

2.6.4 Área pretendida

Após a identificação de áreas com potencial econômico, o requerente deverá delimitar a mesma. Na identificação de áreas com potencial econômico, deverá ser feita uma única poligonal, com vértices definidos por coordenadas geodésicas, formando com vértice adjacente, um segmento de reta Norte-Sul ou Leste-Oeste verdadeiros. Não havendo cruzamentos entre os segmentos de reta que formam a poligonal.

Para a identificação de áreas livres, recomenda-se a consulta no Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE), disponível na página da Agência Nacional de Mineração na *internet*, para informações espaciais de possíveis processos minerários incidentes na poligonal de interesse. Quanto às informações de processos específicos, este sistema disponibiliza um link de acesso para o usuário abrir diretamente a página do cadastro mineiro, contendo informações mais amplas.

No entanto, por vezes os resultados não significam que a área requerida esteja de fato livre, pois a atualização do sistema, não ocorre em tempo real. Recomenda-se também ao minerador identificar se a área de interesse encontra-se em áreas de uso ambiental ou em áreas de bloqueio. São classificadas como áreas de bloqueio:

- Gasodutos, linhas de transmissão e hidrelétricas. Nesse cenário, a outorga do título é por prazo determinado e a juízo da ANM e o interessado do processo minerário interferente com a área de objeto do pedido de bloqueio, apresenta o “termo renúncia”.
- Reservas extrativistas, cavernas, sítio paleontológico, conselho nuclear, sítio arqueológicos, área militar, unidade de conservação integral e países limítrofes.
- Áreas urbanas. Se a poligonal de interesse estiver localizada em áreas urbanas, é necessário o consentimento da prefeitura.

2.6.5 Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

Na fase de pesquisa mineral, do requerimento até a entrega do relatório final, é responsabilidade técnica de um profissional legalmente habilitado pelo sistema CREA/CONFEA. Estes profissionais são engenheiros de minas ou geólogos, pois assim, para execução dos trabalhos faz-se necessário apresentar a respectiva ART. Na anotação de responsabilidade técnica, todos os documentos são apresentados na ANM, listam-se o memorial descritivo, a planta de situação, plano dos trabalhos de pesquisa, o plano de aproveitamento econômico, mapas, relatórios e memoriais deverão estar acompanhados das originais ou cópia autenticada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica do profissional que elaborou, juntamente com o comprovante de pagamento.

2.6.6 Emolumentos

É necessário o pagamento de emolumentos pelo interessado, para a autorização de pesquisa. O recolhimento dos valores fixados em Resolução da ANM, será efetuado em qualquer agência de rede bancária autorizada, por meio do preenchimento do Guia de Recolhimento da União - GRU. Poderá ser executada por meio de documento original ou cópia autenticada e proibido a apresentação de comprovante de agendamento de pagamento.

2.7 Regime de Licenciamento

O Regime de licenciamento, consiste no aproveitamento de substâncias minerais registradas na ANM, com licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais que permite a extração de bens minerais de aproveitamento imediato na construção civil, ou seja:

- Areias, cascalhos e saibros, quando utilizados in natura na construção civil e no preparo de agregado e argamassas;
- Material sílico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;
- Rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento;
- Rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil e os calcários aplicados como corretivos de solo na agricultura.

O aproveitamento mineral por licenciamento fica restrito à área máxima de 50 hectares e é facultado, exclusivamente, ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver autorização.

O prazo de vigência do título está vinculado às autorizações concedidas pelo proprietário do solo e às prefeituras. A cessão ou transferências de direitos, parcial ou total, é admitida apenas após a outorga do registro de licença.

A emissão do registro de licença, irá credenciar o proprietário ao aproveitamento mineral de substâncias para construção civil. Para o registro de licenciamento é importante:

- Identificar a área com potencial econômico.
- Avaliar se a área está livre.
- Verificar limitações de uso ambiental.

Além do que, a documentação exigida para o Registro de Licenciamento:

- Comprovação de nacionalidade e comprovação do número de registro (pessoa física).
- Licença do Município.
- Planta de situação.
- Memorial Descritivo.
- ART.

2.8 Requerimento de Lavra

Este requerimento é realizado após a aprovação do relatório final de pesquisa, ou seja, marca o fim da etapa de autorização de pesquisa mineral. Feito isto, após a aprovação pelo Ministério de Minas e Energia, o empreendedor pode seguir as etapas posteriores, lavra, beneficiamento para comercialização do recurso mineral explorado da área requerida. A documentação necessária para requerimento de lavra a seguir:

- Plano de Aproveitamento Econômico (PAE).
- Certidão do Registro do Titular na Junta Comercial e Estadual.
- Licenciamento Ambiental.

2.9 Requerimento de Lavra Garimpeira

O requerimento de lavra garimpeira é um regime de extração de substâncias minerais com o aproveitamento imediato, que possui, pequena quantidade em volume e distribuído de forma irregular, portanto, nessas condições não justificam na maioria das vezes, investimentos em trabalhos de pesquisa.

São classificados como minerais garimpáveis: Diamante, ouro, columbita, tantalita, cassiterita, wolframita, nas formas aluvionar, eluvionar e coluvial, scheelita, demais gemas, rutilo, quartzo, berilo, muscovita, espodumênio, lepidolita, feldspato, mica e outras ocorrências indicadas pela ANM.

A Agência Nacional de Mineração, estabelece mediante portaria, as áreas de garimpagem, de acordo com a ocorrência do bem mineral, assim como, o interesse do setor mineral e as razões de ordem social e ambiental. Quanto à ampliação de áreas garimpáveis, fica a critério da prévia licença do órgão ambiental competente e não poderá abranger terras indígenas. Nas áreas estabelecidas para garimpagem, as atividades deverão ser efetuadas preferencialmente de forma associativa, e pelas cooperativas de garimpeiros, quando a quantidade de garimpeiros não justificar o bloqueio das áreas reservada para os trabalhos, a área poderá ser reduzida.

Ainda, a permissão da lavra garimpeira, é fornecida pelo Diretor-Geral da ANM, com prazo de cinco anos, e, renovável por mais cinco anos. A área não poderá ultrapassar 50 hectares, somente, quando outorgada por cooperativas de garimpeiros.

2.10 Registro de Extração

O Registro de Extração, é uma declaração concedida pela ANM, exclusivamente aos órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que permite a extração de substâncias de uso imediato na construção civil, com uso somente em obras públicas, sendo assim, proibida sua venda, lavra por terceiros ou transferências para empresas privadas.

São classificadas como substâncias minerais de uso imediato na construção civil:

- Areias, cascalhos e saibros, quando utilizados in natura na construção civil e no preparo de agregado e argamassas;

- Material sílico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;
- Rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e,
- Rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Este regime de aproveitamento mineral é restrito à área máxima de cinco hectares. O prazo fica a juízo da ANM, levando em conta as necessidades da obra a ser realizada, bem como, a extensão da área requerida. O prazo pode perdurar até cinco anos, sendo permitida apenas uma única prorrogação. Também, o titular é isento de taxas e a declaração de registro de extração é obtida somente após a aprovação do órgão ambiental competente.

2.11 Licenciamento Ambiental

Para a obtenção dos títulos, faz-se necessário, em todos os regimes anteriormente citados, a apresentação de Licenças Ambientais, emitidas pelos órgãos estaduais e de meio ambiente, assim como, informações sobre este aspecto, solicitados pelo DNPM, como por exemplo o Plano de Impactos Ambientais na Mineração.

Para a obtenção de Licenças Ambientais nos empreendimentos de aproveitamento dos bens minerais, os procedimentos estão listados em duas resoluções do Conselho Nacional de Meio-Ambiente (CONAMA). Este, em suas Resoluções nº 09/90 e 10/90 respectivamente, tratam o licenciamento ambiental das áreas, sob o Regime de Autorização e Concessão e o Regime de Licenciamento.

Segundo O Conselho Nacional Do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, alterada pela Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e Considerando a necessidade de serem estabelecidos critérios específicos para o Licenciamento Ambiental de extração mineral da Classe II (Decreto-Lei nº 227, 28 de fevereiro de 1967), visando o melhor controle dessa atividade conforme preconiza as Leis nº 6.567/76, 6.938/81, 7.804/89 e 7.805/89, bem como os Decretos Presidenciais, RESOLVE:

Art. 1º - A exploração de bens minerais da Classe II deverá ser precedida de licenciamento ambiental do órgão estadual de meio ambiente ou do IBAMA, quando couber, nos termos da legislação vigente e desta Resolução.

Parágrafo Único - Para a solicitação da Licença Prévia - LP, de Instalação-LI e de Operação - LO deverão ser apresentados os documentos relacionados nos anexos I, II, III desta Resolução, de acordo com o tipo de empreendimento e fase em que se encontre.

Art. 2º - Caso o empreendimento necessite ser licenciado por mais de um Estado, dada a sua localização ou abrangência de sua área de influência, os órgãos estaduais deverão manter entendimento prévio no sentido de, na medida possível, uniformizar as exigências.

Parágrafo Único - O IBAMA será coordenador entre os entendimentos previstos neste artigo.

Art. 3º - A critério do órgão ambiental competente, o empreendimento, em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades, poderá ser dispensado da apresentação dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

Parágrafo Único - Na hipótese da dispensa de apresentação do EIA / RIMA, o empreendedor deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental - RCA, elaborado de acordo com as diretrizes a serem estabelecidas pelo órgão ambiental competente.

Art. 4º - A Licença Prévia deverá ser requerida ao órgão ambiental competente, ocasião em que o empreendedor deverá apresentar os Estudos de Impacto Ambiental com o respectivo Relatório de Impacto Ambiental ou o Relatório de Controle Ambiental e demais documentos necessários.

Parágrafo Único - O órgão ambiental competente, após a análise da documentação pertinente, decidirá sobre a concessão da LP.

Art. 5º - A Licença de Instalação deverá ser requerida ao órgão ambiental competente, ocasião em que o empreendedor deverá apresentar o Plano de Controle Ambiental - PCA, que conterá os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais avaliados na fase da LP, acompanhado dos demais documentos necessários.

§ 1º - O órgão ambiental competente, após a análise do PCA do empreendimento e da documentação pertinente, decidirá sobre a concessão da LI.

§ 2º - O órgão ambiental competente solicitará ao empreendedor a autorização de desmatamento, quando couber.

§ 3º - O órgão ambiental competente após a análise de aprovação do Plano de Controle Ambiental - PCA, expedirá a Licença de Instalação - LI, comunicando ao empreendedor, que deverá solicitar a Licença de Operação - LO.

Art. 6º - O empreendedor deverá apresentar ao DNPM a Licença de Instalação, para obtenção do Registro de Licenciamento.

Art. 7º - Após a obtenção do Registro de Licenciamento e a implantação dos projetos constantes do PCA, aprovados quando da concessão da Licença de Instalação, o empreendedor deverá requerer a Licença de Operação, apresentando a documentação necessária.

Parágrafo Único - O órgão ambiental competente, após a verificação e comprovação da implantação dos projetos constantes do PCA e a análise da documentação pertinente, concederá a LO, decidirá sobre a concessão de LO.

Art. 8º - O órgão ambiental competente, ao negar a concessão da licença, em qualquer de suas modalidades, comunicará o fato ao empreendedor e DNPM, informando os motivos de indeferimento.

Art. 9º - O não cumprimento do disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas nas Leis nº 6.938, de 31/08/81 e nº 7.805, de 18/07/89, regulamentadas pelos Decretos nº 99.274, de 06/06/90 e nº 98.812, de 09/01/90, e demais leis específicas.

Art. 10 - Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

2.11.1 Licenciamento Ambiental nos Regimes de Autorização e Concessão

Para a Resolução CONAMA nº 09/90, os tipos de Licença Ambientais, são a Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação.

A Licença Prévia - L P, encontra-se em fase de planejamento e viabilidade do empreendimento. Os documentos necessários são:

- Requerimento da L P;
- Cópia da publicação do pedido da L P;
- Certidão da Prefeitura Municipal;
- Estudos de Impacto Ambiental, e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

A Licença de Instalação, encontra-se na fase de desenvolvimento da mina, instalação do complexo mineiro e implantação dos projetos de controle ambiental. Os documentos necessários são:

- Requerimento da L I;
- Cópia da publicação do pedido da L I;
- Cópia da comunicação do DNPM, julgando satisfatório o Plano de Aproveitamento Econômico;
- Plano de Controle Ambiental;
- Licença de desmate, expedida pelo órgão competente, quando for o caso.

A Licença de Operação L O, encontra-se em fase de lavra, beneficiamento e acompanhamento de sistemas de controle ambiental. Os documentos necessários são:

- Requerimento L O;
- Cópia da publicação do pedido de L O;
- Cópia da publicação da concessão da L I;
- Cópia autenticada da Portaria de Lavra.

2.11.2 Licenciamento Ambiental no Regime de Licenciamento

A Resolução CONAMA nº 10/90, segue os mesmo tipos de Licença Ambientais, e a seguir a documentação necessária:

- Requerimento da L P;

- Cópia da publicação do pedido da L P;
- Estudos de Impacto Ambiental, e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA;
- Requerimento da L I;
- Cópia da publicação da da L P;
- Cópia da publicação do pedido da L I;
- Licença da Prefeitura Municipal;
- Plano de Controle Ambiental;
- Licença de desmate, expedida pelo órgão competente, quando for o caso;
- Requerimento L O;
- Cópia da publicação do pedido de L O;
- Cópia da publicação da concessão da L I;
- Cópia da publicação do pedido de L O;
- Cópia do Registro de Licença.

Todos os procedimentos anteriormente citados, são extremamente importantes no setor mineral, visto que, por meio destes, a exploração mineral se torna correta e legal. As tabelas 3, 4 e 5 mostram a quantidade de requerimentos protocolizados no estado do Pará, nos anos 2019, 2020 e 2021:

Tabela 3 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2019.

REQUERIMENTOS - 2019				
Pesquisa	Licenciamento	Lavra Garimpeira	Registro de Extração	Total
485	141	385	2	1.013

Fonte: Agência Nacional de Mineração. Elaborado pela autora, 2002.

Tabela 4 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2020.

REQUERIMENTOS - 2020				
Pesquisa	Licenciamento	Lavra Garimpeira	Registro de Extração	Total
566	108	813	1	1.488

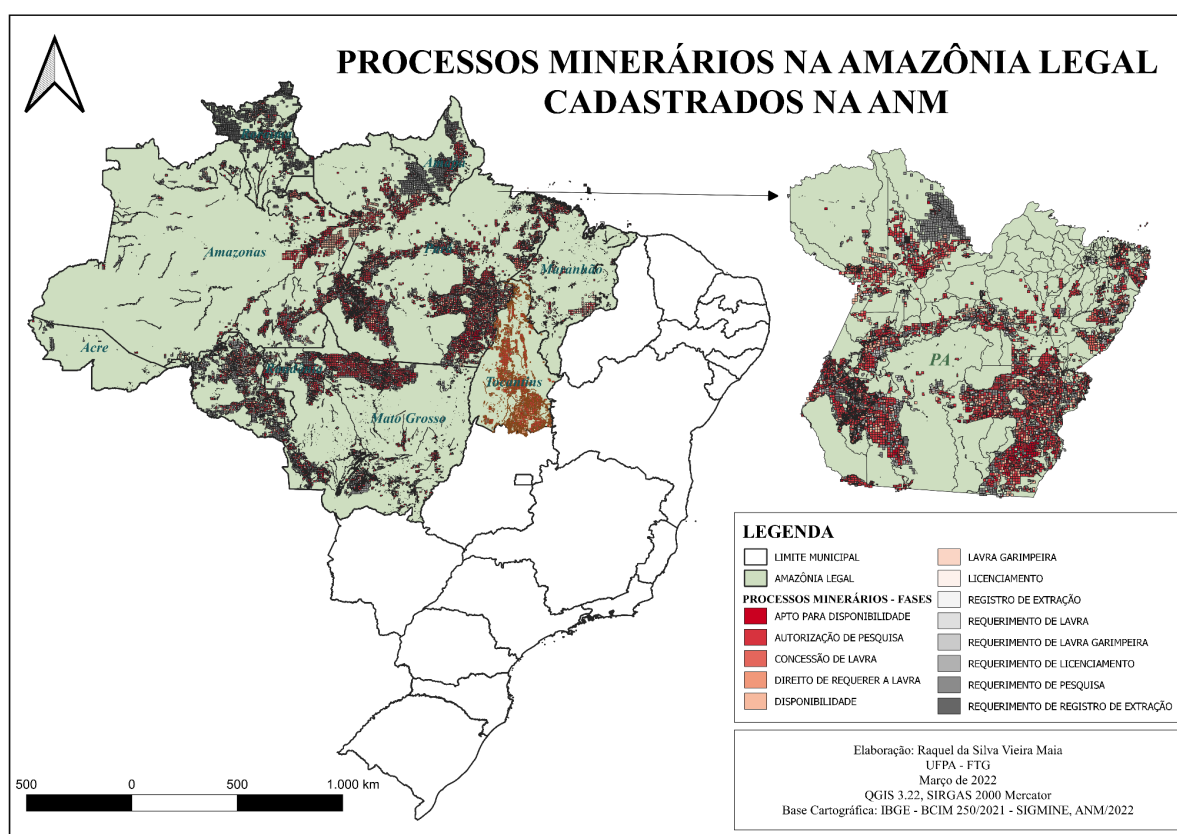
Fonte: Agência Nacional de Mineração. Elaborado pela autora, 2022.

Tabela 5 - Requerimentos protocolizados no estado do Pará no ano de 2021.

REQUERIMENTOS - 2021				
Pesquisa	Licenciamento	Lavra Garimpeira	Registro de Extração	Total
916	169	463	1	1.549

Fonte: Agência Nacional de Mineração. Elaborado pela autora, 2022.

Nos dados apresentados, quando comparados aos de outros estados brasileiros, o Pará ocupa o ranking de terceira posição, segunda posição e terceira posição respectivamente na quantidade de processos protocolizados nos anos de 2019, 2020 e 2021. Entende-se que, de modo geral, a Amazônia apresenta um grande potencial para a exploração de diferentes afloramentos rochosos, e é perceptível que no Estado do Pará comprova-se tal afirmação (figura 2).

Figura 2 - Mapa de processos minerários protocolizados na Amazônia.

Fonte: Agência Nacional de Mineração. Elaborado pela autora, 2022.

2.12 Geoprocessamento na mineração

O geoprocessamento é o agrupamento de tecnologias norteadas para a coleta e o tratamento de informações espaciais, para fins específicos. Esta tecnologia é multidisciplinar e usada mundialmente pela sua praticidade e possibilidade de produzir resultados satisfatórios em diversas análises, como por exemplo em trabalhos de licenciamento ambiental, pesquisa mineral, dentre outras, com objetivo de auxiliar, dinamizar e otimizar cada fase dos processos até a obtenção dos resultados finais.

Para Silva (2003), o geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados. Envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto, e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Além do mais, é favorável a citação da obra Introdução à ciência da Geoinformação, o qual diz: "Se é importante para o seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho" (Câmara e Davis 2001). Isso retrata a aplicabilidade das geotecnologias para quaisquer trabalhos.

Diante desse contexto, a aplicabilidade na mineração é vasta e contribui para o desenvolvimento das atividades exploratórias durante a vida útil da mina. Nas fases iniciais, por exemplo, o geoprocessamento auxilia no levantamento de áreas livres para pesquisa mineral, e também, o levantamento cartográfico da área, bem como, a elevação topográfica com curvas de níveis para a construção de vias de acesso, para posterior levantamentos em campo. Juntamente, aplica-se ao cálculo e dimensionamento de volumes dos depósitos minerais. Ademais, o uso do sensoriamento remoto é um importante identificador dos alvos de prospecção mineral, pois através das imagens de satélite, pode-se detectar jazidas minerais, realizar análises ambientais nas áreas exploradas, identificar lavras ilegais, e outros.

Então, o geoprocessamento na mineração é tão importante quanto nas demais esferas que operam com estas ferramentas postas para manipulação de dados, com produção de análises e resultados pertinentes, pois assim, comprovam os diversos campos que fazem uso das mesmas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na concepção do estudo, a pesquisa apropriou-se de uma análise bibliográfica, para propiciar a compreensão da geomorfologia, geologia, pedologia e vegetação da área de estudo, a fim, de estruturar o trabalho de conclusão do curso. Seguido de um levantamento documental da legislação mineral, para os processos minerários na Região Metropolitana de Belém Pará, disponibilizados pelo Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE) da Agência Nacional de Mineração (ANM), conhecido anteriormente como Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). O banco de dados da ANM é atualizado diariamente, conta com representação espacial do tipo vetor, Datum SIRGAS 2000, projeção latitude longitude, e como extensão geográfica o território nacional. O formato vetorial (shapefile) obtido no Portal Brasileiro de Dados Abertos, corresponde ao dia 02 de março de 2022. Para além, realizou-se a construção de representações gráficas no excel, para melhor visualização dos quantitativos diagnosticados.

3.1 Avanços dos interesses minerários

Para mensurar os avanços ocorridos nas atividades de exploração mineral na Região Metropolitana de Belém, RMB, foram coletados e analisados dados da Agência Nacional de Mineração, desenvolveram-se mapas de calor através do método de densidade Kernel, primeiramente, extraiu-se centróides das poligonais de cada processo protocolado no software Qgis, para posterior execução dos mapas de incidências das concentrações nas áreas requeridas. Para melhor visualização dos avanços minerários na RBM, foram confeccionados mapas a partir do ano de 2001 até fevereiro de 2022.

3.2 Espacialização dos processos minerários por substância na RMB

Para a espacialização dos processos minerários, foram elaborados mapas de acordo com cada substância mineral requerida. Para isso, o vetor (shapefile) baixado do Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE) foi importado no *software* livre QGIS versão 3.22.4 e seguidamente para identificação e seleção das substâncias, utilizou-se a tabela de atributos. Nesta, as feições foram selecionadas usando uma expressão dentro de campos e valores e então selecionados os nomes, um por vez, de cada substância mineral. Este procedimento foi reproduzido até se esgotarem os processos minerários para as substâncias requeridas na Região Metropolitana de Belém. Feito isto, foram confeccionado os mapas e posterior descrição do status dos processos identificados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados expõem a magnitude das geotecnologias aplicadas na mineração e possibilita análises através de mapas, como ilustrado nos tópicos adiantes.

4.1 Análise espaço temporal dos processos minerários

Com isso, observou-se que o primeiro processo mineral protocolizado na região metropolitana de Belém ocorreu no ano de 1968, mais precisamente ao dia 07/05, ou seja, processo de número 801.472/1968 e estava concentrado no município de Belém, tendo como requerente Indaiá Brasil Águas Minerais Ltda. Hoje, a situação da área encontra-se ativa e em fase de concessão de lavra e também, abastece a região metropolitana de Belém com a substância explotada. Percebe-se que, ao longo deste ano não houve agendas para protocolização de áreas para tal atividade, portanto não houve concentrações de processos minerários nos outros municípios que compõem a RMB.

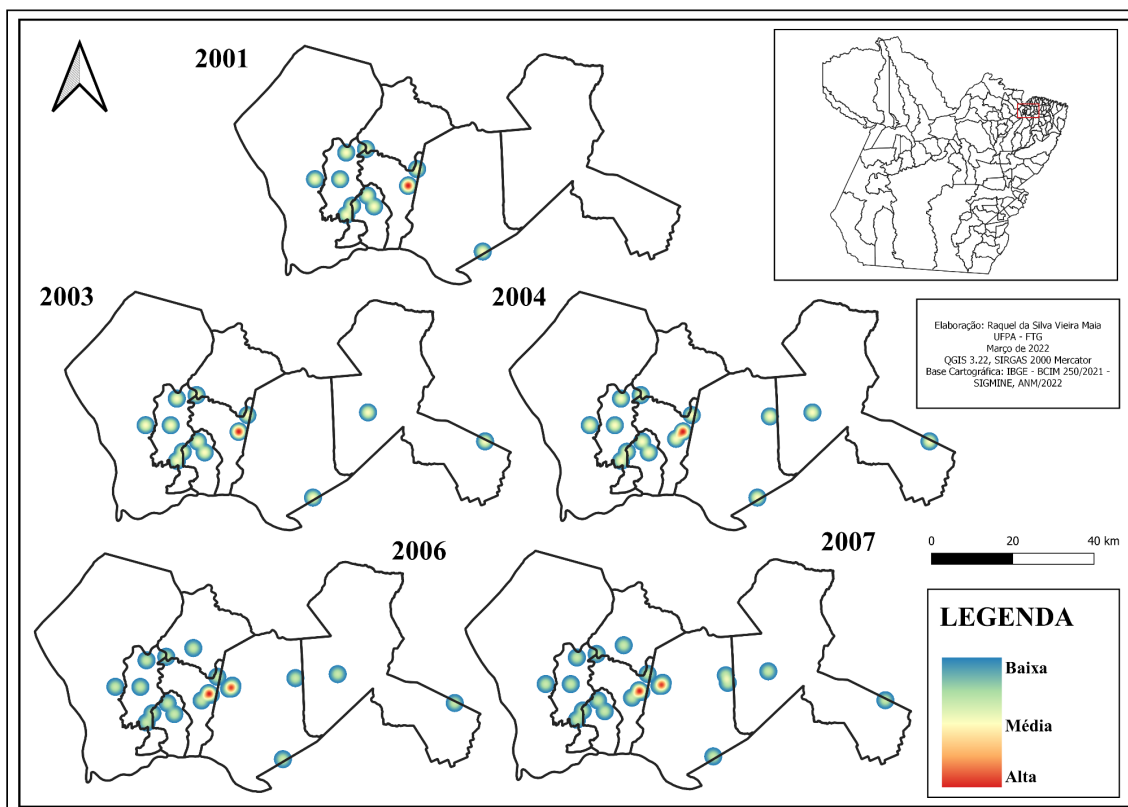
Procedendo, no ano de 1973, foram protocolizados 2 processos para extração de argila, números 808915/1973 e 808916/1973, ambos localizados no município de Ananindeua e tendo como requerente Indústria Cerâmica da Amazônia e atualmente encontra-se ativos e em fase de concessão de lavra. Ainda, no ano de 1978 foi requerida uma poligonal de 76 ha para extração de argila no município de Benevides e encontra-se atualmente ativa e em fase de requerimento de lavra. Seguidamente, à vista do ano de 1979 foi requerida no município de Marituba, uma área de 2,18 ha para extração de água mineral, encontra-se ativa e em fase de concessão de lavra. Foram também protocolizados apenas um processo nos anos de 1983, 1985, 1989, 1999 e 2000.

No ano de 2001 a 2004 (figura 3), nota-se uma concentração baixa a média por áreas a serem exploradas em Belém, Ananindeua, Marituba, Castanhal e uma concentração um pouco mais significativa no município de Benevides, quanto que, em 2006 e 2007, observa-se uma alta concentração de áreas requeridas em Benevides e Santa Isabel. Sobretudo é evidente que, com o passar dos anos, novas áreas foram sendo alcançadas por atividades de extração mineral, por exemplo, de 2008 a 2012 (figura 4), os processos permanecem com uma alta concentração em Benevides e Santa Isabel e a busca por novos espaços foram designados de baixa a média concentração.

Sucessivamente, o ano de 2013 a 2017 (figura 5), acomoda novas áreas com diversificadas substâncias requeridas para serem lavradas, classificando - as de

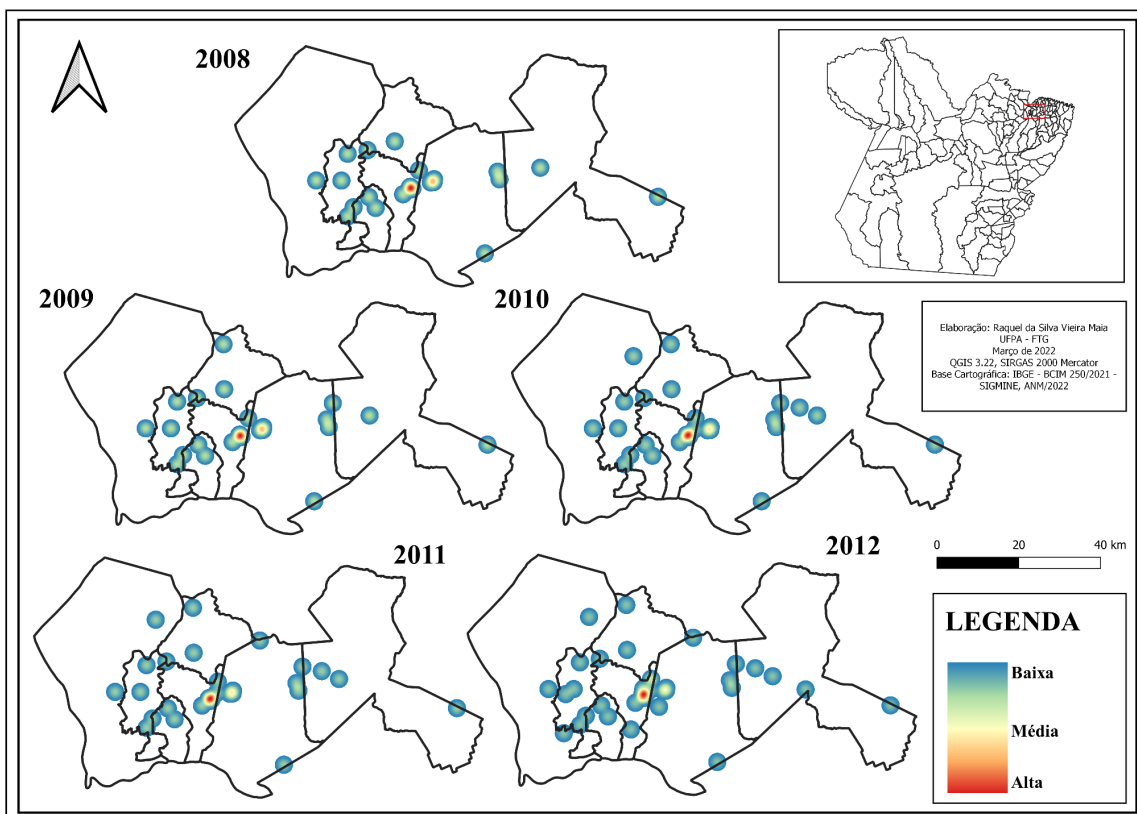
concentrações baixas a médias e nota-se ainda, que mais um município classifica-se com alta concentração de áreas exploráveis, castanhal. Por fim, a análise de 2018 a fevereiro de 2022 (figura 6), marca a intensificação de áreas economicamente exploráveis que foram requeridas à Agência Nacional de Mineração, ou seja, constata-se que a Região metropolitana de Belém vem progredindo na perspectiva de interesses minerários, tornando a mesma alvo de concentrações variando de baixa, média a alta em todos os municípios que a representa.

Figura 3 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2001 a 2007.



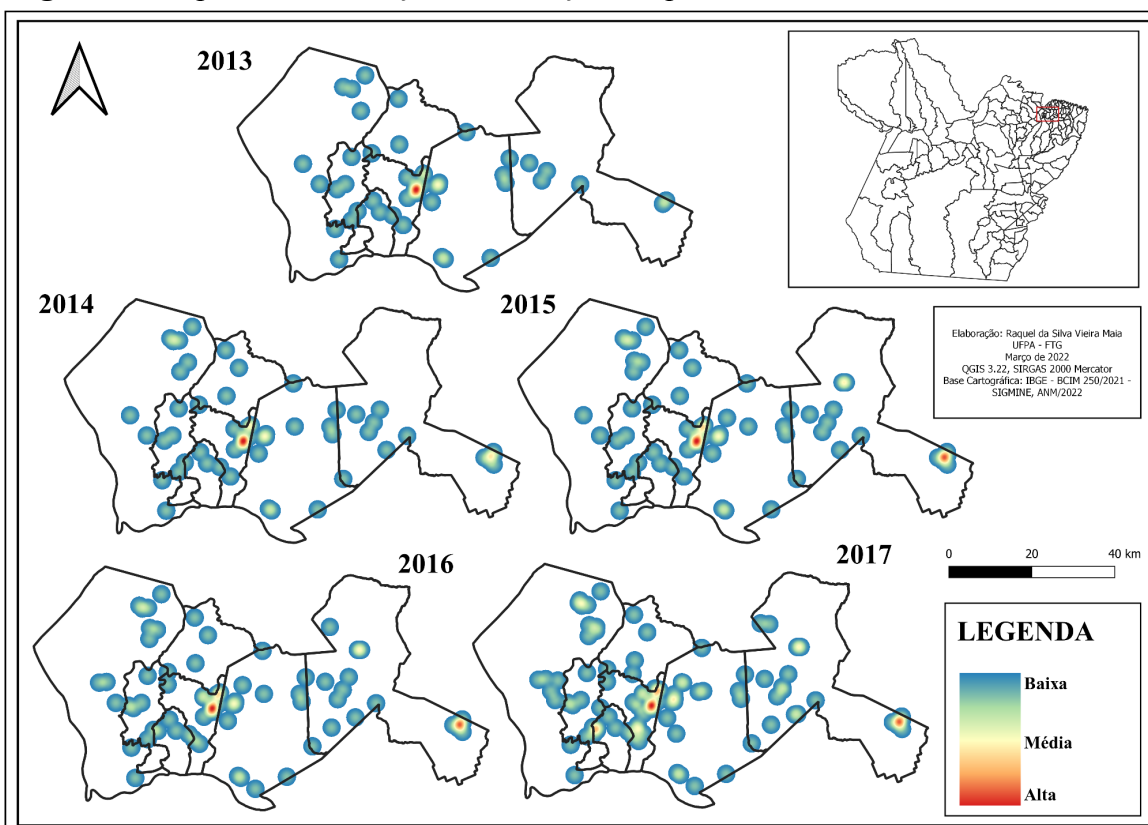
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Figura 4 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2008 a 2012.



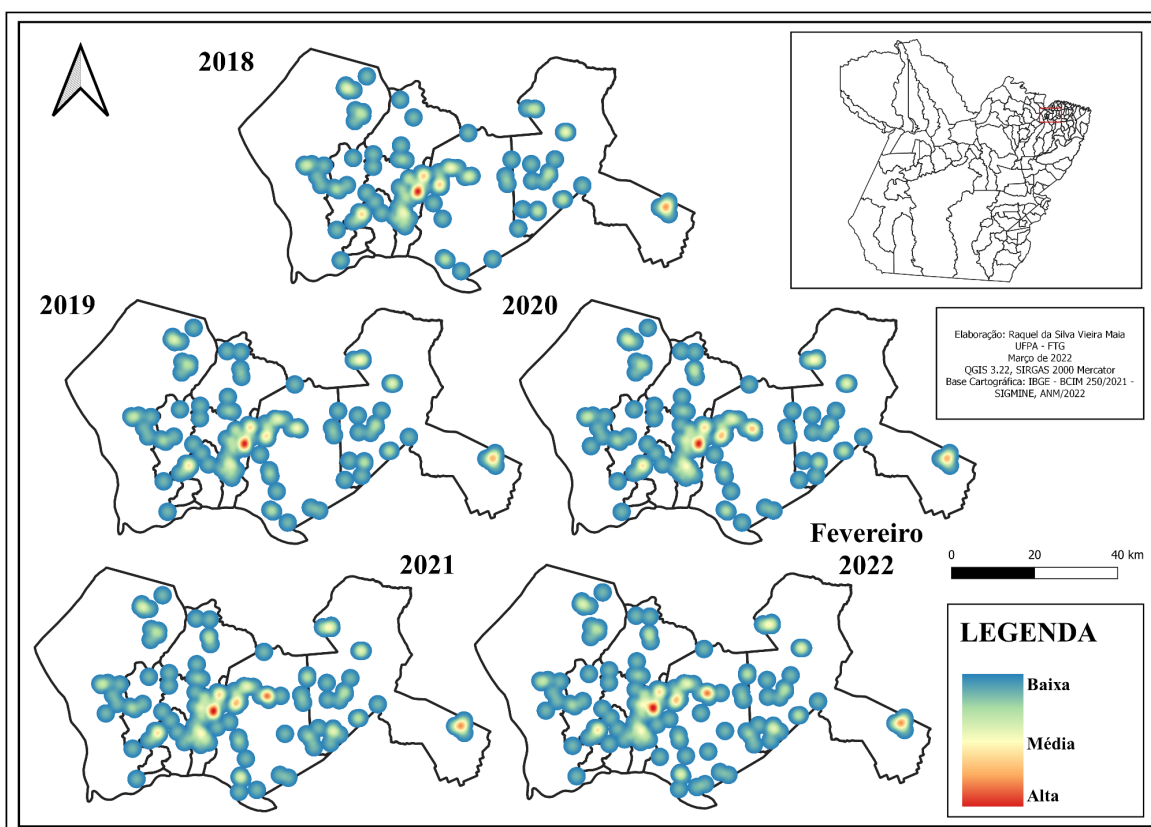
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Figura 5 - Mapa de concentração dos avanços nos processos minerários de 2013 a 2017.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Figura 6 - Mapa de concentração dos avanços minerários de 2018 a Fevereiro de 2022.

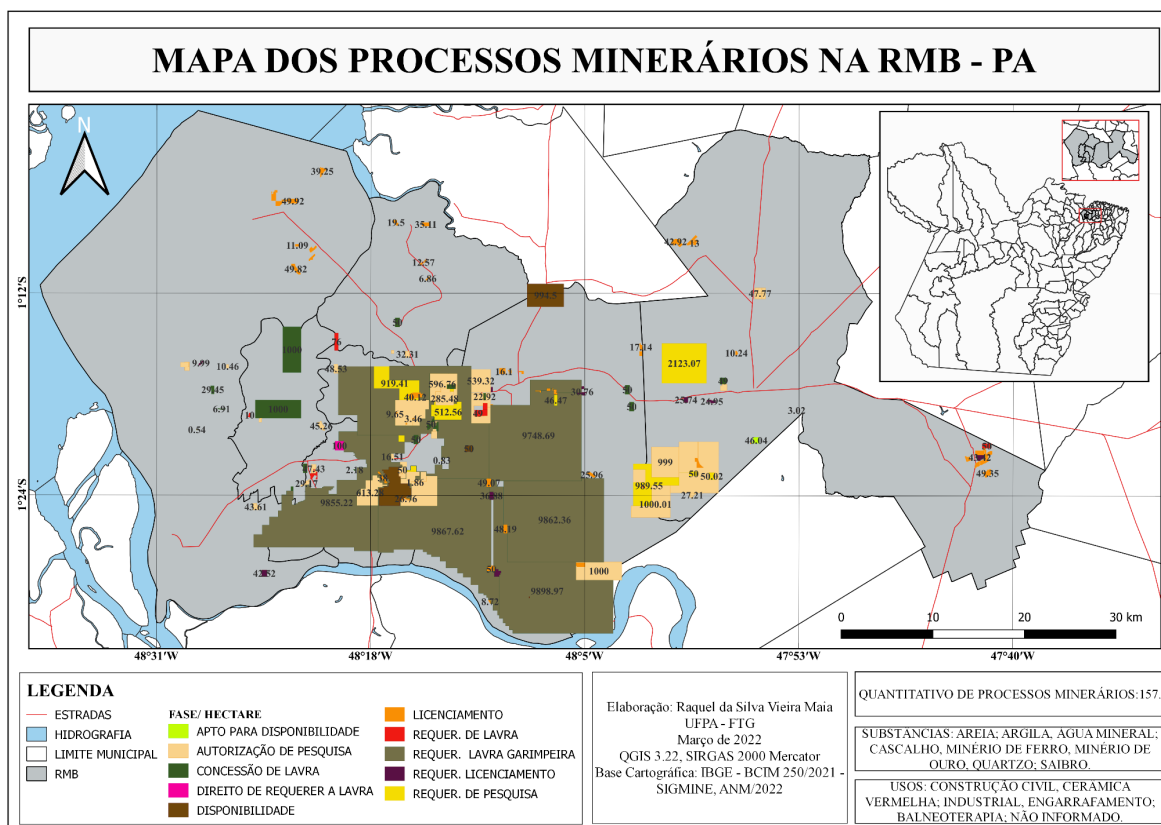


Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2 Processos minerários na Região Metropolitana de Belém

Percebe-se que pelas características geológicas da RMB, torna-se alvo de atividades exploratórias. Na espacialização dos processos minerários (figura 7), constatou-se 157 processos minerários, com diferentes substâncias minerais de interesse (água mineral, areia, argila, cascalho, minério de ferro, minério de ouro, quartzo e saibro), estas, com suas especificidades e em diferentes estágios de regimes de licenciamento e destinadas a diferentes aplicações após a lavra, como ao uso industrial, construção civil, balneoterapia, engarrafamento, produção de cerâmica vermelha e algumas substâncias com o uso final ainda não informado. Dentre as áreas requeridas ao órgão competente, localizam-se processos em fases de autorização de pesquisa, apto com disponibilidade, disponibilidade, requerimento de pesquisa, requerimento de licenciamento, licenciamento, requerimento de lavra, requerimento de lavra garimpeira, concessão de lavra e outros.

Figura 7 - Mapa de distribuição dos processos minerários na RMB.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.1 Processos requeridos para exploração de areia

Frente a sua aplicabilidade, os resultados demonstram a procura por essa substância em alguns municípios da Região Metropolitana de Belém. Nota-se a distribuição de depósitos

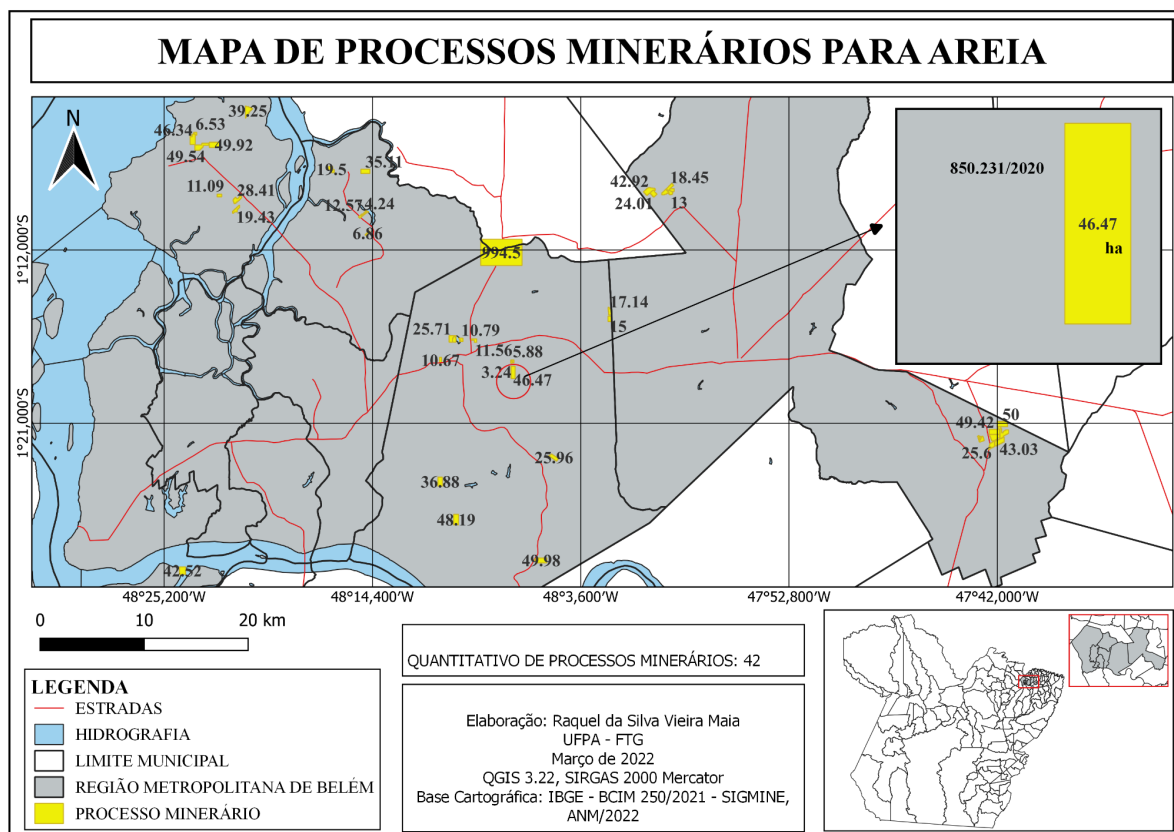
de areia nos municípios de Belém, Santa Bárbara, Santa Izabel e Castanhal (figura 8), ao todo, foram requeridos 42 processos minerários na ANM, dentre esses, encontram-se 1 processo em fase de requerimento de pesquisa, 1 processos destinado ao regime de disponibilidade, ou seja, o processo foi indeferido, ou renunciado, desistido ou caducado e portanto compete à Agência Nacional de Mineração ofertar a área por meio de processo licitatório a fim de encontrar novos interessados.

Acham-se também, 34 processos em fase de licenciamento, ou seja, requeridos pelo Registro de Licença, 5 em fase de requerimento de licenciamento, isto significa, ambos com substâncias empregadas diretamente na construção civil, e também 1 processo em fase de requerimento de lavra, isto é, marca o fim da etapa de autorização da pesquisa mineral e após a autorização do Ministério de Minas e Energia (MME), essas áreas já sucederão a lavra, beneficiamento e comercialização.

Quanto à aplicação final de todos os processos referentes à lavra de areia na RMB, foram informados pelos requerentes a aplicação na construção civil, visto que, o regime aplicado para tais, assim como as propriedades destes minerais, atendem aos mesmos.

O processo 850.231/2020, possui uma área de 46,47 ha e está localizado no município de Santa Izabel, foi protocolizado pelo requerimento de autorização de pesquisa e atualmente encontra-se ativo e em fase de requerimento de pesquisa.

Figura 8 - Poligonais requeridas para lavra de areia.



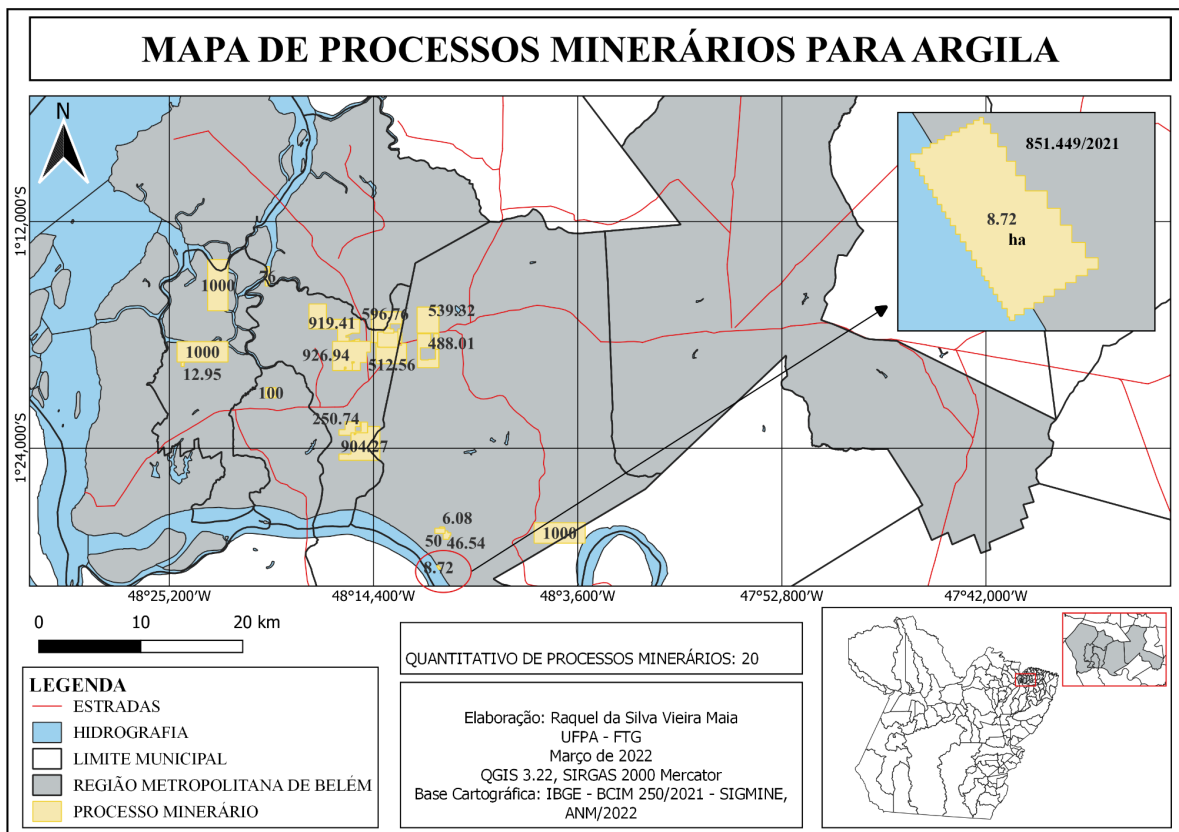
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.2 Processos requeridos para exploração de argila

A análise permitiu localizar 20 polígonos de processos minerários para minerais de argila distribuídos nos municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Izabel (figura 9), estes apresentam aplicações distintas, como aplicação na cerâmica vermelha (produção de tijolos, telhas por exemplo), construção civil, uso industrial e alguns não possuem sua aplicação informada. Atualmente todos estão ativos, entre esses, encontram-se 2 em fase de requerimento de pesquisa, 10 em fase de autorização de pesquisa, 1 em fase requerimento de licenciamento, 1 em fase de direito de requerer a lavra, 1 requerimento de lavra e 2 em processos em fase de concessão de lavra. Nota-se que não houve áreas requeridas para extração de argila nos municípios Belém, Santa Bárbara e Castanhal.

O processo 851.449/2021, encontra-se localizado no município de Santa Izabel, possui uma área de 8,72 ha, foi requerido através do requerimento de registro de licença e atualmente encontra-se ativo e em fase de autorização de pesquisa.

Figura 9 - Poligonais requeridas para lavra de argila.



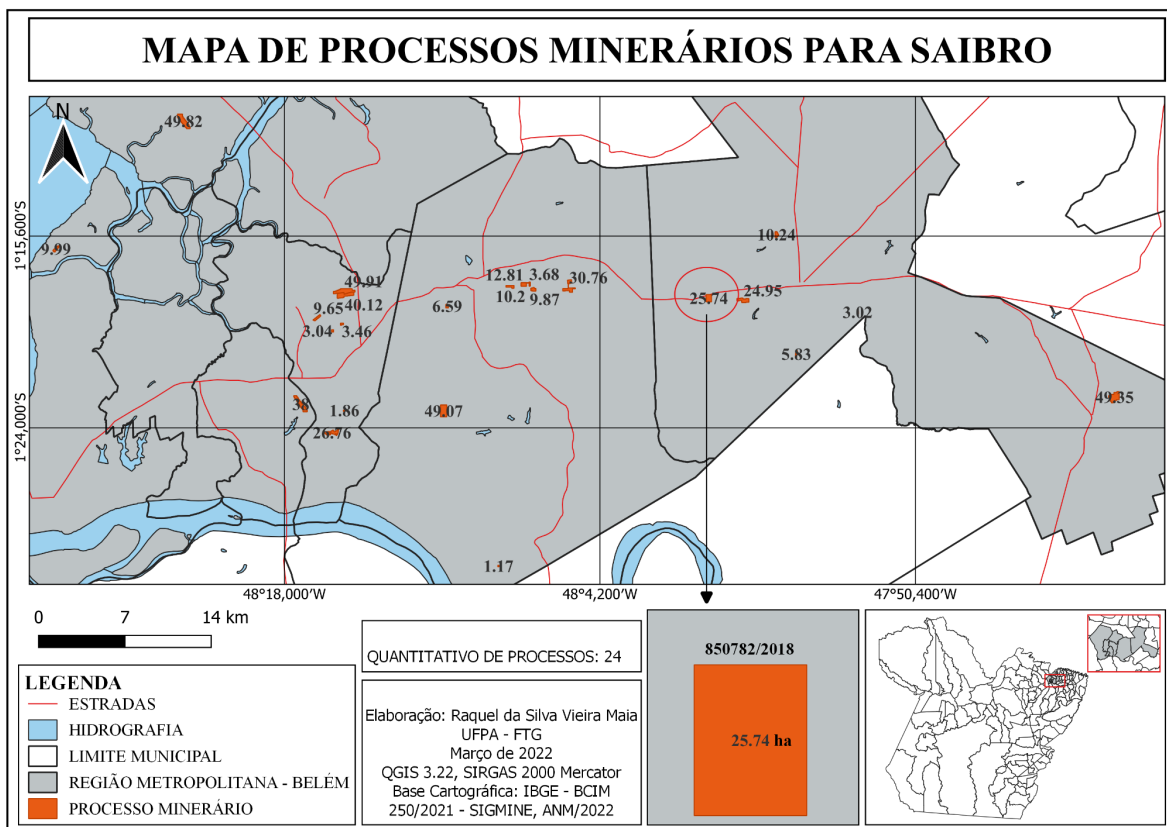
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.3 Processos requeridos para exploração de saibro

Para o saibro, identificou-se 24 poligonais e todas com a aplicação destinada à construção civil (figura 10). A análise identificou que apenas os municípios de Ananindeua e Santa Bárbara não possuem áreas requeridas para o saibro, entre os processos identificados, encontram-se 2 em fase de disponibilidade, 4 em fase de requerimento de licenciamento e 18 em fase de licenciamento.

O processo 850.782/2018, foi protocolizado no dia 30/08/2018 às 14 horas e 36 minutos. Está localizado no município de Castanhal, possui uma área de 25,74 ha e apresenta o Requerimento de Registro de Licença, ou seja, com aplicação final destinada à construção civil e encontra-se atualmente ativo, e em fase de requerimento de licenciamento.

Figura 10 - Poligonais requeridas para lavra de saibro

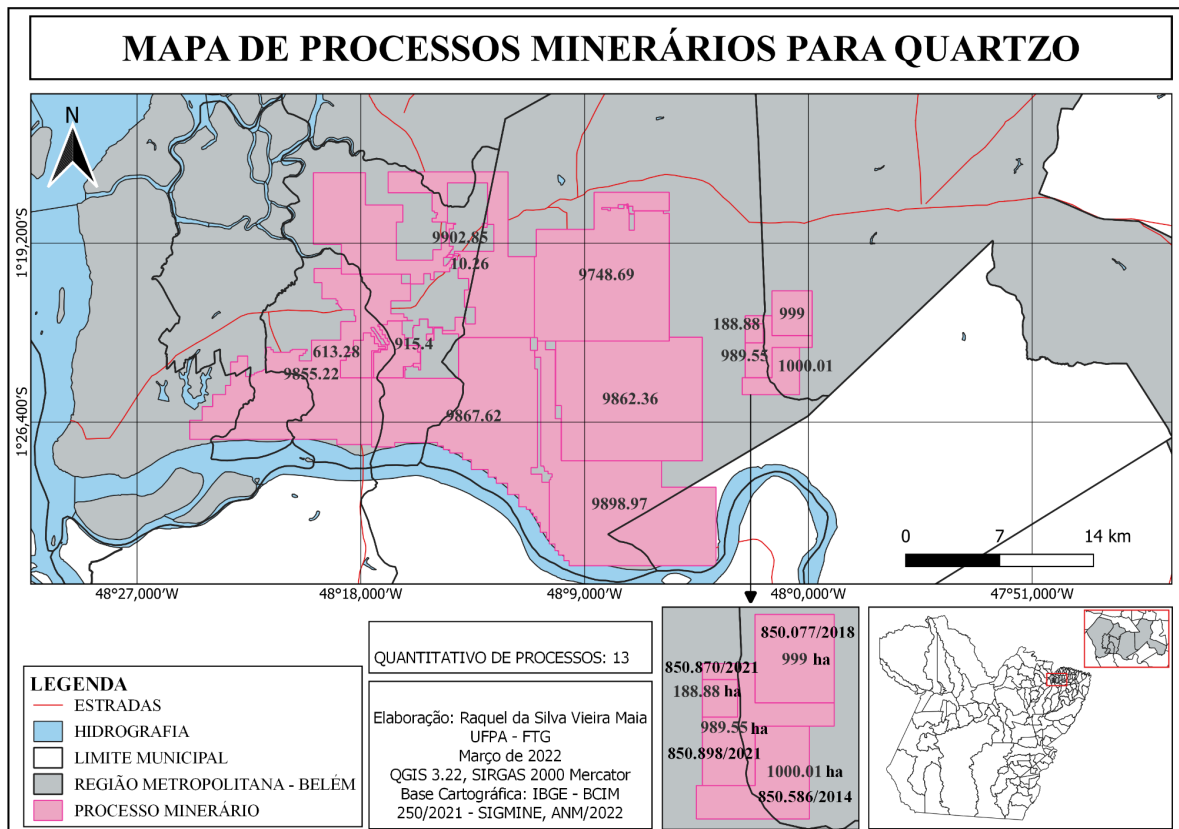


Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.4 Processos requeridos para exploração de quartzo

Na figura 11, apresentada a Região Metropolitana de Belém, também identificou-se áreas requeridas para extração de quartzo, mineral este que encontra-se em abundância na crosta terrestre é muito usado em construções civis, no entanto, nos processos minerários da RMB todas as aplicações informadas são para o uso industrial, ou seja, pode ser usado após a lavra na fabricação de tintas, vernizes, borrachas, cabos, fios e outros. Ao todo, totalizaram-se 13 processos minerários, com 6 poligonais mais extensas (quase 10.000 ha), porque foram requeridos através de cooperativas pelo requerimento de PLG, e ainda estão inseridos na Amazônia Legal e portanto recobrem partes de todos os municípios da RMB. Os processos encontram-se ativos e em fases distintas, como 1 em fase de Requerimento de pesquisa, 4 em fase de autorização de pesquisa, 1 em fase de disponibilidade, e 7 em fase de requerimento de lavra garimpeira. Para a substância em questão, 1 processo não foi informado sua aplicação final e os demais restantes informados a aplicação ao uso industrial.

Figura 11 - Poligonais requeridas para lavra de quartzo



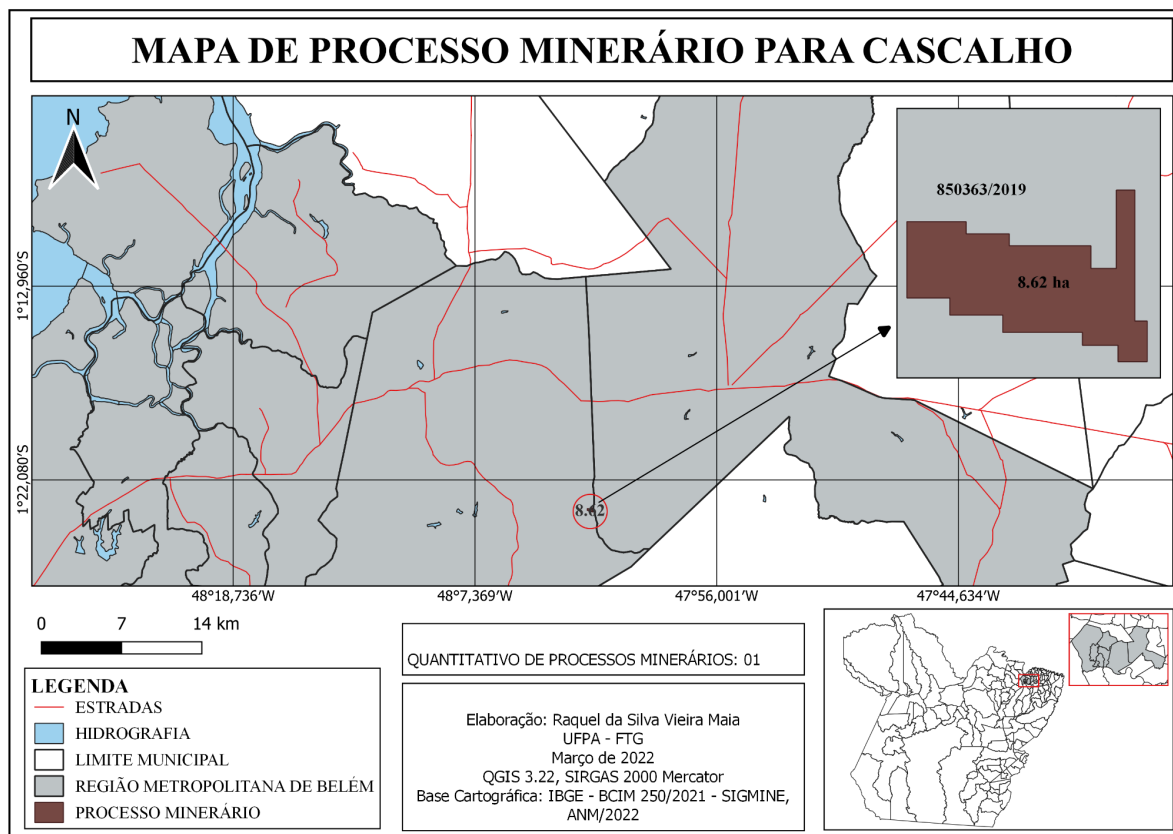
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.5 Processos requeridos para exploração de cascalho

O cascalho que é a acumulação de fragmentos de rochas com granulometria maiores que a areia é também bastante explorado na Amazônia, no entanto, na RBM, foi identificado apenas uma poligonal de área requerida que atenda as especificações para a extração de cascalho (figura 12). O processo é o de número 850.363/2019, localizado no município de Santa Isabel, totalizando uma área de 8,62 ha e o tipo de requerimento é o Requerimento de Registro de Licença, ou seja, é aquele destinado à substâncias com o emprego imediato na construção civil e a data início do protocolo corresponde às 16 horas e 32 minutos do dia 23/05/2019 e a publicação do título outorgado foi concedido na data 06/11/2019, portanto, encontra-se atualmente ativo e em fase de licenciamento.

Comprovam-se todas as documentações exigidas pelo órgão competente, bem como todas as pessoas relacionadas informadas (titular requerente, representante legal e responsável técnico).

Figura 12 - Poligonais requeridas para lavra de cascalho



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.6 Processos requeridos para exploração de água mineral

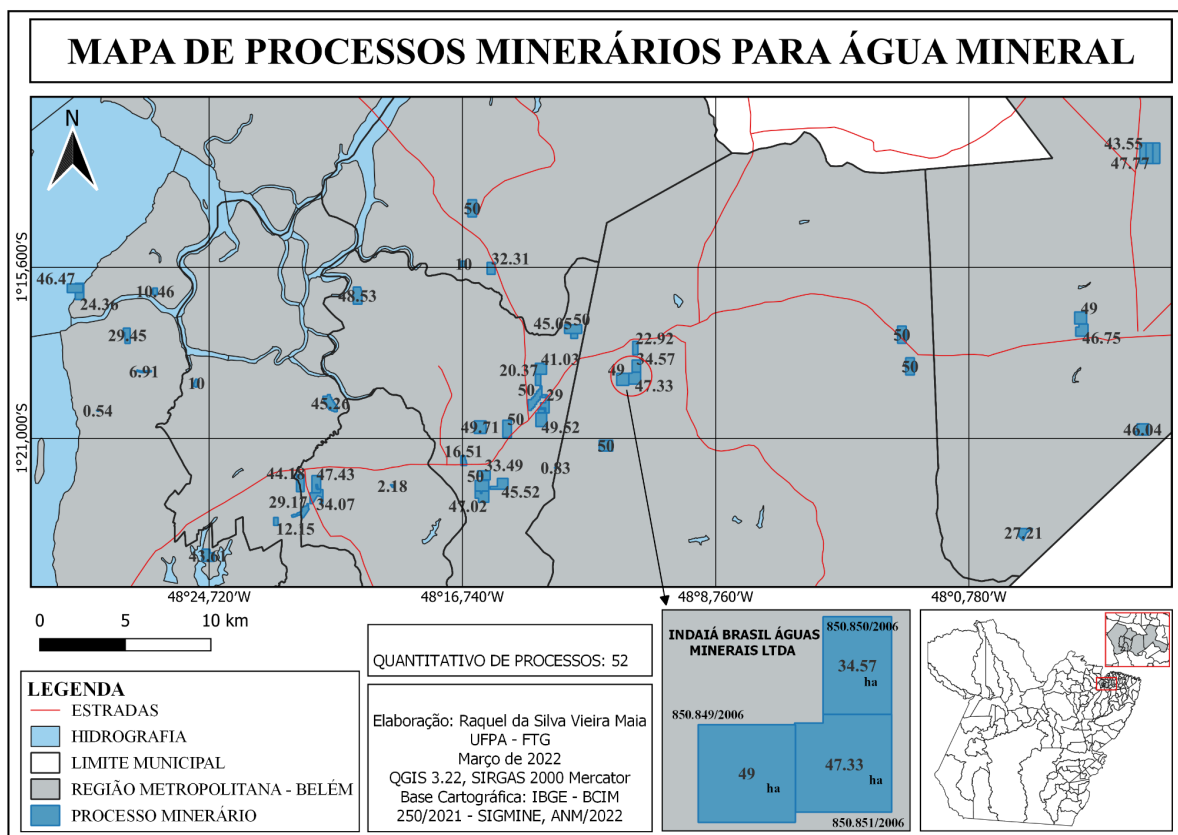
A água mineral é obtida de fontes naturais ou pela exploração de águas subterrâneas e a mesma acontece em muitas regiões geográficas do mundo pela indústria que a movimenta. Sabe-se que o consumo de água mineral em muitas regiões, ocorrem devido a falta de água superficial de boa qualidade, é o que acontece na Região metropolitana de Belém, onde a população encontra-se obrigada a adquirir a cultura do consumo de água engarrafada e isso movimenta as empresas que lavram tal substância.

Diante disso, a pesquisa identificou que a substância predominante nos processos requeridos na RBM, são aqueles destinados à água mineral, pois sabe-se que há demanda para tal (figura 13). Os processos minerários totalizam 52 e desde o ano de 1968 ao ano atual, esta substância tem sido requerida junto à Agência Nacional de Mineração e estão distribuídos em todos os municípios que compõem a área de estudo, sendo 7 em fase de requerimento de pesquisa, 22 em fase de autorização de pesquisa, 1 processo apto para disponibilidade, 1 processo em disponibilidade, 6 em fase de requerimento de lavra e 15 em fase de concessão de lavra. Além da aplicação final predominante para engarrafamento (42

processos), foram também identificados 2 processos destinados à balneoterapia, 3 aplicados ao uso industrial e 5 processos que não informaram o uso final.

Os processos 850849/2006, 850850/2006 e 850851/2006 ilustrados na figura 13, são requeridos pelo Requerimento de Autorização de Pesquisa e estão todos atualmente ativos, em fase de requerimento de lavra e ambos foram protocolizados no dia 09/11/2006. O mapa responde a quantidade em hectare exigida em cada poligonal requerida para lavra de água mineral, ou seja, até 50 hectares.

Figura 13 - Poligonais requeridas para lavra de água mineral



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.7 Processos requeridos para exploração de minério de ferro

Com a análise na RMB, foi possível identificar na figura 14, 4 poligonais para o minério de ferro, minério este constituinte da formação geológica da área de estudo, principalmente pelos óxidos de ferro como a hematita (apresenta uma coloração mais avermelhada) e a goetita (possui uma coloração mais amarelada) presente de forma significativa nos solos da região metropolitana de Belém e portanto, pode torna-se economicamente explorável se em suas áreas requeridas apresentar volumes significativos

para tais sem que haja custos elevados nas etapas de separação do minério e estéril “rocha encaixante do minério”.

Os processos analisados são 850.110/2016, 850.076/2018, 850.449/2021 e 850.451/2021, e através da mesma, observa-se que apenas o processo requerido no ano de 2016 está operando a lavra.

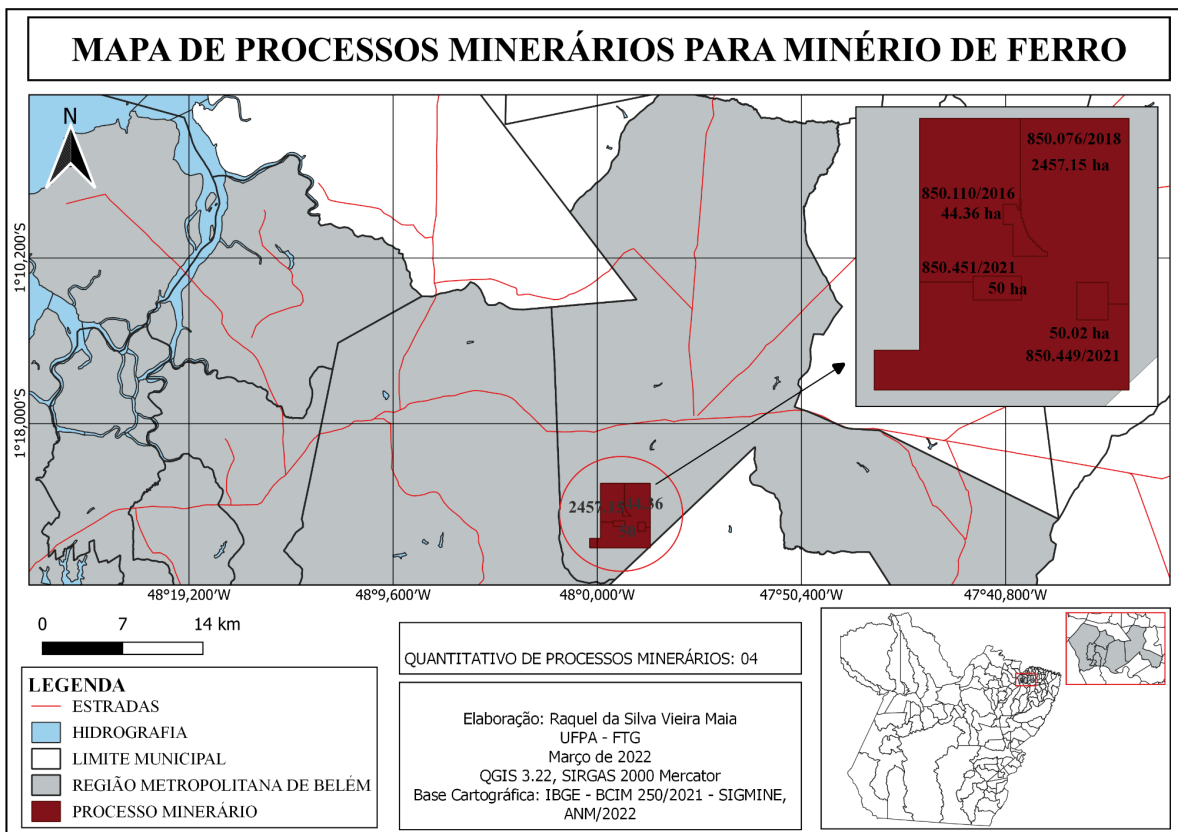
Para tanto, processo de número 850.110/2016, está localizado no município de Castanhal e corresponde a área de 44,36 ha, foi protocolizado ao dia 14/03 de 2016 pelo requerimento de mudança de regime de licenciamento, ou seja, houve uma mudança legal na forma da exploração mineral inicialmente requerida na ANM, em vista disso, além do ferro para uso industrial, foram também informados areia, cascalho e laterita para construção civil, atualmente encontra-se ativo e em fase de licenciamento.

Ainda, o processo 850.076/2018, pertence ao município de castanhal, e uma parte da poligonal pertence ao município de Inhangapi, possui uma área de 2357,13, pertence ao requerimento de autorização de pesquisa e atualmente está ativa e em fase de autorização de pesquisa, quanto às substâncias informadas, além do minério de ferro para uso industrial, foi comunicado ao dia 23/03/2021 a ocorrência de outra substância, quartzo para uso industrial, então houve a transferência de direitos de cessão parcial.

Quanto ao processo 850.449/2021 e o 850.451/2021, ambos foram requeridos no dia 24/03/2021 pelo mesmo requerente através do requerimento de seção parcial e atualmente está ativa e em fase de autorização de pesquisa, porta uma área de 50,02 e 50,00 hectares respectivamente e estão localizado no município de Castanhal. Outras ocorrências minerais também foram informadas nestas mesmas poligonais, quartzo para uso industrial, cascalho e areia para uso na construção civil no processo 850.449/2021 e quartzo para uso industrial no processo 850.451/2021.

Pelo quantitativo de áreas requeridas para substância apresentada, chega-se à conclusão de que o minério de ferro em abundância encontrado nas formações rochosas da RMB, apresenta-se em grande parte com minerais acessórios, ou seja, não como minerais essenciais e portanto, não possui grandes volumes para serem comercializados de maneira lucrativa.

Figura 14 - Poligonais requeridas para lavra de minério de ferro



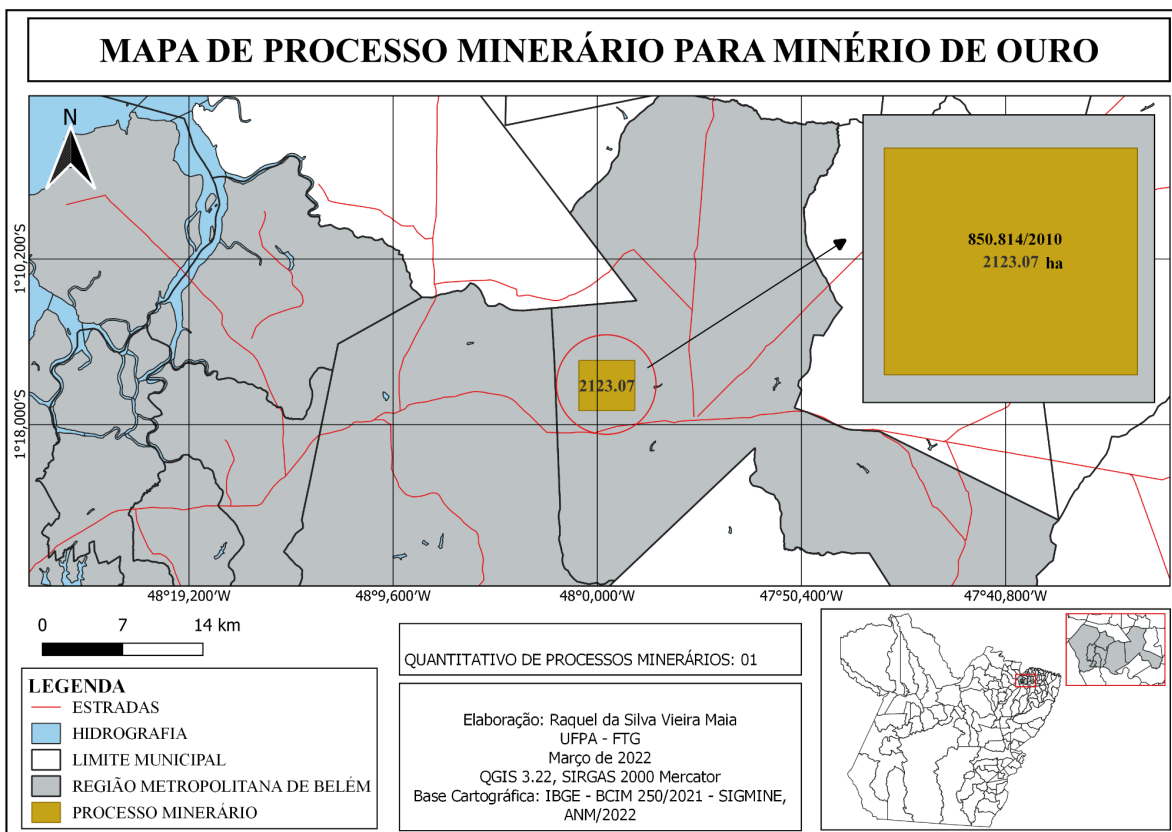
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.2.8 Processos requeridos para exploração de minério de ouro

Foi requerido uma área de 2123,07 hectares ao dia 25/10/2010 para minério de ouro, processo de número 850.814/2010 no município de Castanhal (figura 15), este foi requerido mediante o requerimento de autorização de pesquisa e atualmente encontra-se ativo e ainda em fase de requerimento de pesquisa, ou seja, não houve avanços nas etapas posteriores para substância requerida. Observou-se que o último evento registrado no banco de dados da Agência Nacional de Mineração, foi um indeferimento de não cumprimento de exigências, então possivelmente esta área está ativa, mas ainda não houve ofertas de disponibilidade da área para terceiros. Entende-se que pelas características do minério requerido na área não ser constituinte da formação geológica da área de estudo, esta seja uma questão da não oferta para disponibilidade da área.

Através da espacialização dos processos minerários, nota-se que dentre os sete municípios que compõem a Região Metropolitana de Belém, apenas o município de Castanhal apresenta uma única poligonal de área requerida para ouro e a mesma, de fato ainda não manifestou a existência de ocorrências para minério de ouro na área que está sendo estudada.

Figura 15 - Poligonais requeridas para lavra de minério de ouro

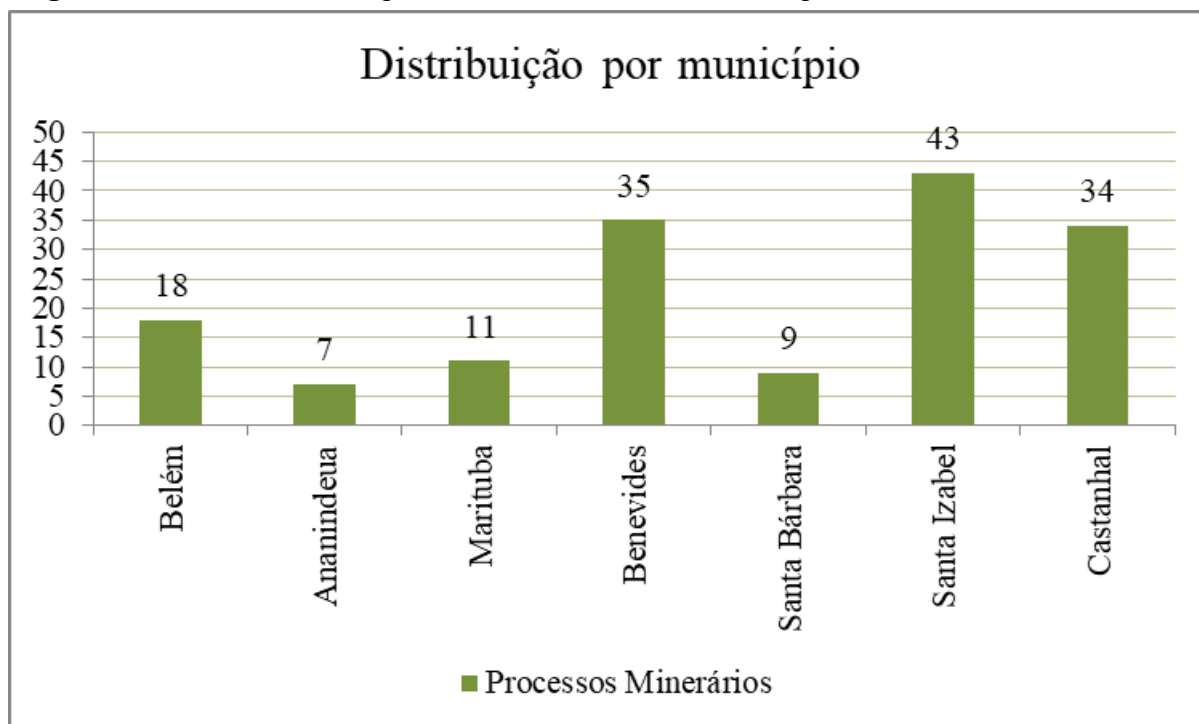


Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

4.3 Representações gráficas dos dados analisados

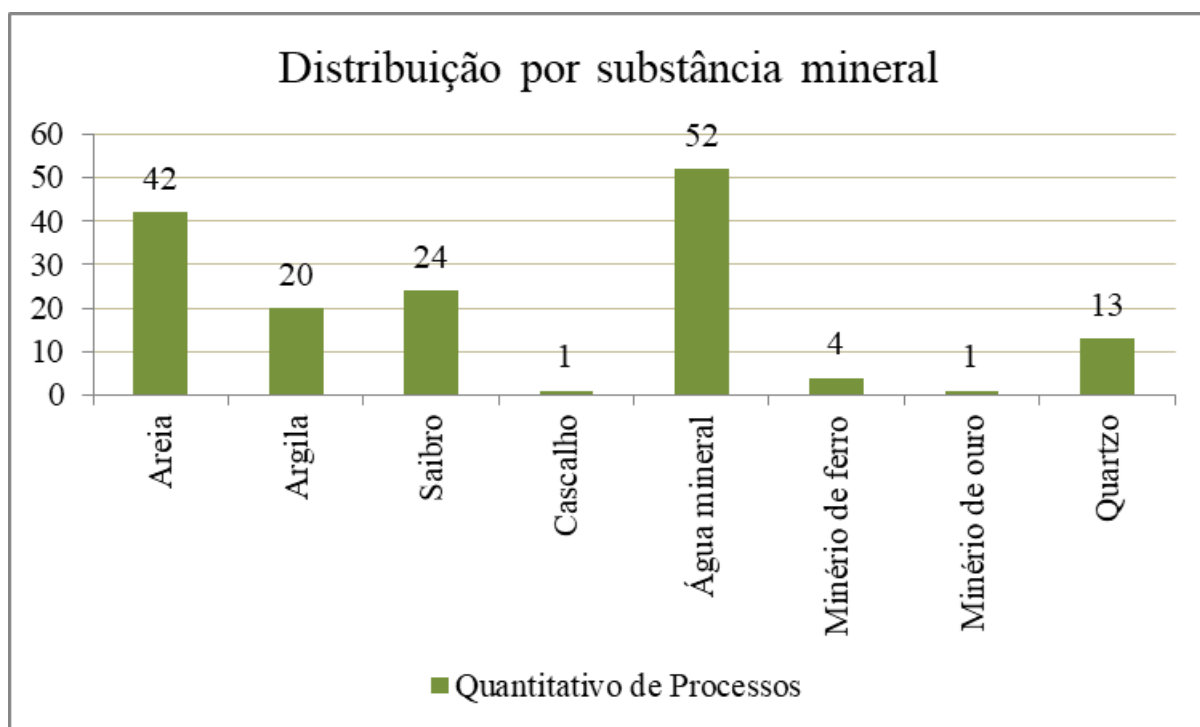
É possível através destes, identificar de maneira simplificada os quantitativos das ocorrências minerais por município, substâncias, valores em hectares e fases predominantes nos processos minerários.

Inicialmente, denota-se que, o município de Santa Isabel comporta um maior quantitativo de processos requeridos para exploração mineral (figura 16), isto se dá pela disposição de áreas que estavam livres no município para tal atividade. Para mais, os municípios de Benevides e Castanhal, protocolizaram quase a mesma quantidade de processos minerários ao longo dos anos analisados, todavia os demais municípios apresentam baixa procura de áreas requeridas quando comparado aos demais.

Figura 16 - Quantitativo de processos minerários nos municípios na RMB.

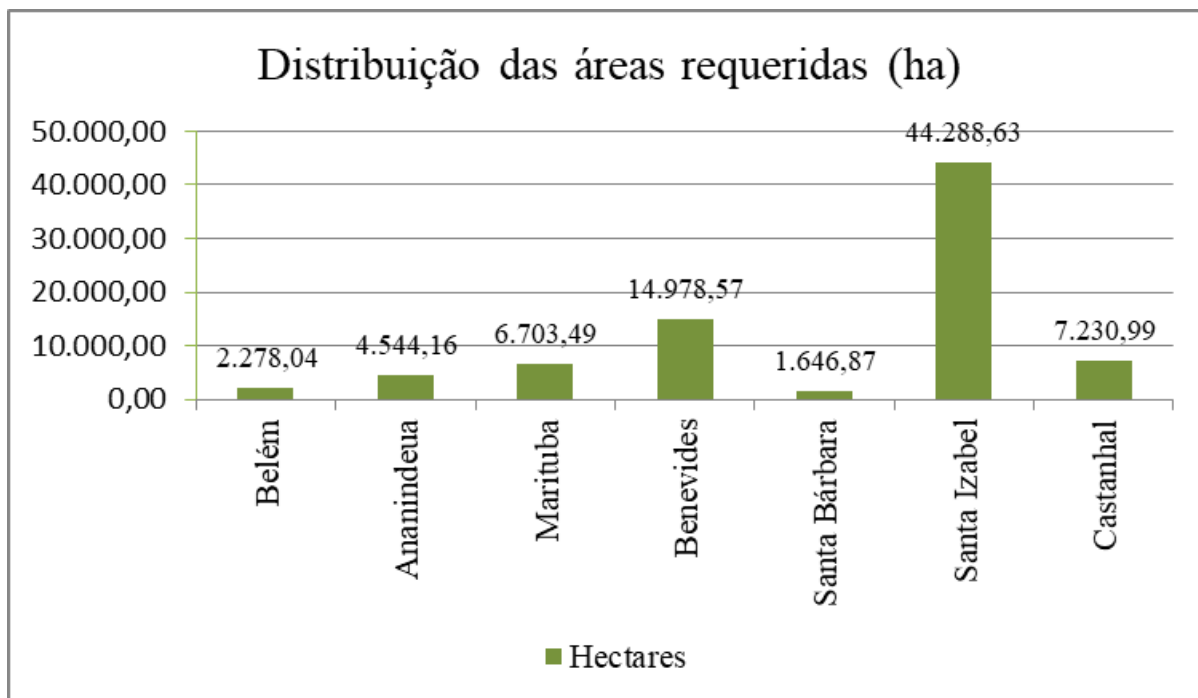
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Sobretudo, a procura de áreas para exploração de água mineral superou as demais substâncias na Região metropolitana de Belém (figura 17). Contudo, também a procura de áreas para exploração de areia é significativa, devido sua vasta aplicabilidade e também disposição de ocorrências na área de estudo, quanto que as demais substâncias, estão distribuídas em menores proporções.

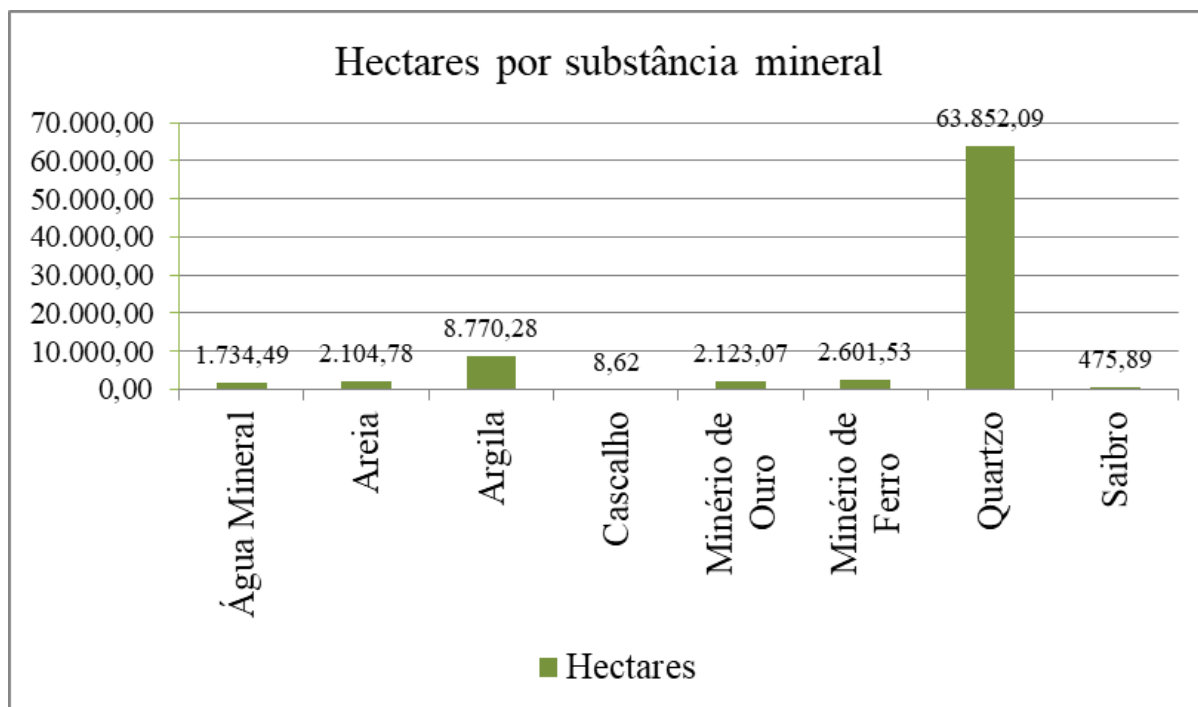
Figura 17 - Quantitativo de processos minerários na RMB de acordo com a substância.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Igualmente, é notório a discrepância em hectares requeridos para extração mineral no município de Santa Izabel (figura 18), isto é porque algumas áreas foram requeridas pelo regime de permissão de lavra garimpeira para o mineral quartzo (Figura 19) através de uma cooperativa, ou seja, a legislação alega que por esses motivos podem ser requeridos até 10.000 hectares, estes processos recobrem toda a região metropolitana de Belém, porém com uma extensão maior em área recobrando o município de Santa Izabel, por esta razão comporta uma maior quantitativo em hectares requeridos quando comparado aos demais. Todavia, isto não significa que menos processos minerários necessariamente irão constituir-se de menos hectares, pois, o que as define são as especificações para cada mineral requerido, sua localização e quais os tipos de requerimentos em cada área que será lavrada. Isto é visível no município de Belém e Ananindeua, ou seja, os valores em hectares não correspondem a mais ou menos processos requeridos.

Figura 18 - Quantitativo em hectares dos processos minerários nos municípios da RMB.

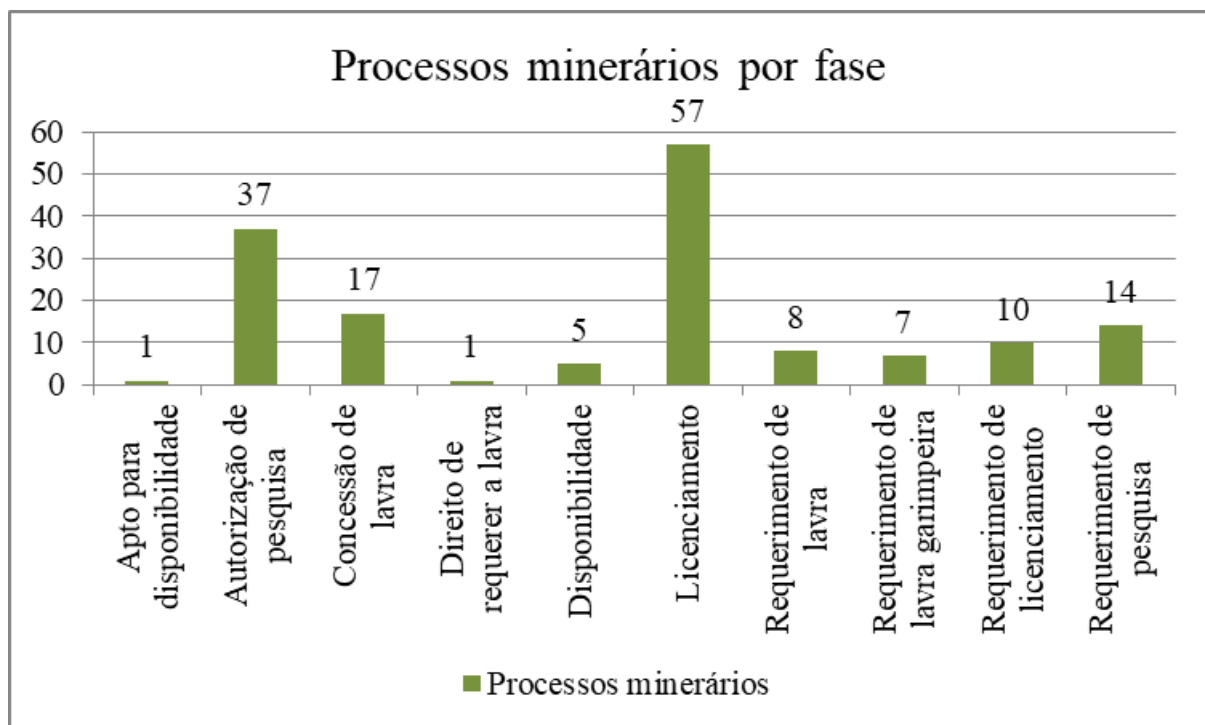
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Figura 19 - Quantitativo em hectares dos processos minerários por substância mineral na RMB.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Por fim, há uma predominância na fase de licenciamento nos processos analisados (figura 20), isto porque, as substâncias explotadas se adequam a este regime de licenciamento, pois as ocorrências minerais apresentam-se sem que haja necessidade de trabalhos de pesquisa para detectá-las, já estão presentes na área que se deseja lavar e de maneira economicamente viável, ou seja, não há necessidade de autorização ao órgão competente para encontrá-las. No entanto, quase um terço dos processos encontram-se em fase de autorização de pesquisa, ou seja, já receberam o alvará de pesquisa para o mineral que se deseja extrair. No mais, outros processos ainda encontram-se no aguardo dos títulos autorizativos para pesquisa e lavra, outros porém, já executando os trabalhos de remoção do mineral de interesse. Dessa forma, a área de estudo tem se tornado objeto de exploração mineral.

Figura 20 - Processos distribuídos por fase na Região Metropolitana de Belém.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise por geoprocessamento, observou-se que a área de estudo ainda que não comporte grandes empresas de extração mineral, tem experimentado avanços nos interesses minerários ao longo dos anos, e comprova-se que a geologia da área alcança as características das substâncias informadas para cada área requerida, somente uma poligonal no município de Castanhal, despertou curiosidade, pois a área requerida foi para extração de ouro, substância esta que não é constituinte da formação geológica do município, pois a mesma, caracteriza-se predominantemente pelos minerais argiloso-arenosos e areno-argilosos.

Entende-se que, pelas características geológicas na área de estudo, não há necessidade de autorização de pesquisa para encontrá-las, uma vez que, as ocorrências minerais são perceptíveis a olho nu e apresentam - se de maneira economicamente viável para extração e portanto percebe-se um maior quantitativo de processos sendo requeridos pelo registro de licença.

Para tanto, a fase que prevalece nos processos minerários é o licenciamento, ou seja, requerido pelo regime de licenciamento, para as substâncias areia, saibro, argila e minério de ferro destinados ao uso nas construções civis. Foram identificadas oito substâncias minerais, porém há uma procura maior para a extração de água mineral, observa-se pois, que a mesma foi requerida em todos os municípios analisados. Compreende-se que pela falta de água tratada para o consumo, há uma maior demanda da exploração de áreas para lavra e comercialização da mesma.

Salienta-se que, os 157 processos minerários distribuídos na Região Metropolitana de Belém, correspondem a aproximadamente quase que um total de 82.000 hectares de áreas requeridas para serem lavradas, entretanto, nem todas as poligonais já estão operando a lavra. Não obstante, o quantitativo de processos que já receberam a autorização para remoção dos minerais de interesse é significativo e pela análise esses processos estão cada vez mais progredindo, ou seja, cada vez mais áreas sendo explotadas.

Assim, compreende que a substância mais procurada na área de estudo para ser explorada é a água mineral, com 52 processos protocolizados. Também conclui-se que Santa Izabel é o município que atualmente apresenta maior quantidade de processos requeridos, ao todo 43 processos e ao todo foram requeridos 44.288,3 hectares para extração mineral, todavia esse quantitativo se dá porque 5 processos foram requeridos através de uma cooperativa para lavra de quartzo e portanto compreende áreas maiores em hectares neste município.

Por intermédio desta pesquisa, abrem-se caminhos para posteriores análises com o uso das geotecnologias, visto que a temática abordada é oportuna para diversificadas análises, como as de cunho econômicos, sociais e acima de tudo ambientais, uma vez que lida diretamente com a natureza. Nesse contexto, o geoprocessamento é extremamente essencial na sistematização dos dados e informações geográficas, favorecendo melhores decisões sobre o uso dos recursos minerais, além de proporcionar alternativas sustentáveis e também denunciar riscos à natureza pelos avanços nos interesses minerários.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. O. P. O. **Revisitação de áreas mineradas: estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia**. São Paulo, 2002. 160p. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.
- ALMEIDA, S. L. M. de; LUZ, A. B. da (Ed.). **Manual de agregados para construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2009. 228 p. il. ISBN 9788561121457.
- ANM - Agência Nacional de Mineração. Belém, 2022. Disponível em: < <https://sistemas.anm.gov.br> > Acesso em: 29 de jan. 2022.
- BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Dados Cadastro Mineiro/ SIGMINE. Disponível em <http://www.anm.gov.br/>. Acesso em: 02 de mar. 2022.
- BERTOLINO, L. C.; PALERMO, N.; BERTOLINO, A. V. F. A. Geologia. In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. M. (ed.). **Manual de agregados da construção Civil**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. p. 69-79.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução a Ciência da Geoinformação. São Paulo: INPE, 2001.
- COELHO, H. S.; TOURINHO, H. L. Z. **Critérios de inserção de municípios em regiões metropolitanas: o caso de Castanhal na Região Metropolitana de Belém**. In: TOBIAS, M. S. G.; LIMA, A. C. M. (Orgs.). *Urbanização & Meio Ambiente*. 1. ed. v. 2. Belém: Unama, 2013. p. 95-118.
- CORTEZ, C.M.B.; TAGLIARINI, E.M.; TANCREDI, A. C. F. N. S. **Utilização de águas minerais dos aquíferos do Grupo Barreiras na região de Belém Pará (PA)**. 1 st JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER. Belém, Pará. 2000. Disponível em: < <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23751/15818> >. Acesso em 05 Dez .2021.
- DNPM. **Guia do minerador regime de licenciamento**. Recife, 2011. Disponível em: < http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Port_266_08.htm > Acesso em: 15 jan. 2022.
- DNPM. Sumário Mineral Brasileiro. **Agregados para construção civil**. Brasília, 2011. Disponível em: < https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4544 >. Acesso em 20 jan. 2022.
- FARIAS, E. dos S.; NASCIMENTO, F.S. do; FERREIRA, M.A.A. **Mapeamento da área Belém Outeiro. Estágio de campo III: Relatório Final**. Belém, UFPA. 1992. 247p.
- FERREIRA, K. J.; CASTRO, C. P. **Amazônia: exploração colonial no século XXI**. Junho, 2009.
- FREITAS, E. **Extração mineral - Os impactos ambientais**. 2009. Disponível em :<<http://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/extracao-mineral-os-impactos-ambientais.htm>>. Acesso em 18 de jan. 2022
- GEIPOT; 1978. **Acesso Viário ao Novo Porto do Pará - Sondagens das Travessias**. GEIPOT, Belém, 36 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 de dez. 2021.
- IGREJA, H. S.; BORGES, M. S.; ALVES, R. J.; COSTA JUNIOR, P. S.; COSTA, J. B. S. **Estudos neotectônicos nas ilhas de Outeiro e Mosqueiro** – Nordeste do Estado do Pará. In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Natal. Anais... Natal: SBG, v.3, p.2110-2124, 1990.

LEFF, H. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LUDWIG, G. **Geology of the Marajó Basin**. - PETROBRÁS DEXPRO/DIVEX, 1964. Relatório Interno.

MOREIRA, E. **Belém e sua expressão geográfica**. Belém. Imprensa Universitária.1966. 212 p.

ROSSETTI, D.F. **Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil**, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, 14, p. 77-89, 2001.

SABINO, T. A. G. **Produção do espaço e dispersão metropolitana em Belém: importância da logística em discursos e projetos de estruturação territorial**. 2016. 201 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SILVA, J.SV. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Taquari MS/MT**. 2003. 307 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOUZA JÚNIOR, C. M.; QUADROS, M. L. do E. S.; BEZERRA, O. V. (1992). **Projeto Nordeste do Estado do Pará**. UFPA, Centro de Geociências, Belém (Relatório Final). 163 p.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T. **Amazônia: seus solos e recursos naturais**. São Paulo. Agronômica Ceres. 1987. 416p.